ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Камчатский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии
(ФГУП «КамчатНИРО»)

МАТЕРИАЛЫ
ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ 80-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ ФГУП «КАМЧАТНИРО»

(г. Петропавловск-Камчатский, 26–27 сентября 2012 г.)

Петропавловск-Камчатский
2012

УДК 061.3
Мате34
Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летнему юбилею ФГУП «КамчатНИРО» (Петропавловск-Камчатский, 26–27 сентября 2012 г.). — Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2012. — 622 с.

В сборнике представлены материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летнему юбилею ФГУП «Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». Тематика исследований посвящена водным биологическим ресурсам северной части Тихого океана. Рассматриваются вопросы биологического мониторинга, состояния и управления запасами основных промысловых гидробионтов дальневосточного бассейна России. Спектр исследований весьма широк — от специализированного изучения отдельных видов и до многолетних экосистемных обобщений. Результаты многих представленных работ с успехом применяются в рыбохозяйственной отрасли.

Включенные в сборник материалы будут интересны ихтиологам, гидробиологам, экологам, генетикам, паразитологам, специалистам по аквакультуре, студентам биологических профессий, сотрудникам рыбодобывающих предприятий, а также представителям рыбоохранных организаций.

Сопредседатели Оргкомитета конференции:
Бандурин К.В., к. б. н., начальник Управления науки и образования Федерального агентства по рыболовству (г. Москва),
Лапшин О.М., д.т.н., директор ФГУП «КамчатНИРО» (г. Петропавловск-Камчатский),

Заместители сопредседателей Оргкомитета конференции:
Науменко Н.И., д. б. н., зам. директора, ФГУП «КамчатНИРО» (г. Петропавловск-Камчатский);
Шевляков Е.А., к. б. н., зам. директора ФГУП «КамчатНИРО» (г. Петропавловск-Камчатский);
Дьяков Ю.П., д. б. н., гл. н. с. ФГУП «КамчатНИРО» (г. Петропавловск-Камчатский);

Секретарь Оргкомитета конференции
Бугаев А.В., к. б. н., зав. лаб. ФГУП «КамчатНИРО» (г. Петропавловск-Камчатский);

Редакционный совет:
Шунтов В.П., д. б. н., профессор, гл. н. с. ФГУП «ТИНРО-Центр» (г. Владивосток);
Кловач Н.В., д. б. н., зав. лаб. ФГУП «ВНИРО» (г. Москва);
Темных О.С., д. б. н., зав. лаб. ФГУП «ТИНРО-Центр» (г. Владивосток);
Животовский Л.А., д. б. н., профессор, зав. лаб. Института общей генетики им. Н.И. Вавилова (г. Москва);
Дулепова Е.П., д. б. н., вед. н. с. ФГУП «ТИНРО-Центр» (г. Владивосток);
Каев А.М., д. б. н., зав. отд. ФГУП «СахНИРО» (г. Южно-Сахалинск);
Гаврюсева Т.В., к. б. н., зав. лаб. ФГУП «КамчатНИРО» (г. Петропавловск-Камчатский);
Волобуев В.В., к. б. н., зам. директора ФГУП «МагаданНИРО» (г. Магадан).

Издание осуществлено по решению Ученого Совета КамчатНИРО
Материалы публикуются в авторском оригинале

Оригинал-макет данного издания является собственностью КамчатНИРО, и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия Института запрещается

ISBN 978-5-902210-38-2
© КамчатНИРО, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ КАМЧАТСКИ. ДИНАМИКА, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОМЫСЕЛ
Дьяков Ю.П., Карпенко В.И., Шевляков Е.А. 10

О ПРИЕМНОЙ ЕМКОСТИ СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ ДЛЯ НАГУЛА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ
Шунтов В.П., Темных О.С. 22

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ГИДРОБИОНТОВ 32

НЕКОТОРЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛИКОДА СОЛДАТОВА В ОХОТСКОМ МОРЕ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД
Асеева Н.Л., Бадаев. О.З. 32

ЭМБРИОГЕНЕЗ КОРФО-КАРАГИНСКОЙ СЕЛЬДИ
Бонк А.А., Сергеева Н.П. 38

К ОСОБЕННОСТЯМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОРСКОГО ГРЕБЕШКА У ОСТРОВА ОНЕКОТАН (СЕВЕРО-КУРИЛЬСКАЯ ЗОНА)
Ботнев Д.А. 44

ПИТАНИЕ МОЛОДИ НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA* (WALBAUM) В ВОДОЕМАХ МЕЙНЫПИЛЬГЫНСКОЙ ОЗЕРНО-РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ (ЧУКОТКА)
Голубь Е.В., Голубь А.П. 47

ТЕМП ООГЕНЕЗА СМОЛТОВ НЕРКИ ОЗ. КУРИЛЬСКОЕ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОДЫ В 1996–2009 ГГ.
Городовская С.Б. 56

ФАУНА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ ШЕЛЬФА КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ
Данилин Д.Д. 61

ПРОХОДНАЯ МИКИЖА *PARASALMO MYKISS* WALBAUM (SALMONIDAE) В ПРИКУРИЛЬСКИХ ВОДАХ ТИХОГО ОКЕАНА
Демченко Л.О., Шубин А.О. 67

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА МИДИИ *MYTILUS TROSSULUS* (BIVALVIA: MYTILIDAE) В БУХ. ВЕСЁЛАЯ ТАУЙСКОЙ ГУБЫ ОХОТСКОГО МОРЯ
Жарников В.С. 76

КИЖУЧ *ONCORHYNCHUS KISUTCH* (WALBAUM) БАССЕЙНА Р. ПАЛАНА (СЕВЕРО-ЗАПАД КАМЧАТКИ)
Зорбиди Ж.Х. 79

МАТЕРИАЛЫ ПО БИОЛОГИИ ПРОХОДНЫХ ГОЛЬЦОВ Р. ЖУПАНОВА
Тиллер И.В. 89

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ЧИСЛЕННОСТЬ ШЕЛЬФОВЫХ ВИДОВ КРАБОВ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2010 Г. В РОССИИСКОМ СЕКТОРЕ ЧУКОТСКОГО МОРЯ
Федотов П.А. 96

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ БИОЛОГИИ ПРОМЫСЛОВОГО ТРУБАЧА *BUCCINUM PEMPHIGUS* DALL, 1907 (GASTROPODA, BUCCINIDAE) СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ
Морозов Т.Б., Степанов В.Г. 107

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЯПОНСКОГО КРАБА-СТРИГУНА *CHIONOECETES JAPONICUS* В БАТИАЛИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ
Слизкин А. Г., Деминов А. Н. 114

СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ 122

ЗАПАСЫ ЛАМИНАРИЕВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ БУХТ ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ
Вилкова О.Ю., Бадулин В.В., Муравьев В.Б., Акимов С.Е. 122

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫСЛА И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА (BERRYTEUTHIS MAGISTER, BERRY,1913) НА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ
Дударев В.А., Диденко В.Д. 128

ЛАМИНАРИЕВЫЕ ВОДОРОСЛИ ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ
Евсеева Н.В. 138

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ КЕТЫ ЮГО-ВОСТОЧНОГО РАЙОНА КАМЧАТКИ
Заварина Л.О. 146

СТРУКТУРА НЕКТОНА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОД ТИХОГО ОКЕАНА
Иванов О.А. 154

РОЛЬ ТРОФИЧЕСКОГО ФАКТОРА В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКЦИИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ КАМЧАТКИ В МОРСКИХ ВОДАХ
Карпенко В.И., Андриевская Л.Д., Коваль М.В. 165

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЗАПАСА КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА (*BERRYTEUTHIS MAGISTER*) У КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО И СТОХАСТИЧЕСКОГО ПОДХОДОВ
Катугин О.Н., Кулик В.В. 176

НЕРЕСТИЛИЩА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ АМУРА. ИТОГИ ОБСЛЕДОВАНИЙ 2005–2012 ГГ.
Михеев П.Б., Подорожнюк Е.В., Золотухин С.Ф., Островский В.И., Семенченко Н.Н., Медков Л.В. 184

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ И РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА МИНТАЯ ОХОТСКОГО МОРЯ В 2010–2012 ГГ.
Овсянников Е.Е., Шейбак А.Ю., Пономарев С.С. 193

ЗАПАСЫ И ПРОМЫСЕЛ МИНТАЯ В ЮЖНО-КУРИЛЬСКОЙ ЗОНЕ В 2011–2012 ГГ.
Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е., Пономарев С.С., Раклистова М.М., Шейбак А.Ю. 197

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СТАДА ЧАВЫЧИ *ONCORHYNCHUS TSHAWYTSCHA* (WALBAUM) РЕКИ БОЛЬШАЯ (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)
Попова Т.А. 203

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И РЕСУРСЫ ПРОМЫСЛОВЫХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)
Седова Л.Г., Соколенко Д.А., Репина Е.М., Власенко Р.А., Афейчук Л.С. 209

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫСЛА КАЛЬМАРА БАРТРАМА *OMMASTREPHES BARTRAMII* (LESUEUR, 1821) В ЮЖНО-КУРИЛЬСКОМ РАЙОНЕ
Слободской Е.В., Байталюк А.А. 217

РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАГУЛЬНОЙ ГИЖИГИНСКО-КАМЧАТСКОЙ СЕЛЬДИ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД
Смирнов А.А. 222

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, РАЗМЕРНО-ВЕСОВОЙ СОСТАВ И ПРОМЫСЛОВЫЙ ЗАПАС ГОЛОТУРИИ *CUCUMARIA OKHOTENSIS* LEVIN ET STEPANOV, 2003 (DENDROCHIROTIDA: CUCUMARIIDAE: CUCUMARIINAE) ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ
Степанов В.Г., Панина Е. Г., Бажин А.Г. 224

ДИНАМИКА УЛОВОВ МАССОВЫХ ВИДОВ РОГАТКОВЫХ РЫБ (COTTIDAE) В ТИХООКЕАНСКИХ ВОДАХ СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ В 1992–2002 ГГ.
Токранов А.М., Орлов А.М. 230

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ И РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ПРОМЫСЛОВЫХ ЖИЛЫХ РЫБ Р. АНАДЫРЬ (ЧУКОТКА)
Шестаков А.В., Грунин С.И., Хохлов Ю.Н. 240

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ, УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫСЛОМ И МЕТОДИКИ УЧЕТНЫХ СЪЕМОК ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ 249

О ВОЗМОЖНЫХ ПОДХОДАХ К ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАПАСОВ КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА *BERRYTEUTHIS MAGISTER* С УЧЕТОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АРЕАЛОВ ЕГО ПОПУЛЯЦИЙ
Алексеев Д.О. 249

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТА УЛОВИСТОСТИ ДРАГИ ПРИ ПРОМЫСЛЕ МОРСКИХ ГРЕБЕШКОВ У СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ
Алексеев Д.О., Ботнев Д.А. 257

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОМЫСЛА МОРСКИХ РЫБ КАМЧАТСКОГО КРАЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
Антонов Н.П. 262

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫСЛА САЙРЫ И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ПРОГНОЗОВ
Байталюк А.А. 268

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКЕ ЗАПАСА ВОДОРОСЛЕЙ
Белый М.Н. 276

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA* Р. КАМЧАТКА НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ ПОКОЛЕНИЙ
Бугаев В.Ф. 280

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРАЛОВЫХ СЪЕМОК И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ
Волвенко И.В. 289
МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЕТА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МАГАДАНСКОМ РЕГИОНЕ
Волобуев В.В., Мордовин А.И., Голованов И.С. 296

ОБ ОПТИМУМЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НЕРКИ НА НЕРЕСТИЛИЩАХ БАССЕЙНА Р. ОЗЕРНАЯ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД
Дубынин В.А. 302

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ НЕРЕСТОВОЙ БИОМАССЫ ЗАПАДНОКАМЧАТСКИХ КАМБАЛ
Дьяков Ю.П. 309

ЯПОНСКИЙ МОРСКОЙ ЛЕЩ — ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ ДЛЯ РЫБНОГО ПРОМЫСЛА РОССИИ
Ермаков Ю.К., Бадаев О.З., Байталюк А.А. 318

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ
Кузнецов М.Ю. 327

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УЛОВИСТОСТИ УЧЕТНЫХ СТАВНЫХ НЕВОДОВ НА ПРОМЫСЛЕ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ
Лапшин О.М., Коваленко М.Н., Широков Е.П., Герасимов Ю.В. 339

ОЦЕНКА УЛОВОВ И ВЫБРОСОВ НА ПРОМЫСЛЕ КРЕВЕТОК ЛОВУШКАМИ И ТРАЛАМИ
Мизюркин М.А., Кобликов В.Н., Борилко О.Ю., Корнейчук И.А. 350

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАТЫ НАЧАЛА НЕРЕСТА ВОСТОЧНОКАМЧАТСКОГО МИНТАЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИХТИОПЛАНКТОННЫХ ОБЛОВОВ
Сергеева Н.П., Буслов А.В., Веселов С.А. 359

ВЛИЯНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И НЕРЕСТОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА НОРМЫ ВЫХОДА ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МИНТАЯ (*THERAGRA CHALCOGRAMMA*) ОХОТСКОГО МОРЯ
Сопина А.В., Харенко Е.Н., Глубоковский М.К. 363

АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ «ЗАПАС-ПОПОЛНЕНИЕ» КЕТЫ ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ ДАННЫХ
Фельдман М.Г., Заварина Л.О. 369

ПРИМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНОРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЛОЩАДЕЙ НЕРЕСТА КОРФО-КАРАГИНСКОЙ СЕЛЬДИ
Шубкин С.В., Бонк А.А. 378

ОЦЕНКА СЕЛЕКТИВНЫХ СВОЙСТВ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРА ЯЧЕЙ ТРАЛОВЫХ МЕШКОВ ПРИ ЛОВЕ СТАВРИДЫ (TRACHURUS TRACHURUS) РАЗНОГЛУБИННЫМИ ТРАЛАМИ В ГВИНЕЙСКОМ ЗАЛИВЕ
Н. Пандонг Ахилл, Ч. Леопольд 383

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОБИОНТОВ 389

РАСШИРЕНИЕ НАБОРА МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ МАРКЕРОВ В ЦЕЛЯХ ИДЕНТИФИКАЦИИ КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* (WALBAUM)
Афанасьев П.К., Животовский Л.А. 389

МОНИТОРИНГ ГЕНЕТИЧЕСКИХ И ФЕНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕВЕРООХОТОМОРСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* (WALBAUM)
Агапова Г.А., Бачевская Л.Т. 396

ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ, ЗАХОДЯЩИХ НА НЕРЕСТ В РЕКИ СЕВЕРНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО И БЕРИНГОВА МОРЕЙ
Бачевская Л.Т., Переверзева В.В. 406

ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ АЗИАТСКИХ СТАД КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* В ПЕРИОД ПРЕДНЕРЕСТОВЫХ МИГРАЦИЙ В ИЭЗ РФ В 2010–2011 ГГ.
Бугаев А.В., Шапорев Р.А., Огородников В.С., Шубин А.О., Коинов А.А., Хохлов Ю.Н., Золотухин С.Ф., Кульбачный С.Е., Подорожнюк Е.В. 415

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ ТРЕСКИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ И ТИХООКЕАНСКИХ ВОД КАМЧАТКИ
Кустова А.С., Шпигальская Н.Ю., Терентьев Д.А., Пильганчук О.А., Савенков В.В., Сараванский О.Н. 425

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ НЕРЕСТОВОГО ХОДА НЕРКИ Р. ОЗЕРНАЯ
Пильганчук О.А., Шпигальская Н.Ю., Дубынин В.А., Шевляков Е.А., Нигматулина Е.А., Косицына А.И., Сараванский О.Н. 431

ПОЛИМОРФИЗМ ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ МИНТАЯ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ
Савенков В.В., Шпигальская Н.Ю., Варкентин А.И., Пильганчук О.А., Кустова А.С., Сараванский О.Н. 439

ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ (ГИДРОЛОГИЯ, ГИДРОБИОЛОГИЯ) 448

СОСТАВ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ДИНАМИКА И ПРОДУКЦИЯ ЗООПЛАНКТОНА ЭСТУАРИЕВ ПРИМОРЬЯ
Барабанщиков Е.И., Колпаков Н.В. 448

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ПИТАНИЕ ЖЕЛЕТЕЛОГО ЗООПЛАНКТОНА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА
Заволокин А.В., Радченко К.В. 460

МАКРОЗООБЕНТОС ЭСТУАРИЕВ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ: СОСТАВ, СТРУКТУРА, ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ
Колпаков Н.В., Надточий В.А. 467

К ВОПРОСУ О СОПРЯЖЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ И В ХОЛОДНОМ ПОДПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ (ХПС) ДЛЯ АКВАТОРИИ У ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ
Тепнин О.Б. 480

АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА НЕКОТОРЫЕ ЛОСОСЕВЫЕ РЕКИ КАМЧАТСКОГО КРАЯ
Уламов А.В., Введенская Т.Л. 486

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КЛИМАТА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ
Хен Г.В., Басюк Е.О., Устинова Е.И., Фигуркин А.Л. 498

БОЛЕЗНИ ГИДРОБИОНТОВ И ИХ ПРОФИЛАКТИКА 509

МНОГОСВОРЧАТЫЕ МИКСОСПОРИДИИ (MYXOZOA, MULTIVALVULIDA) ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ ТИХОГО ОКЕАНА
Асеева Н.Л. 509

ПАТОГЕНЫ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ КАМБАЛ БЕРИНГОВА МОРЯ
Бочкова Е.В., Гаврюсева Т.В., Грицких Е.А. 516

ГОЛЬЦЫ КАМЧАТКИ: ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СОСТАВ ПАРАЗИТОВ
Буторина Т.Е., Бусарова О.Ю. 525

ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПАТОГЕНОВ ГИДРОБИОНТОВ В МОРСКИХ И ПРЕСНЫХ ВОДАХ КАМЧАТКИ
Гаврюсева Т.В., Рудакова С.Л., Рязанова Т.В., Устименко Е.А., Сергеенко Н.В., Бочкова Е.В., Овчаренко Л.В., Грицких Е.А., Козлов К.В. 534

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИХТИОПАТОЛОГИИ В ТИХООКЕАНСКОМ БАССЕЙНЕ
Рудакова С.Л. 544

НЕКРОТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ У ПРОМЫСЛОВЫХ КРАБОВ ОХОТСКОГО МОРЯ
Рязанова Т.В. 551

БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГИДРОБИОНТОВ ОЗЕРА АЗАБАЧЬЕ
Сергеенко Н.В., Устименко Е.А. 558

ИСКУССТВЕННОЕВОСПРОИЗВОДСТВО ГИДРОБИОНТОВ 563

ПРИЕМНАЯ ЕМКОСТЬ АКВАКУЛЬТУРНЫХ РАЙОНОВ ДЛЯ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ
Гаврилова Г.С. 563

К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЦЕПТУР КОРМА ДЛЯ МОЛОДИ ТРЕПАНГА, ВЫРАЩЕННОЙ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ
Кадникова И.А., Мокрецова Н.Д., Удалов А.Н. 568

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОСПРОИЗВОДСТВА И КУЛЬТИВИРОВАНИЯ КАМЧАТСКОГО КРАБА НА БЕРЕГОВЫХ КОМПЛЕКСАХ
Ковачева Н.П. 573

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЛЕКТОРНОГО СБОРА СПАТА ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА *MIZUCHOPECTEN YESSOENSIS* (JAY, 1857) В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ПРИМОРСКОГО КРАЯ
Ляшенко С.А. 581

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАВОДСКОГО РАЗВЕДЕНИЯ КЕТЫ В РЕКАХ ПРИМОРЬЯ
Марковцев В.Г. 590

ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОВ РЕГУЛЯЦИИ ПОЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК У РЫБ, КАК СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫМ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ ГИДРОБИОНТОВ
Метальникова К.В. 599

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГАМЕТОГЕНЕЗА У ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ ЧАВЫЧИ ПЕРЕД ВЫПУСКОМ В ЕСТЕСТВЕННЫЙ ВОДОЕМ ЗА ДВА РАЗНЫХ ГОДА
Метальникова К.В. 608

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ ТРЕПАНГА В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ
Мокрецова Н.Д., Удалов А.Н. 613

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА *APOSTICHOPUS JAPONICUS* В РАЙОНЕ РАССЕЛЕНИЯ ЕГО МОЛОДИ
Сухин И.Ю., Битюков М.В. 615

УДК 639.2.053.7

ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ КАМЧАТКИ. ДИНАМИКА, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОМЫСЕЛ

Дьяков Ю.П.[1], Карпенко В.И.[2], Шевляков Е.А.[1]

[1]ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
[2]ФГУП «КамчатГТУ» г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: diakov@kamniro.ru

Введение

Северо-западная часть Тихого океана (61 район ФАО) в течение длительного периода занимает лидирующее положение в общем вылове гидробионтов в Мировом океане. В последнее десятилетие ежегодная добыча гидробионтов стабилизировалась на уровне 19,5–20,5 млн т, что составляет более 1/5 всего мирового морского вылова. Кроме того, этот район занимает лидирующее положение в искусственном воспроизводстве гидробионтов на Земле, давая более 85% продукции аквакультуры (FAO, 2007). Значительную часть водных биологических ресурсов этого региона дают Дальневосточные моря и прилегающая часть Тихого океана, где основным добытчиком является Российская Федерация, которая в последние годы наращивает здесь вылов рыб и других гидробионтов Мирового океана (Бочаров, 2010).

В водах, прилегающих к полуострову Камчатка, и его внутренних водоемах, в настоящее время воспроизводится значительное число гидробионтов, промысел которых дает более 50% общей добычи рыбопромыслового флота российского Дальнего Востока (Науменко, 2009). Из 628 единиц запаса рыб и других гидробионтов дальневосточного бассейна (Бочаров, 2010) более 120 находятся под контролем КамчатНИРО, причем некоторые из них имеют ведущее значение как по объему вылова, так по стоимости сырья и продукции на мировом и внутреннем рынке. К таким наиболее ценным промысловым объектам относятся: минтай, треска, камбалы, палтусы, окуни, три вида тихоокеанских лососей – нерка, кижуч и чавыча, а также крабы — камчатский, синий и крабы-стригуны и др. В том числе два главных промысловых объекта этого региона — минтай и тихоокеанские лососи, находятся на подъеме численности и их добыча растет. Причем в списке видов общего мирового вылова в настоящее время минтай находится на 2-м месте, а горбуша на 20-м (FAO, 2007).

Периодически исследователи производят оценку состояния биоресурсов, как отдельных дальневосточных морей, так и всего дальневосточного региона в целом. В 2003 г. вышел коллективный труд сотрудников КамчатНИРО под редакцией д. б. н. Н.И. Науменко: «Состояние биологических ресурсов северо-западной Пацифики» (2003). В этой работе отражены результаты исследований динамики запасов и вылова морских и анадромных рыб, промысловых беспозвоночных и морских млекопитающих за период 1991–2001 гг.

С тех пор прошло более десяти лет, и вполне назрела необходимость провести анализ динамики биологических ресурсов прикамчатских вод, а также степени их промысловой эксплуатации в первом десятилетии 21 века. В истекшем десятилетии появился ряд публикаций, касающийся состояния запасов и промысла гидробионтов в отдельных районах дальневосточных морей (Датский, Андронов, 2007; Балыкин, 2006; Карпенко, Балыкин, 2006; Василец, Терентьев, 2008; Науменко, 2009; Бочаров, 2010; Шунтов и др., 2010 и др.). Тем не менее, подобный анализ текущего состояния запасов рыб и других гидробионтов необходимо продолжить, не только с целью рационального использования имеющихся ресурсов, но и для оценки перспектив рыбной промышленности регионов Дальнего Востока.

Настоящее сообщение посвящено анализу состояния водных биологических ресурсов Камчатки и прилежащих вод в начале XXI века, их эксплуатации и перспективам дальнейшего освоения. Основной нашей задачей было показать общую динамику водных биологических ресурсов Камчатки, динамику важнейших их компонентов, структуру промысловых запасов гидробионтов в отдельных промысловых районах Камчатки, а также особенности их использования в последнее десятилетие — с 2001 по 2010 гг.

Материал и методика

В границах Камчатского края морская акватория разделена на пять промысловых статистических районов, к которым относятся Западно-Беринговоморская зона и 4 подзоны: Карагинская, Петропавловско-Командорская, Камчатско-Курильская и Западно-Камчатская (рис. 1).

Говоря об оценке состояния промысловых запасов каких-либо объектов в отдельных промысловых районах, необходимо иметь в виду, что биомассы большинства промысловых видов не являются постоянными, а могут существенно изменяться во времени и пространстве, как за счет динамики воспроизводства, так и за счет миграций. Поэтому, под запасом объекта промысла в конкретном районе мы подразумеваем ту биомассу, которая, с учетом ее изменения, положена в основу расчета рекомендованного изъятия этого объекта именно в данном районе через определенное время (период прогноза). Термин «промысловый запас» (или «промысловая биомасса») означает, что он состоит из особей, разрешенных к вылову Правилами рыболовства. Данные по величине промысловых запасов гидробионтов взяты из «Прогнозов общего вылова гидробионтов по дальневосточному рыбохозяйственному бассейну…» (2000 – 2010 гг.).

Анализ промысла отдельных гидробионтов основан на материалах информационной системы «Рыболовство» с 2001 по 2010 гг.

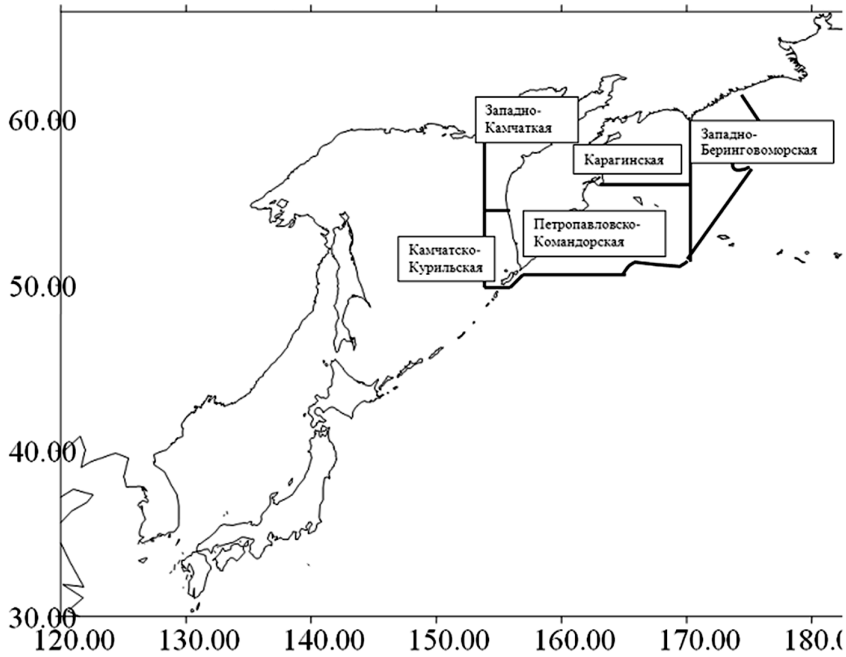


Рис. 1. Акватория промысловых районов, прилегающих к Камчатскому краю

Результаты и обсуждение

Динамика и состав водных биологических ресурсов Камчатки

Суммарная промысловая биомасса гидробионтов Камчатки за последнее десятилетие претерпела существенные изменения. В целом, по всем районам, она увеличилась с 6,6 млн т в 2001 г. до 11,5 млн т в 2010 г. (рис. 2). Основу — более 90% составляла биомасса морских рыб, за счет которых и происходил рост биоресурсов. Необходимо отметить, что росла не только абсолютная биомасса морских рыб, но и их доля в суммарном запасе, увеличиваясь с 90,5% в 2001 г. до 93,9% в 2008 г. Средняя за десятилетие доля анадромных рыб в общей биомассе гидробионтов была равна 2,3%, а беспозвоночных — 4,9%.

Рассмотрим динамику и состав ресурсов основных групп гидробионтов.

Запасы морских рыб выросли с 6,0 млн т в 2001 г. до 10,7 млн т в 2010 г. (рис. 3). Основную роль в составе промысловых гидробионтов играл минтай, доля которого увеличивалась с 50,5% в 2001 г. до 74,3% в 2006 г., затем снизилась до 68,5% в 2007 г. и вновь возросла до 73,7% в 2010 г.

Средняя биомасса минтая в водах Камчатки за истекшее десятилетие составила 6,0 млн. т. Аналогичный показатель для других тресковых рыб (суммарно треска и навага) был лишь 474,9 тыс. т, для камбаловых — 587,7 тыс. т, сельди — 501,2 тыс. т, и терпугов — 132,4 тыс. т. Промысловая биомасса других видов, куда входят морские окуни и шипощеки, мойва, корюшки, угольная, макрурусы, бычки и скаты изменялась от 763,7 тыс. т до 1,0 млн. т, на среднем уровне — 915,6 тыс. т.

Суммарная промысловая биомасса анадромных рыб в 2001–2010 гг. изменялась от 117,7 тыс. т в 2001 г. до 303,0 тыс. т в 2009 г. (рис. 4). В 2010 г. она снизилась, составив, по нашим оценкам, 248,8 тыс. т.

Характер динамики ресурсов тихоокеанских лососей определялся, главным образом, горбушей. Так, ее доля увеличилась с 52% в 2001 г. до 81,5% в 2004 г., затем снизилась до 66,6% в 2007 г. и вновь выросла до 78,2% в 2009 г. Средний за десятилетие промысловый запас горбуши оказался равным 156,4 тыс. т, кеты — 22,4 тыс. т, нерки — 33,1 тыс. т , кижуча — 3,7 тыс. т и чавычи — 1,8 тыс. т.

В группе промысловых беспозвоночных, в целом, не наблюдается определенных тенденций в динамике запасов. Уровень их суммарной промысловой биомассы в прошедшем десятилетии изменялся волнообразно, достигнув максимума в 514,3 тыс. т в 2005 г. (рис. 5).

Динамика ресурсов беспозвоночных определялась, в первую очередь, изменчивостью запасов ракообразных — различных видов крабов и креветок. Ракообразные вносили и наибольший вклад в суммарную биомассу. Их доля здесь колебалась от 41,2% в 2010 г. до 59,4% в 2005 г. Однако в последние годы их запасы снизились с 305,3 тыс. т до 191,2 тыс. т, главным образом, за счет креветок. Средняя промысловая биомасса крабов в течение рассматриваемого периода составила 127,9 тыс. т, креветок — 101,7 тыс. т, кальмаров и других моллюсков, соответственно, 104,1 и 32,4 тыс. т, иглокожих — 78,0 тыс. т.

Рассматривая межгодовую изменчивость промысловых ресурсов отдельных районов акватории, прилегающей к Камчатке, можно видеть следующее.

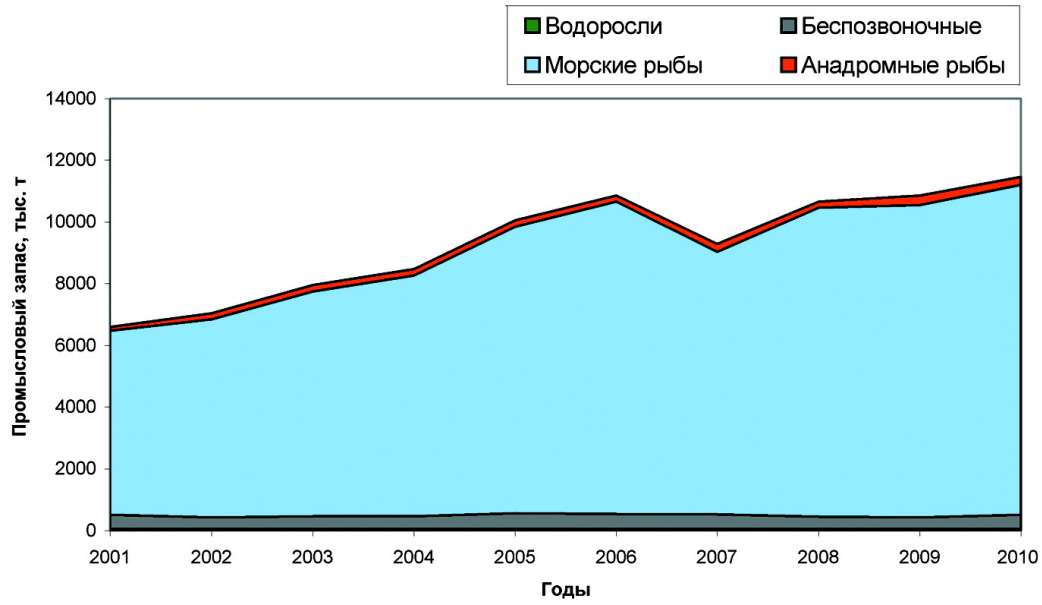


Рис. 2. Динамика промысловой биомассы (тыс. т) водных биоресурсов Камчатки

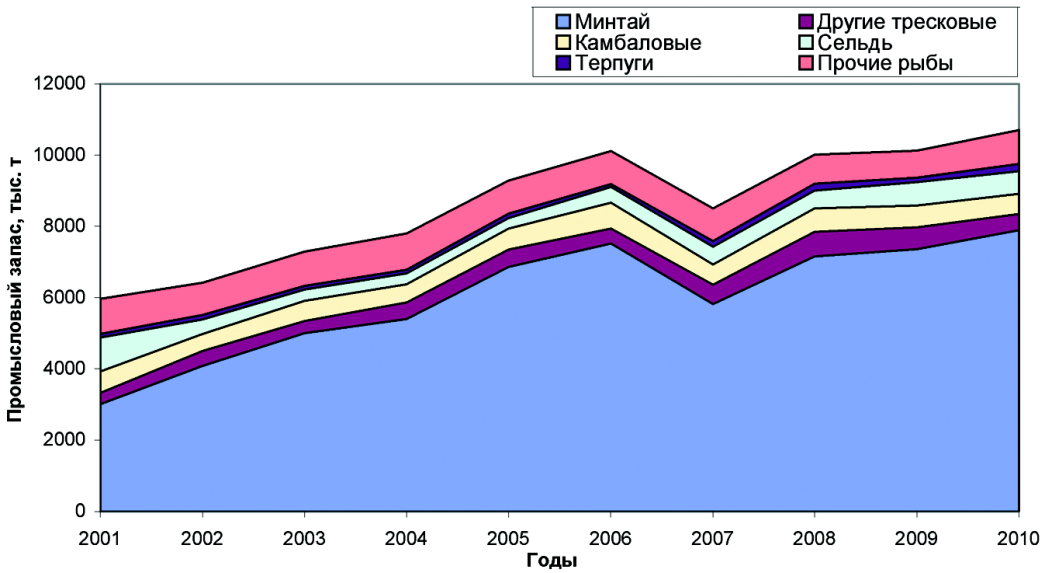


Рис. 3. Динамика промысловой биомассы (тыс. т) морских рыб в водах Камчатки

Практически в течение всего десятилетнего периода, кроме 2010 г., наибольшие запасы гидробионтов были сосредоточены в Западно-Беринговоморской зоне (рис. 6). С 2001 по 2005 гг. наблюдался заметный рост водных биоресурсов в этом районе, после чего началось постепенное их снижение. Средняя их биомасса в указанный период здесь была равна 3,5 млн т или 37,2% от общей для всех районов (рис. 7).

Второй по значимости, в этом отношении, была Западно-Камчатская подзона. В этом районе в первой половине периода 2010-х годов наблюдалось стабильное состояние запасов, затем резкий подъем в 2005–2006 гг., после чего последовало снижение и, затем — постепенный рост. Средняя биомасса гидробионтов составила 2,2 млн т, а его доля — 23,7%.

Камчатско-Курильская подзона характеризуется относительно постоянным ростом биоресурсов, начиная с 2005 г. Уровень запасов в 2010 г. здесь оказался самым высоким среди других районов, а его средняя доля за десятилетие равна 20,4%. В среднем он составлял 1,9 млн т

Запасы гидробионтов в Карагинской и Петропавловско-Командорской позонах значительно ниже, чем в других районах. Средние их величины составили, соответственно, 967,0 и 766,3 тыс. т, а средние

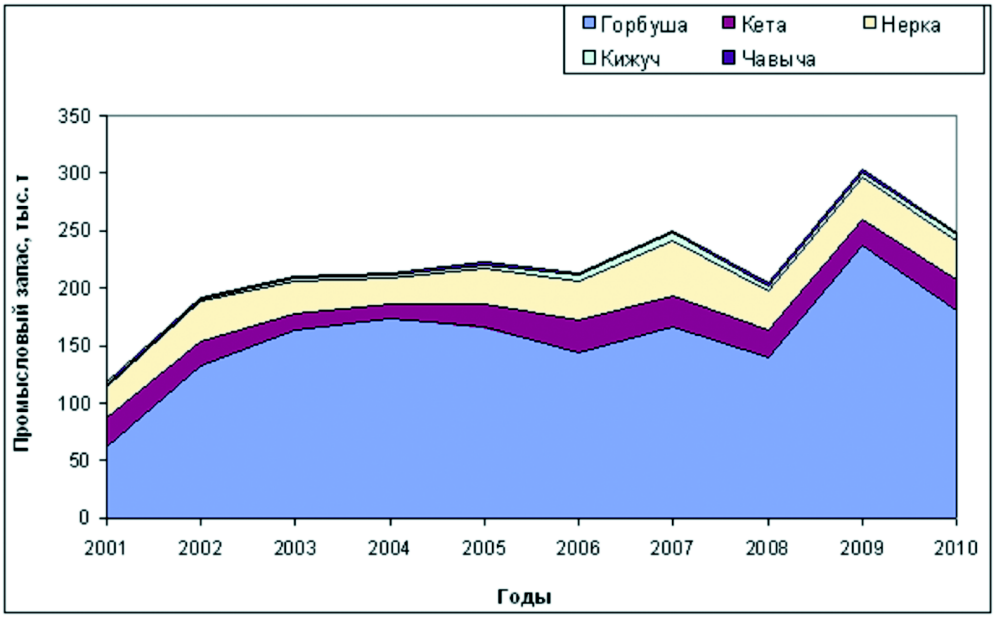


Рис. 4. Динамика промысловой биомассы (тыс. т) анадромных рыб Камчатки

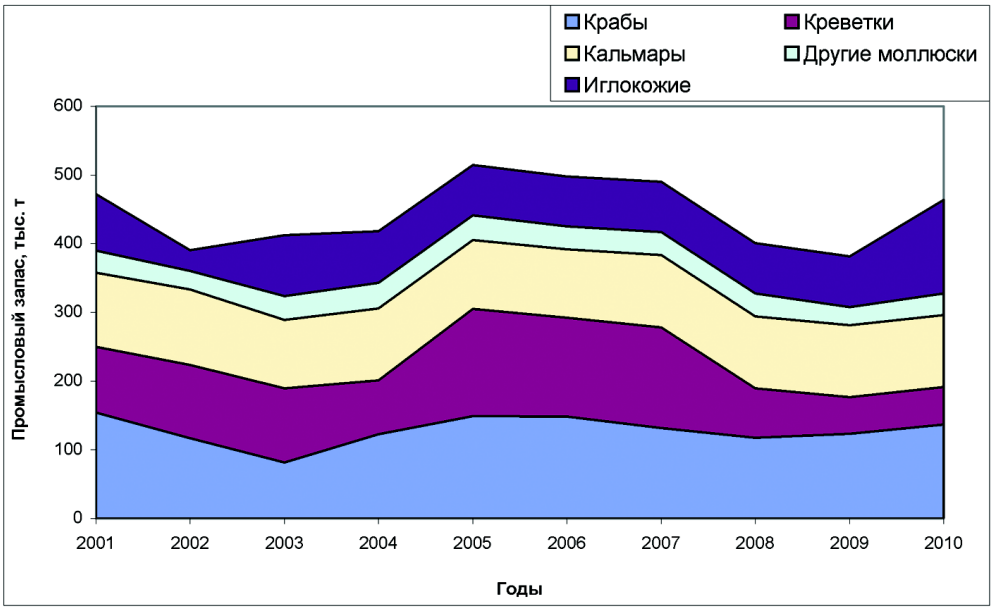


Рис. 5. Динамика промысловой биомассы беспозвоночных в водах Камчатки

доли в суммарной по всем районам биомассе — 10,4 и 8,2%. В целом для ресурсов этих двух районов характерен слабый постепенный рост (см. рис. 6).

Состав запасов промысловых гидробионтов в различных районах морской акватории Камчатки представлен на рис. 8.

Основу биоресурсов Западно-Беринговоморской зоны, а также Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской подзон представляет минтай: 67,7–70,8%. Суммарная доля трески и наваги колеблется в этих районах от 2,9% в Камчатско-Курильской подзоне до 4,7% — в Западно-Беринговоморской, камбаловых — от 4,9% в Западно-Беринговоморской зоне до 8,7% — в Камчатско-Курильской подзоне, ракообразных — от 2,4% в Камчатско-Курильской подзоне до 3,3% в Западно-Беринговоморской зоне. В Западно-Камчатской подзоне довольно велика доля сельди — 10,9%. Биомасса подходящих на нерест лососей, составляет 1,7% в Западно-Камчатской подзоне, 3,9% — в Камчатско-Курильской подзоне и менее 0,1% в Западно-Беринговоморской зоне.

Биологические ресурсы Карагинской и Петропавловско-Командорской подзон отличаются от ресурсов трех описанных выше районов не только более низким уровнем, но и высоким видовым разнообразием.

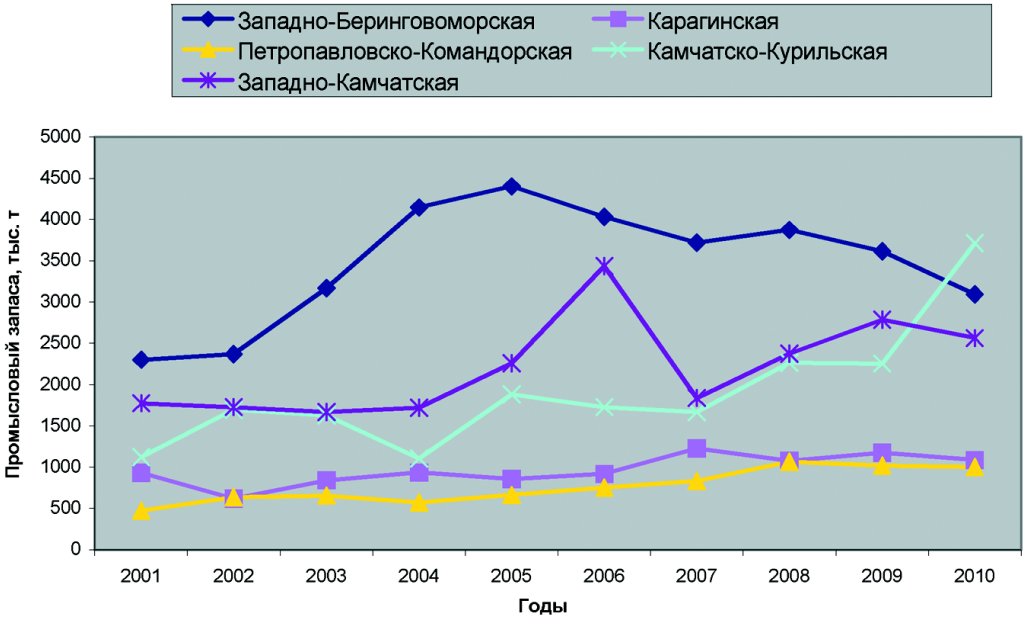


Рис. 6. Динамика биомассы промыслового запаса (тыс. т) в промысловых зонах и подзонах Камчатки

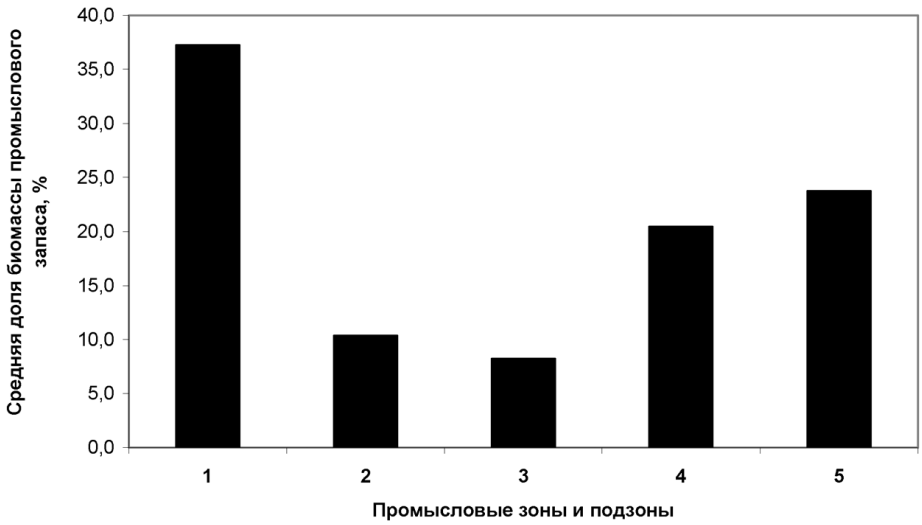


Рис. 7. Среднемноголетние доли биомасс промыслового запаса (%) в различных зонах и подзонах Камчатки: 1 — Западно-Беринговоморская; 2 — Карагинская; 3 — Петропавловско-Командорская; 4 — Камчатско-Курильская; 5 — Западно-Камчатская

Относительная биомасса минтая в первом районе достигает 33,0% и во втором — 56,4%. В то же время доля лососей в Карагинской подзоне значительно выше таковой в других районах и равна 9,4%. В этой же подзоне второе место после минтая занимает сельдь — 19,2%, а в Петропавловско-Командорской подзоне — терпуг (14,3%). Относительные биомассы трески и наваги в двух последних районах значительно выше (соответственно, 12,1% и 8,8%), чем в северо-западной части Берингова и восточной части Охотского моря. Однако, в водах восточной Камчатки доля камбал, ниже, чем в водах западной. Карагинская и Петропавловско-Командорская позоны отличаются от других районов повышенной долей иглокожих и моллюсков.

Используя кластерный анализ, мы попытались сравнить промысловые районы Камчатки по структуре водных биоресурсов. Он показал, что наиболее близки Западно-Беринговоморская и Камчатско-Курильская подзоны (рис. 9). Незначительно отличается от них Западно-Камчатская подзона. Петропавловско-Камандорская и, особенно, Карагинская подзоны обладают высоким своеобразием видового состава промысловых гидробионтов и отличаются по данному показателю, как от трех других районов, так и между собой.

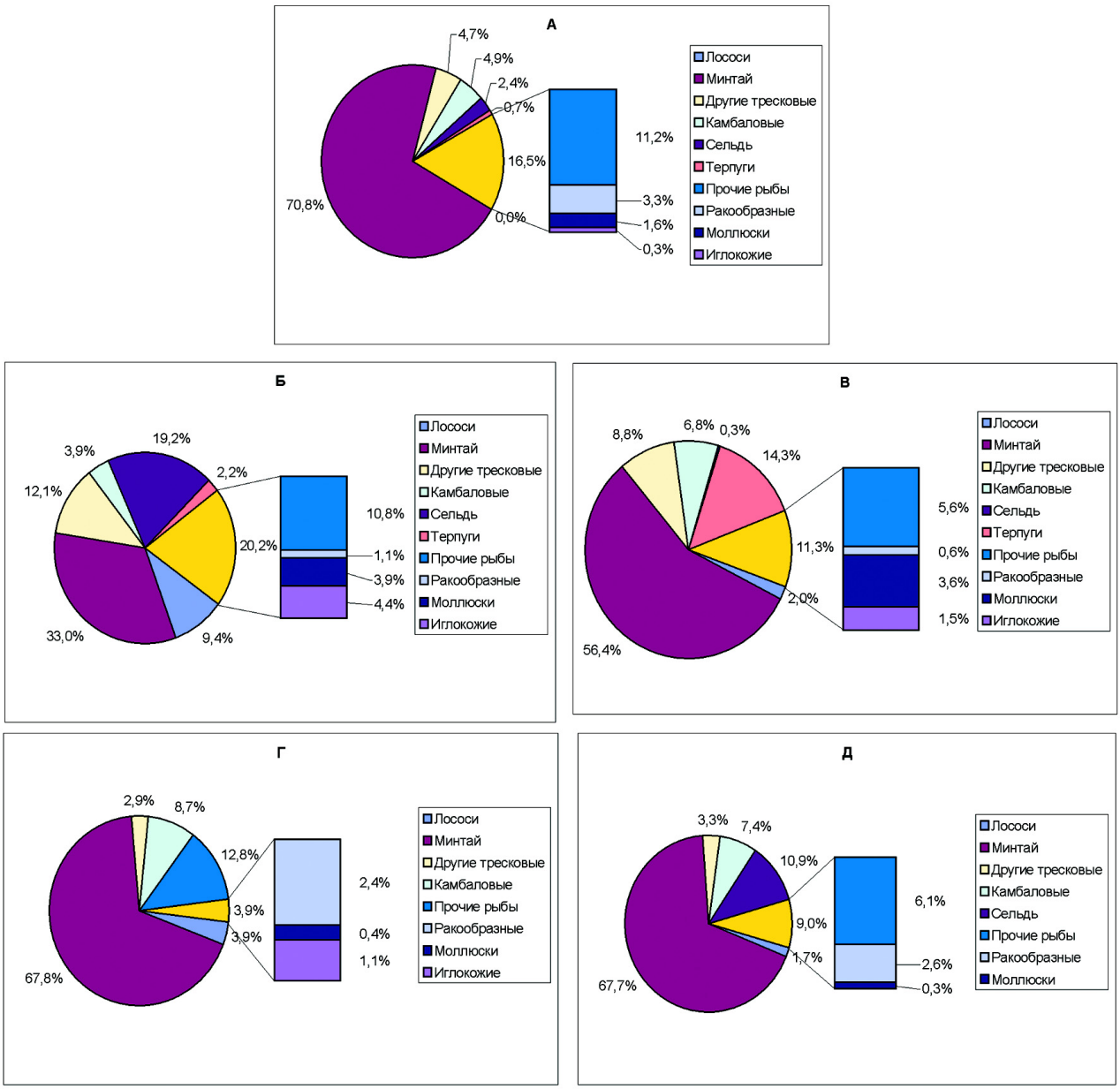


Рис. 8. Среднемноголетняя структура промзапаса в разных зонах и подзонах Камчатки. А — Западно-Беринговоморская зона; Б — Карагинская подзона; В — Петропавловско-Командорская подзона; Г — Камчатско-Курильская подзона; Д — Западно-Камчатская подзона

Это обстоятельство сказывается на особенностях промысла в водах Камчатки. Так, ранее Н.И. Науменко (2009) отмечал, что Карагинская и Петропавловско-Командорская подзоны характеризуются наиболее разнообразным составом уловов и резко контрастируют в этом отношении с остальными районами.

Промысел водных биологических ресурсов Камчатки

В прошедшем десятилетии минимальный объем добычи гидробионтов в водах Камчатки пришелся на 2004 г. — 975,4 тыс. т, а максимальный — на 2010 г. — около 1,5 млн т, и средняя величина вылова составила 1,2 млн т.

Для получения реального представления о степени эксплуатации биологических ресурсов, мы сопоставили фактическое их изъятие с биомассой промыслового запаса, а также с величиной рекомендованной без ущерба состоянию запасов добычи (рис. 10). Как можно видеть, общий вылов гидробионтов по сравнению с суммарным промысловым запасом относительно невелик. В течение всего периода он был, в целом, также ниже рекомендованного изъятия. Доля фактического вылова гидробионтов от их суммарного промыслового запаса изменялась в разные годы от 10,5 до 19,7% (в среднем 13,3%), а реализация рекомендованного изъятия — от 67,4 до 88,0% (в среднем 75,9%) (рис. 11). Таким образом, существует реальная перспектива повышения уровня добычи биологических ресурсов в водах Камчатки. Это может быть осуществлено как за счет некоторых традиционных объектов промысла, так и вовлечения в эксплуатацию не используемых, либо мало используемых гидробионтов.

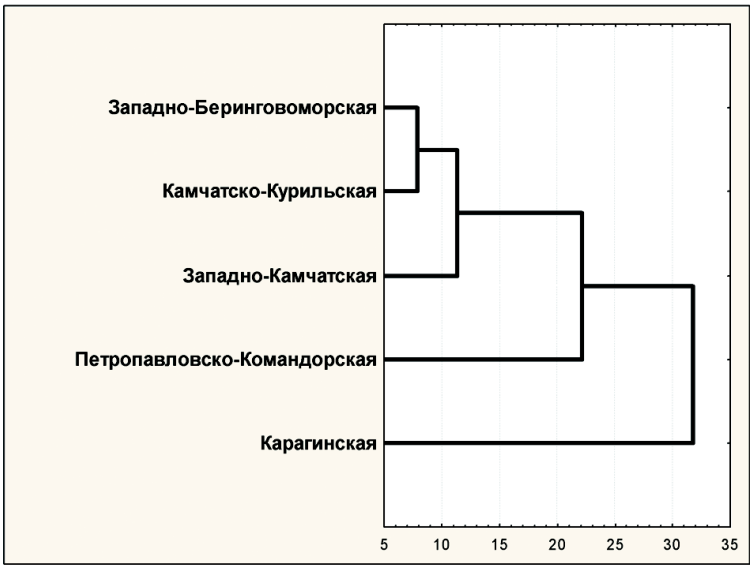


Рис. 9. Дендрограмма сходства статистических зон и подзон Камчатки по структуре промыслового запаса гидробионтов

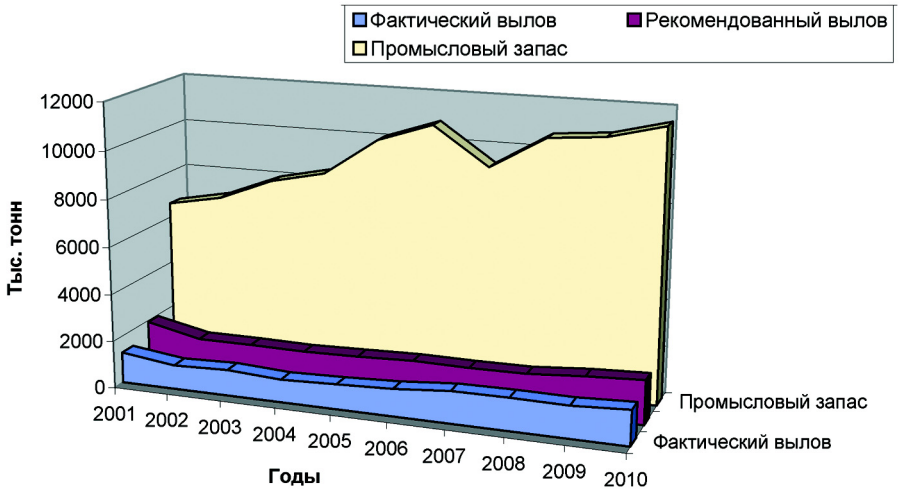


Рис. 10. Соотношение промыслового запаса и вылова водных биологических ресурсов Камчатки

Рассмотрим степень реализации рекомендованной добычи наиболее важных промысловых объектов Камчатки (рис. 12).

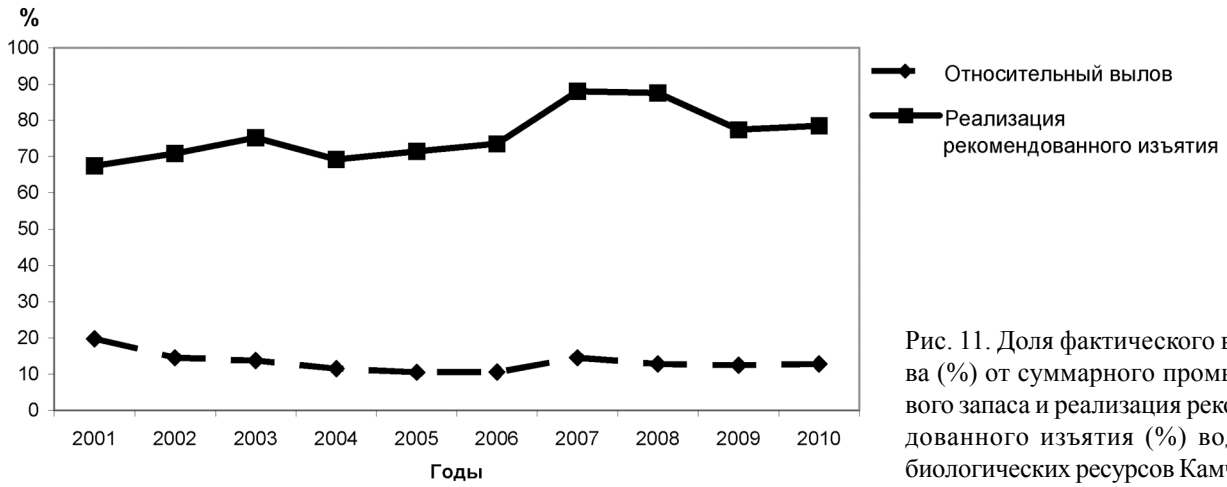


Рис. 11. Доля фактического вылова (%) от суммарного промыслового запаса и реализация рекомендованного изъятия (%) водных биологических ресурсов Камчатки

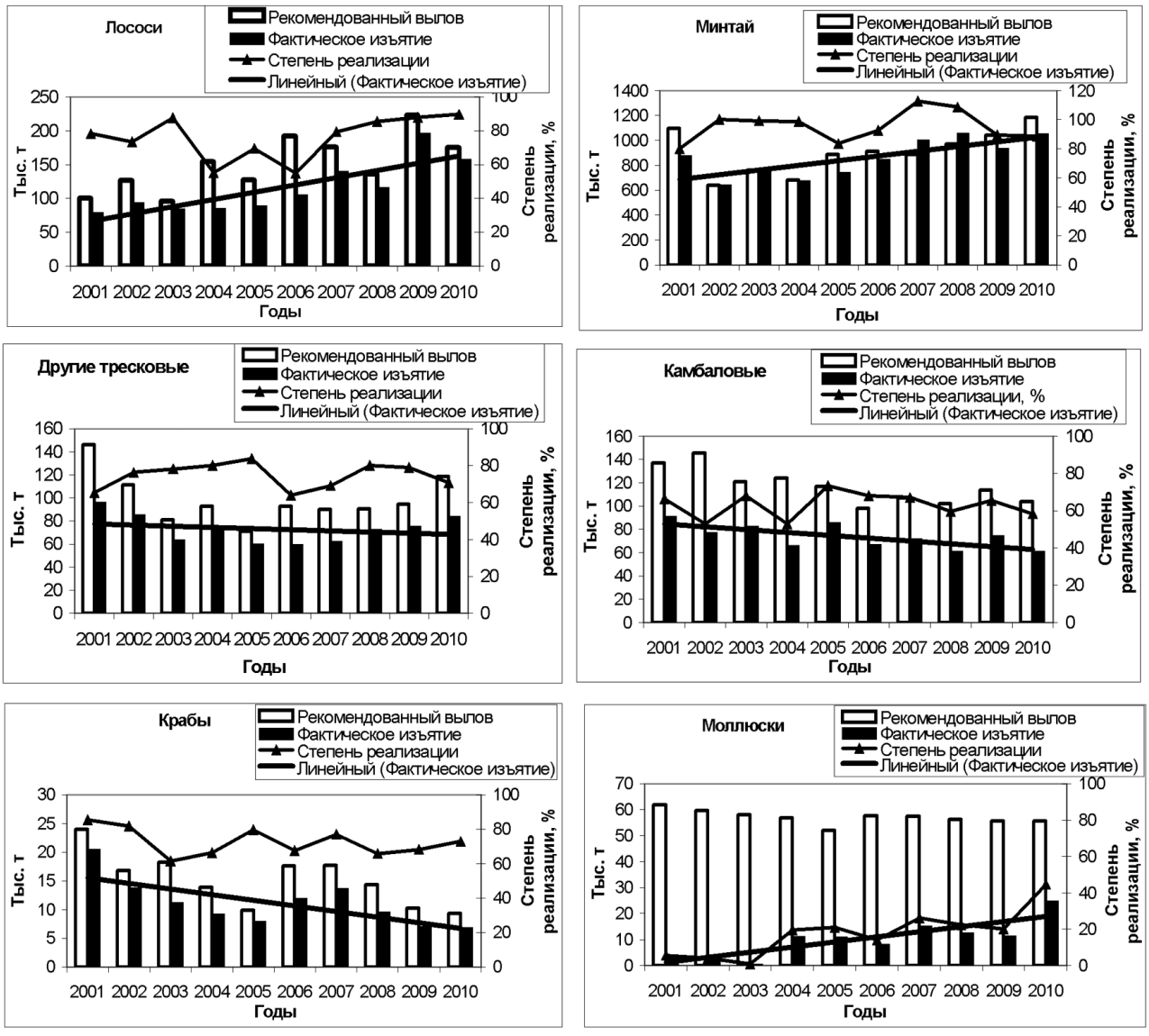


Рис. 12. Динамика вылова и степень реализации рекомендованного изъятия водных биоресурсов Камчатки

Хорошо заметно, что уровень реализации рекомендованной добычи всех объектов изменялся в течение периода. Так, наиболее полно осваивались ресурсы минтая, в среднем за период на 94,5%. На втором месте по этому показателю идут лососи (среднее освоение — 76,2%), а на третьем тресковые рыбы, суммарно (треска и навага) — 74,6%. Примерно на этом же уровне происходило освоение рекомендованного изъятия крабов — 72,6%. В существенно меньшей степени эксплуатировались ресурсы камбаловых, среднее освоение рекомендованной добычи которых составило 63,2%. Хуже всех из перечисленных объектов осваивались запасы моллюсков, основную долю которых представляют кальмары, — всего лишь на 17,9%.

Говоря о тенденциях в динамике вылова основных промысловых объектов, можно заключить, что в истекшем десятилетии наблюдался рост добычи лососей, минтая и моллюсков. Суммарный вылов трески и наваги колебался примерно на одном уровне, а добыча камбаловых рыб и крабов снижалась. В особой степени это характерно для крабов. Н.И. Науменко (2009) отмечал значительное снижение уловов минтая, трески и камчатского краба в течение1995–2008 гг. Однако, с 2001 г. по 2010 г. тенденция для первых двух объектов изменилась, причем для минтая – на противоположную.

Рассматривая вклад отдельных промысловых районов в общую добычу водных биологических ресурсов Камчатки, можно заключить, что, в основном, он пропорционален доле биомассы промысловых запасов в каждом районе (рис. 13). Исключение составляет Западно-Камчатская подзона, суммарный вылов в которой немного ниже, чем в соседней Камчатско-Курильской, хотя биомасса запаса гидробионтов немного выше (см. рис. 7 и 13).

Суммарный вылов гидробионтов в 2001–2010 гг. составил: в Западно-Беринговоморской зоне — 4,9 млн т, в Карагинской подзоне — 1,2 млн т, в Петропавловско-Командорской подзоне — 1,0 млн т, в Камчатско-Курильской подзоне — 2,7 млн т и в Западно-Камчатской подзоне — 2,4 млн т. Всего за десять лет в водах Камчатки было выловлено 12,1 млн т гидробионтов.

Количественный состав объектов промысла в уловах из разных районов был различным (рис. 14).

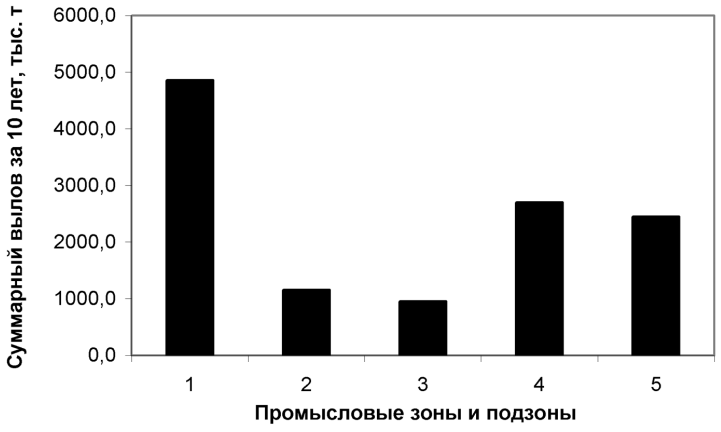


Рис. 13. Суммарный вылов гидробионтов в промысловых зонах и подзонах Камчатки за период 2001–2010 гг. 1 — Западно-Беринговоморская зона; 2 — Карагинская подзона; 3 — Петропавловск-Командорская подзона; 4 — Камчатско-Курильская подзона; 5 — Западно-Камчатская подзона

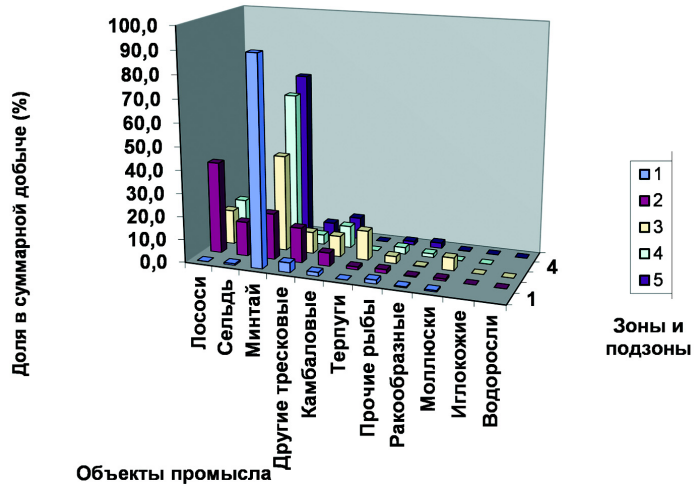


Рис. 14. Доля различных объектов (%) в суммарной добыче гидробионтов в промысловых зонах и подзонах Камчатки. 1 — Западно-Беринговоморская зона; 2 — Карагинская подзона; 3 — Петропавловск-Командорская подзона; 4 — Камчатско-Курильская подзона; 5 — Западно-Камчатская подзона

В Западно-Беринговоморской зоне основу вылова составлял минтай — 90,5%, а в других промысловых районах его доля изменялась от 20% в Карагинской подзоне до 71,6% в Западно-Камчатской. Первое место в суммарной добыче гидробионтов в Карагинской подзоне занимали лососи — 39,8%. Помимо минтая здесь довольно велика роль других тресковых и сельди, соответственно, 15,2 и 14,9% общего вылова. В Петропавловско-Командорской подзоне, кроме минтая, высока относительная добыча лососей (15,0%), других тресковых (9,4%), камбаловых (9,0%), терпуга (12,8%), кальмаров (5,6%). В Камчатско-Курильской подзоне, кроме минтая, в общем вылове выделяются лососи (16,0%) и камбаловые рыбы (9,5%). В Западно-Камчатской подзоне второе место в улове занимают камбаловые (9,5%), третье — лососи (6,1%) и четвертое — суммарно треска и навага (5,7%). Средняя доля ракообразных в общей добыче изменялась от 0,3% в Петропавловско-Командорской подзоне до 2,4% — в Западно-Камчатской.

Представляет определенный интерес сопоставить процентный состав объектов промысла в общих объемах рекомендуемого и фактического вылова. По нашему мнению, это может свидетельствовать, в какой-то степени, о более и менее предпочитаемых объектах лова, в связи с их разной доступностью, организационно-экономическими особенностями промысла и т. п. С этой целью, мы рассчитали разность между относительным (в %) фактическим и рекомендованным выловом различных гидробионтов в соответствующих общих биомассах изымаемых ресурсов (рис. 15).

Можно заключить, что доля минтая в составе фактически изъятой биомассы гидробионтов значительно (на 14%) превышает его долю в рекомендуемой добыче. Процентный состав фактического вылова большинства других объектов, начиная с трески и кончая креветкой, очень мало (не более 0,5%) отличается от такового в рекомендованном изъятии. Вместе с тем, отрицательное отклонение долей фактически изъятых некоторых групп гидробионтов от их долей в рекомендованной добыче более существенно и составляет от -1,0 до -2,7%. К числу последних относятся макрурусы, бычки, мойва, кальмары, водоросли, а также такие ценные промысловые рыбы как камбалы, сельдь. Полученные результаты, вероятно, могут свидетельствовать об определенном предпочтении в эксплуатации некоторых гидробионтов, в первую очередь, минтая и отсутствии достаточного стремления к освоению запасов выше перечисленных объектов. Последнее может быть связано как с низкой коммерческой ценностью — макрурусы, бычки, мойва, водоросли, так с доступностью для промысла. Например, один из промысловых видов камбал — палтусовидная камбала обитает на больших глубинах, в то время как основная добыча этой группы рыб ведется маломерным флотом в прибрежье.

Положительные или отрицательные отклонения при сравнении процентного соотношения объектов в фактическом улове и объеме рекомендованного изъятия хорошо согласуются с данными о реализации такого изъятия (см. рис. 12). Таким образом, перспективы роста добычи биологических ресурсов могут быть, в первую очередь, среди последней указанной группы гидробионтов, фактический вылов которых заметно ниже рекомендованного.

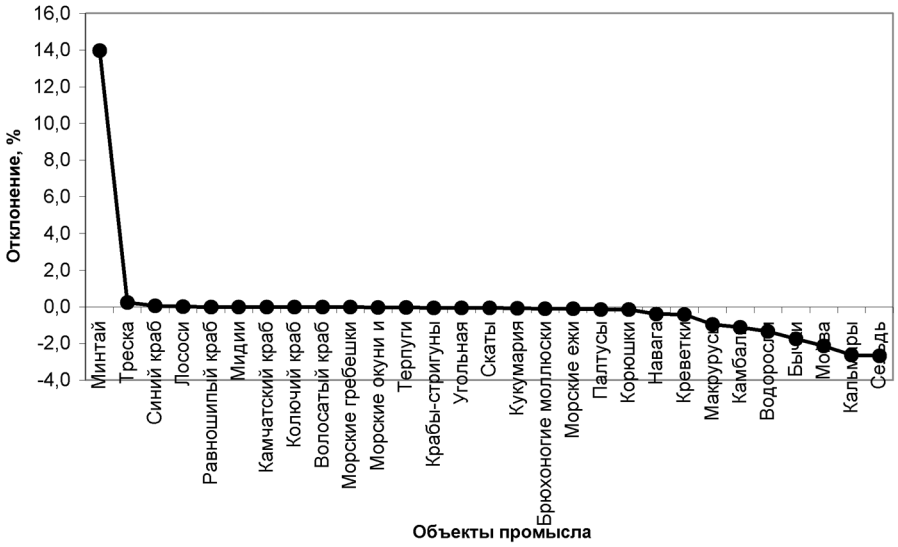


Рис. 15. Отклонение долей биомасс объектов в фактическом вылове от долей их биомасс в рекомендованном изъятии (%)

Заключение

Суммарная промысловая биомасса гидробионтов Камчатки в последнее десятилетие (2001–2010 гг.) значительно выросла. Подавляющее значение в ее формировании имели морские рыбы, составив более 90%. За счет них и происходил основной рост ресурсов, причем главную роль среди промысловых гидробионтов играл минтай. Кроме того, показали заметный рост тихоокеанские лососи, среди которых, в первую очередь, выделялась горбуша.

В группе промысловых беспозвоночных, в целом, определенных тенденций в динамике запасов не наблюдалось. Уровень их суммарной промысловой биомассы в прошедшем десятилетии изменялся волнообразно, достигнув максимума в 2005 г. Характер динамики ресурсов беспозвоночных определялся, в первую очередь, изменчивостью запасов ракообразных — различных видов крабов и креветок, которые вносили наибольший вклад в суммарную биомассу.

Практически в течение всего десятилетнего периода наибольшие запасы гидробионтов были сосредоточены в Западно-Беринговоморской зоне; второй по значимости была Западно-Камчатская подзона. Основу биоресурсов Западно-Беринговоморской зоны, а также Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской подзон составил минтай. Биологические ресурсы Карагинской и Петропавловско-Командорской подзон отличаются от ресурсов трех перечисленных выше районов не только более низким уровнем, но и большим видовым разнообразием.

По уровню освоения в 2001–2010 гг. лидировал минтай. На втором месте были тихоокеанские лососи, и на третьем треска и навага (суммарно). Близким к таковым было освоение запасов крабов. В существенно меньшей степени эксплуатировались ресурсы камбаловых, а хуже всех осваивались запасы моллюсков, основную долю которых представляют кальмары. В истекшем десятилетии, в целом, наблюдался рост добычи лососей, минтая и моллюсков; суммарный вылов трески и наваги колебался примерно на одном уровне, а добыча камбаловых рыб и, особенно, крабов снижалась. Существует реальная перспектива повышения уровня добычи биологических ресурсов в водах Камчатки, как за счет некоторых традиционных объектов промысла, так и вовлечения в эксплуатацию не используемых, либо мало используемых гидробионтов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудницам КамчатНИРО Артюхиной Нине Борисовне и Голобоковой Вере Николаевне за большую помощь в обработке материалов по анадромным рыбам.

Список литературы

Балыкин П.А. 2006. Состояние и ресурсы рыболовства в западной части Берингова моря // М.: ВНИРО, 142 с.

Бочаров Л.Н. 2010. Развитие рыбохозяйственной науки на Дальнем Востоке. Задачи и особенности современного этапа. ТИНРО-85. Итоги десятилетней деятельности. 2000–1010 гг. // Сб. статей под ред. д-ра техн. наук Л.Н. Бочарова, канд. биол. наук В.Н. Акулина. Владивосток: Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. С. 3–24.

Василец П.М., Терентьев Д.А. 2008. Характеристика промысла водных биологических ресурсов в Петропавловско-Командорской подзоне в 2001-2006 гг. // В сб. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии: Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 10. С. 116–135.

Датский А.В., Андронов П.Ю. 2007. Ихтиоцен верхнего шельфа северо-западной части Берингова моря // Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 261 с.

Карпенко В.И., Балыкин П.А. 2006. Биологические ресурсы западной части Берингова моря. Петропавловск-Камчатский: МБФ, 216 с.

Науменко Н.И. 2009. Динамика величины и состава промышленных уловов водных биоресурсов в прикамчатских водах в 1995–2008 гг. // В сб. Камчат.НИИ рыб. хоз-ва и океанографии: Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 15. С. 34–43.

Прогноз возможного вылова промысловых гидробионтов на ДВ-бассейне России в 2001 г. 2000. Владивосток: Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. 144 с.

Прогноз возможного вылова промысловых гидробионтов на ДВ-бассейне России в 2002 г. 2001. Владивосток: Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. 202 с.

Прогноз общих допустимых уловов по Тихоокеанскому бассейну на 2003 год. 2002. Владивосток: Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. 221 с.

Прогноз общих допустимых уловов по Тихоокеанскому бассейну на 2004 год. 2003. Владивосток: Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. 252 с.

Прогноз общих допустимых уловов по Тихоокеанскому бассейну на 2005 год. 2004. Владивосток: Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. 271 с.

Прогноз общих допустимых уловов по Тихоокеанскому бассейну на 2006 год. 2005. Владивосток: Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. ТИНРО-центр. 269 с.

Прогноз общих допустимых уловов по Тихоокеанскому бассейну на 2007 год. 2006. Владивосток: Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. 280 с.

Прогноз общих допустимых уловов по Тихоокеанскому бассейну на 2008 год. 2007. Владивосток: Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. 277 с.

Прогноз общего вылова гидробионтов по дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на 2009 год. 2008. Владивосток: Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. 268 с.

Прогноз общего вылова гидробионтов по дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на 2010 год. 2009. Владивосток: Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. 301 с.

Состояние биологических ресурсов северо-западной Пацифики. 2003. Под ред. д-ра биол. наук Н.И. Науменко. Петропавловск-Камчатский: Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 124 с.

Шунтов В.П., Бочаров Л.Н., Волвенко И.В., Иванов О.А., Суханов В.В., Колпаков Н.В., Долганова Н.Т., Дулепова Е.П., Горбатенко К.М. 2010. Экосистемное изучение биологических ресурсов дальневосточных морских вод России: некоторые результаты исследований в конце 20 – начале 21 столетия. ТИНРО-85. Итоги десятилетней деятельности. 2000 – 1010 гг. // В сб. статей под ред. д-ра техн. наук Л.Н. Бочарова, канд. биол. наук В.Н. Акулина. Владивосток: Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. С. 25–78.

FAO. 2007. Fishery and Aquaculture Statistics. 72 p.

УДК 597.553.2

О ПРИЕМНОЙ ЕМКОСТИ СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ ДЛЯ НАГУЛА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

Шунтов В.П., Темных О.С.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: temnykh@tinro.ru

Введение

Около 30-ти лет численность лососей в Северной Пацифике находится на высоком, а в последние годы — на очень высоком уровне. В связи с возможным снижением их численности в предвидимом будущем (Шунтов, Темных, 2011а,б) весьма актуален вопрос о расширении масштабов искусственного воспроизводства лососей. В настоящее время наблюдается явное отставание России в искусственном воспроизводстве лососей (53 ЛРЗ, выпускающих до 700-900 млн шт. молоди) по сравнению с другими странами северотихоокеанского региона. В определенной степени темпы развития аквакультуры лососей сдерживались и сдерживаются спорами и разнобоем представлений на суть самой проблемы, включая альтернативные взгляды на формы этого вида рыбохозяйственной деятельности и даже на тему его целесообразности. В качестве аргументов противники пастбищного лососеводства используют реальные негативные факты и следствия, имеющие и до сих пор место в пастбищном лососеводстве (особенно российском): ухудшение санитарно-эпидемиологической ситуации, нередкие низкие коэффициенты возврата от выпускаемой с заводов молоди, возможные отрицательные генетические следствия и т.д. Помимо этих реальных проблем, с конца 20-го столетия в связи с развитием сети ЛРЗ в очередной раз в научной литературе некоторыми специалистами в России и других странах была обострена тема, связанная с экологической емкостью дальневосточных морей и субарктической Пацифики для лососей. Лейтмотивом целого ряда работ (Волобуев, Волобуев, 2000; Гриценко и др., 2000; Кловач, 2003; Ishida et al., 1993; Welch, Morris, 1994; Bigler et al., 1996; Kaeriyama,1998, 2003) являются выводы о жестком лимитировании лососей пищей, обострении пищевой конкуренции, переполнении пелагиали этими рыбами и даже о перестройке энергетических потоков в экосистемах Северной Пацифики. Аргументация данных положений основана главным образом на косвенных данных, в частности, снижении в некоторые периоды темпа роста у части стад, изменении физиологических параметров лососей, что в конечном итоге якобы ведет к деградации популяций.

В настоящей статье приводятся альтернативные взгляды на проблему экологической емкости Северной Пацифики, основанные на анализе данных прямых наблюдений за состоянием планктонных и нектонных сообществ дальневосточных морей, результатов количественного изучения трофических отношений не только лососей, но и наиболее массовых видов нектона. Ранее эта проблема освещалась нами в ряде публикаций на данных 1980 – начала 2000-х гг. (Темных и др., 2004; Темных, 2004; Шунтов, Темных, 2004, 2008; Шунтов и др., 2010 а-г). Результаты исследований последних 5 лет, характеризующихся исторически высокой численностью лососей в России и в целом в мире, являются дополнительным подтверждением наших выводов относительно экологической емкости Северной Пацифики с точки зрения возможности увеличения масштабов пастбищного лососеводства в России.

Материал и методика

В основу данных исследований были положены материалы более 100 ежегодных экспедиций ФГУП «ТИНРО-Центр», выполнявшихся с начала 1980-х гг. на всей акватории российской экономической зоны (площадь около 5–6 млн. кв.км) и центральной части Северной Пацифики. В течение последних 10 лет сбор материалов осуществлялся и на американских судах в восточной части Берингова моря. В общей сложности было выполнено около 25 тыс. пелагических тралений.

Траловые съемки, сопровождаемые гидрологическими и планктонными станциями, выполнялись канатными тралами (РТ 108/528 м, РТ 118/620 м, РТ 80/396 м). При облове лососей обычно выдерживался режим траления с распорным щитком на поверхности при скорости около 4,5 узлов с вытравлени-

ем не менее 250–300 м ваеров. Важным методическим моментом при расчетах численности и биомассы лососей и других представителей нектона было применение дифференцированных коэффициентов уловистости: от 0,01 (личинки, мальки) до 1,0. Для молоди лососей до 30 см применялся коэффициент 0,4, а для рыб крупнее 30 см — 0,3. В 1980–1990-е гг. параметры вертикального и горизонтального раскрытия трала определялись расчетным путем с учетом горизонта траления, длины ваеров и скорости судна, а в 2000-е гг. также при помощи приборов. Методика расчетов рабочих параметров тралов, численности и биомассы рыб подробно изложены в ряде публикаций, в том числе в 7 табличных каталогах (Нектон, 2003–2006; Макрофауна, 2012 а,б,в).

Синхронно с траловыми съемками выполнялись планктонные съемки. Планктонные сборы, как и траловые, выполнялись круглосуточно, что в связи с вертикальными миграциями рыб и планктона весьма важно для оценки кормовой базы верхней эпипелагиали — основного слоя обитания лососей. В общей сложности в 1980–2000-е гг. было выполнено около 17 тыс. планктонных станций. Облов планктона производился сетью БСД (большая сеть Джеди) с площадью входного отверстия 0,1 кв.м (капроновое сито № 49 — ячея 0,168 мм). Во время стандартных съемок выполнялись тотальные обловы планктона до глубины 200 м, а при исследовании лососей делались дополнительные обловы слоя 0–50 м, где они обитают и питаются большую часть времени. При обработке проб планктона применялся фракционный способ обработки (Волков, 1996). В основе метода лежит принцип механического разделения пробы на несколько фракций (мелкую, среднюю и крупную) и дальнейшей обработки каждой в отдельности. Таким образом, уже на первом этапе обработки проб получаются данные о размерной структуре планктонного сообщества.

В условиях морских экспедиций численность зоопланктеров мелкой и средней фракций подсчитывалась в камере Богорова. В крупной и сверхкрупной фракциях численность подсчитывалась тотально, а также измерялась длина каждого размерного класса во фракции и визуально определялась их доля (% по биомассе). Биомассу отдельных видов и групп также можно рассчитывать по таблицам сырых весов или прямым взвешиванием.

При расчетах численности планктеров вводились поправки на уловистость сетей. Такие поправки для сети БСД — основной сети, применяемой в ТИНРО-Центре, были предложены ранее (Волков, 1986, 2008) на основании имеющихся публикаций, а частично по экспертным оценкам: планктон мелкой фракции — 1,5; планктон средней фракции — 2,0; планктон крупной фракции: эвфаузииды, мизиды и щетинкочелюсгные длиной до 10 мм — 2,0, 10–20 мм — 5,0, более 20 мм — 10,0; гипериды длиной до 5 мм — 1,5, 5–10 мм – 3,0, более 10 —5,0; копеподы длиной до 5 мм — 2,0, более 5 мм — 3,0; полихеты, мелкие медузы, птероподы — 1,0.

Количественные оценки мелкоразмерного нектона (в основном мелкие виды и молодь рыб и кальмаров), являющегося важным компонентом питания лососей и некоторых других массовых пелагических рыб, проводились вместе с другим нектоном путем траловых съемок. Биомасса мелкоразмерного нектона (менее 12 см) рассчитывались, исходя из данных, приведенных в таблицах и каталогах нектона дальневосточных морей (Нектон …, 2003–2006; Шунтов, Темных, 2007). Параллельно выполнялись модельные расчеты обилия мелкоразмерного нектона, исходя из данных по питанию рыб (Заволокин, 2008; Шунтов и др., 2010 в).

Питание лососей, а также других нектонных рыб и кальмаров весь рассматриваемый период проводилось в соответствии с разработанной в ТИНРО-Центре экспресс-методикой групповой обработки желудочно-кишечных трактов рыб и беспозвоночных (Чучукало, Волков, 1986; Чучукало, 1996, 2006). В этом случае как единая проба рассматривались взятые из улова каждого трала по 10–25 желудков каждой размерной группы конкретного вида нектона. При определении суточного пищевого рациона в экспедициях ТИНРО первым шагом было установление суточной ритмики питания, изменения состава пищи в течение суток и скорости переваривания пищи на 2–3-суточных станциях с выполнением тралений через 2–4 часа. Однако, в большинстве случаев «синтетические» графики суточной ритмики питания с приведением их к 1–2-часовому интервалу строились с использованием большого количества станций, выполненных в разное время суток в пределах однородного биостатистического района .

Все данные пелагических съемок осреднялись по 48 биостатистическим районам (см. Нектон, 2003–2006). Эти районы осреднения являются стандартными в биоценологических исследованиях ТИНРО с начала 1980-х гг. Помимо этого, для определения межгодовых тенденций количественного состава планк-

тонных и нектонных сообществ, данные пелагических съемок осреднялись по периодам 1980–1990, 1991–1995, 1996–2005, 2006–2010 гг.

Результаты и обсуждение

Прежде чем приступить к представлению результатов наших исследований, дадим определение экологической (приемной) емкости. Экологическая емкость — способность экосистемы обеспечить воспроизводство и нормальное функционирование максимального количества организмов, слагающих разные уровни трофических цепей. Учитывая довольно сложную структуру морских экосистем с постоянной динамикой всех ее составляющих, в настоящее время весьма сложно найти набор показателей, которые полно характеризовали бы их экологическую емкость. Однако, основными критериями экологической емкости экосистем для отдельных видов (в нашем случае лососей) в этом понимании должны фигурировать объем биотопа с благоприятной для вида физико-химической средой, резервами корма, а также «оптимальной» структурой и уровнем организации сообществ, в которых лососи являются отдельным их элементом.

Как уже отмечалось выше, выводы об ограниченности экологической емкости Северной Пацифики для лососей звучат главным образом лишь на основании косвенных оценок, а именно данных об изменении размерно-возрастной структуры и роста ряда популяций некоторых видов лососей на азиатском и американском побережьях. Анализ конкретных тотальных оценок кормовой базы, биомасс и численности самих лососей и сопутствующих видов нектона, анализ трофических отношений с тотальными оценками использования кормовой базы лососями и в целом всем нектоном, позволили нам придти к иным заключениям. Новые данные более чем 20 комплексных съемок ТИНРО-Центра в дальневосточных морях и Северной Пацифике в последние 10 лет, характеризующихся очень высокой численностью лососей, являются дополнительным свидетельством о том, что кормовые ресурсы пелагиали не являются фактором, лимитирующим численность лососей. При этом каких-либо существенных изменений в экосистемах пелагиали дальневосточных морей и СЗТО в связи с высокой численностью лососей не происходило и не происходит. Проблема ограниченности экологической емкости для пастбищного выращивания лососей, на наш взгляд, является надуманной.

Кратко остановимся на основных аргументах, являющихся основой данных утверждений.

Морская и океаническая части ареала лососей охватывает площадь около 15–16 млн кв. км. На этой площади биомасса лососей составляет около 5 млн т (Шунтов и др., 2007). Сравним: у некоторых видов рыб (минтай, иваси), биомасса может достигать до 50 млн т на площади в 2–3 раза меньшей (5–7 млн кв. км). А сельдь, анчоус и скумбрия, имеющие такие же биомассы, как и лососи, нагуливаются на площади в 5–8 раз меньшей, чем они (2–3 млн кв.км). Из этих соотношений видно, что экосистемы, в которых частично обитают и лососи, с легкостью выдерживают и значительно большие нагрузки планктоноядных рыб по сравнению с лососями. Если рассмотреть азиатских лососей и самых массовых из них — горбушу и кету, то их ареал составляет соответственно 60% и 70–80% от общей площади всего лососевого ареала (15 млн кв. км) и распространяется он дальше на восток, чем ареал американских — на запад. Районы наиболее плотных концентраций в российских водах молоди до 30 см в Охотском море — 0,5–0,7 млн кв. км, Беринговом — 0,5 млн кв. км, лососей более 30 см в период летнее-осеннего нагула — около 3 млн кв. км (Шунтов, Темных, 2008, 2011а; Шунтов и др., 2010а).

В 2000-е гг. общая биомасса лососей в дальневосточной зоне достигала около 2–2,5 млн т. При всей масштабности этой величины, на фоне общей биомассы нектона, которая по нашим оценкам, основанным на данных большой серии комплексных съемок, оценивалась в разные годы в 50–100 млн т, биомасса лососей составляет совсем незначительную долю от общей биомассы нектона. В 1980-х гг. весовая доля лососей обычно не превышала 1–2%, в 1990–2000-е гг. на фоне снижения биомассы минтая и сардины-иваси доля лососей составляла 4–8 % от биомассы нектона эпипелагиали и не более 3 в слое 0–1000 м. Как видно из сопоставления этих цифр, несмотря на более, чем 3-кратный рост численности лососей охотоморских и беринговоморских стад по сравнению с 1970–1980-ми гг., в целом общая биомасса их в нектонных сообществах дальневосточных морей не столь велика, чтобы они играли определяющую роль в пелагических сообществах и тем более в экосистемах.

Доля лососей от общей биомассы нектона существенно выше за пределами шельфа, особенно в верхней эпипелагиали, где происходит летнее-осенний нагул. В 2000-е гг. в среднем доля их от общей биомассы нектона составляла осенью в Охотском море — около 66% (рис. 1А), в Беринговом — 50%,

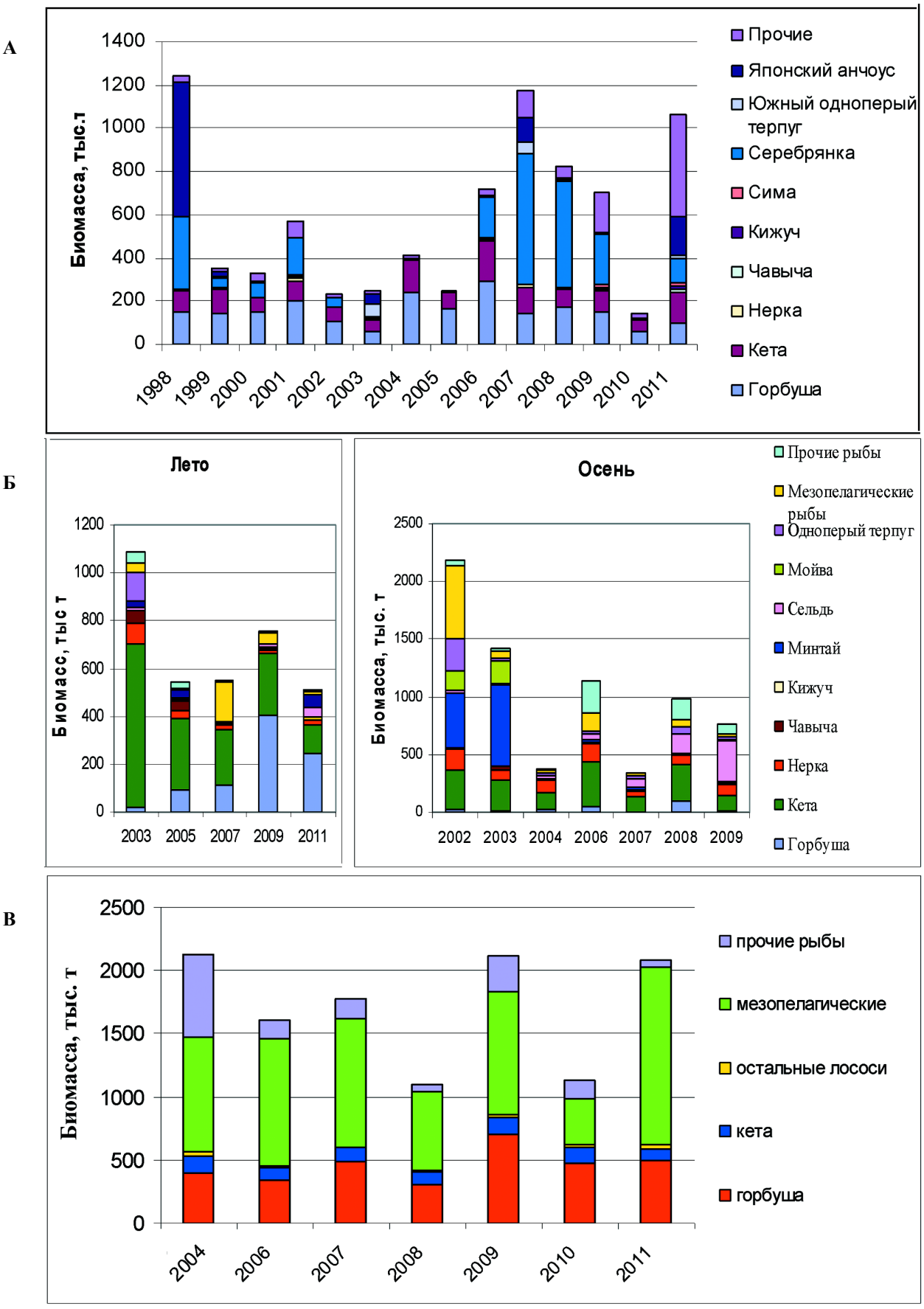


Рис. 1. Динамика биомассы (тыс. т) рыб в верхней эпипелагиали:
А — южной части Охотского моря, Б — западной части Берингова моря, В — прикурильских тихоокеанских водах в летнее-осенний период

летом — 56% (рис. 1Б), СЗТО — 30% (рис. 1В). Следует отметить, что в этих районах численность рыб в эпипелагиали вообще значительно ниже, чем на шельфе и свале глубин. Таким образом, лососи пространственно и биотопически разобщены с другими массовыми эпипелагическими планктоноядными рыбами, за счет чего существенно снижается пресс на кормовые ресурсы. При этом в морской период жизни лососи ведут некосячный образ жизни. Стратегия рассеянного обитания при значительной подвижности этих рыб, в том числе и по вертикали, также способствуют уменьшению конкуренции за пищу и успешному нагулу при невысоких концентрациях планктона.

В глубоководных районах Охотского, Берингова морей и прилегающих тихоокеанских водах сосредоточены колоссальные запасы макропланктона — основы кормовой базы лососей. В приазиатских водах по сравнению с приамериканскими водами планктонная кормовая база более благоприятна в связи с повышенными концентрациями эвфаузиид, гипериид, птеропод и аппендикулярий. При этом около 60% от общих запасов планктона сосредоточено в глубоководных районах — зонах основного нагула лососей.

Как показал анализ межгодовой динамики биомасс планктона, колебания данного показателя не выходят за рамки известной межгодовой изменчивости. Тенденция поступательного снижения биомасс планктона от 1980-х к 2000-м гг. отмечалась только для Охотского моря (рис. 2). Однако, в силу того, что это самый продуктивный район, характеризующийся повышенными концентрациями эвфаузиид, гипериид, птеропод — снижение биомасс планктона не свидетельствует о значительном ухудшении кормовой базы лососей. Как пример, в 2008 г. при самых низких значениях концентраций планктона в южной части моря сеголетки горбуши и кеты имели очень крупные размеры и очень высокую выживаемость, обеспечившие максимальные подходы лососей в 2009 г.

О кормовых условиях нектона в любом районе в первом приближении можно судить по соотношению его биомасс и биомасс зоопланктона. В табл. 1 для всех районов дальневосточных российских вод приведены такие данные по биомассам нектона верхней эпипелагиали, т.е. основной лососевой вертикальной зоне (0–50 м) относительно биомасс зоопланктона и макропланктона в слое 0–200 м для 1980–2010-х гг. По четырем периодам кратность этих величин составила: в Беринговом море — 18; 60; 38; 35, в Охотском море — 23; 61; 32; 25, в Японском море — 23; 296; 214; 200, в СЗТО — 18; 73; 31; 33. Если ограничиться только макропланктоном, то это соотношение составит: в Беринговом море — 13; 48; 34; 30, в Охотском море — 17; 54; 28; 13, в Японском море — 14; 180; 128; 120, в СЗТО — 11; 60; 21; 36. Полученные соотношения биомассы кормовой базы и биомасс нектона свидетельствует о нереальности ухудшения условий нагула до критических уровней, при которых пищевая обеспеченность может

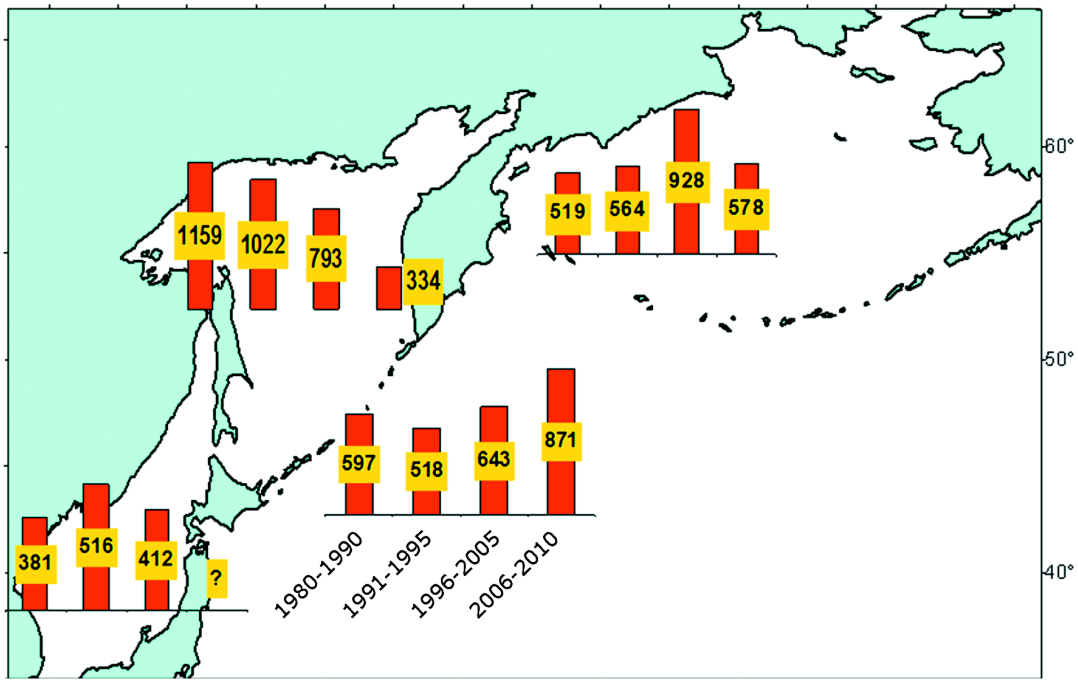


Рис. 2. Динамика среднемноголетних биомасс зоопланктона (мг/м^3) в дальневосточных морях и прилегающих тихоокеанских водах

жестко лимитировать численность. Это тем более очевидно, если иметь в виду, что годовая продукция зоопланктона превышает указанные выше биомассы зоопланктона не менее, чем в 3–4 раза. Но этот вывод не относится к ихтиопланктонным стадиям нектона — личинкам и малькам, замыкающихся на другую кормовую базу — фитопланктон, бактерии, микрозоопланктон. Но этот этап онтогенеза лососи проводят в пресных и эстуарных зонах.

И, наконец, наиболее показательными в отношении пищевой обеспеченности лососей в районах их морского нагула являются данные по соотношению потребления пищи лососями (и в целом нектоном) к общим запасам макропланктона. Сопоставление общих запасов планктонных ресурсов с объемами выедания не только лососями, но и нектоном в целом (рис. 3) дает основания говорить не только о дифиците пищи, но даже о недоиспользовании ими кормовой базы.

Прежде всего, данные рис. 3 свидетельствуют о масштабности трофических процессов в пелагиали — годовое потребление пищи нектоном в слое 0–1000 м достигает 500 млн т, при этом вклад лососей в общее потребление незначителен — 4–8 млн т. Объем выедания планктона лососями в основных районах нагула (Охотское, Берингово моря и СЗТО) за весь период исследований не превышал 1– 5% от его валового запаса в каждом районе.

Объемы потребления макропланктона всем нектоном от общего запаса макропланктона в эпипелагиали составили: в Беринговом море — 43–71 %, в Охотском — 57–81 %, в Японском море — 21–84 %,

Таблица 1. Многолетняя динамика среднегодовой биомассы нектона (1) в слое 0–50 м и зоопланктона (2) в слое 0–200 м в различных районах российских дальневосточных вод, млн т (Шунтов, Темных, 2011 а)

Район		Периоды лет			
		1980–1990	1991–1995	1996–2005	2006–2010
Берингово море (российская часть)	1	5,14	1,44	2,40	2,42
	2	89,83	86,08	93,34	»86,0
Охотское море	1	16,95	4,84	8,54	10,2
	2	390,96	307,18	270,56	»250
Японское море (российская часть)	1	2,64	0,27	0,28	?
	2	»60,0	»80,0	»60,0	»60,0
СЗТО (прикурильские и прикамчатские воды)	1	19,13	2,83	9,26	6,85
	2	241,44	210,55	220,86	»270,0
Всего	1	43,86	9,38	20,48	19,77
	2	782,23	683,81	644,76	666,0

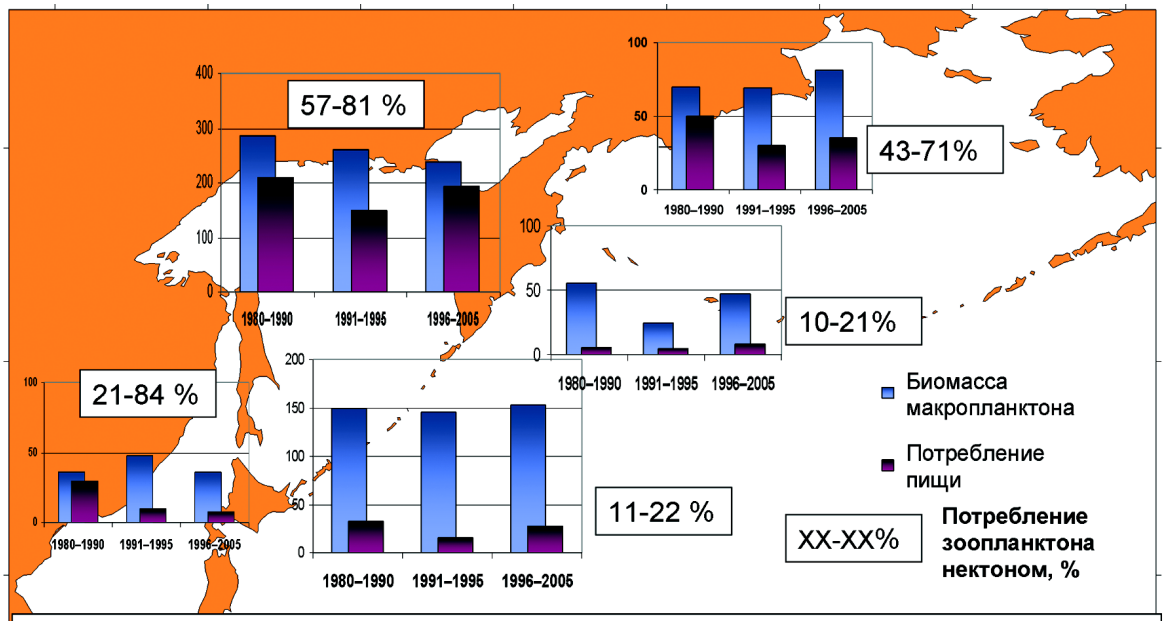


Рис. 3. Общая биомасса и потребление зоопланктона нектоном (млн т) в пелагиали (0–1000 м) дальневосточных морей (Шунтов, Темных, 2011 б)

в прикурильских океанских водах — 11–22 %, в прикамчатских океанских водах — 10–21 %. Но более корректно такие сопоставления делать не с биомассами, а с его продукцией, объем которой в рассматриваемых водах при принятии P/B-коэффициента равном 4, составляет не менее 5 млрд т. От продукции планктона объемы потребления ее нектоном выглядят довольно скромно: в Беринговом море — 11–18 %, в Охотском — 16–20 %, в Японском — 5–21 %, в прикурильских и прикамчатских океанских водах — 3–5 %. (Шунтов, Темных, 2011).

Заметим, что помимо макропланктона, кормовая база нектона включает и мелкий нектон (мелкие виды рыб и кальмары). По материалам комплексных съемок ТИНРО-Центра, этот компонент нектона в дальневосточных морях и СЗТО сопоставим с биомассам и предпочитаемых лососями гипериид и составляет пятую-шестую часть их кормовой базы (Шунтов, Темных, 2007; 2008; Шунтов и др., 2010б). В тех случаях, когда наблюдается дефицит планктона, лососи могут практически полностью переходить на питание мелким нектоном.

Аргументами в пользу достаточно благоприятных кормовых условий лососей в дальневосточных морях наряду с фактом питания ее в светлое время суток, когда концентрации планктона в верхней эпипелагиали понижены, является избирательность питания в отношении относительно немногочисленных в планктоне групп (амфипод, эвфаузиид, птеропод), составляющих только 1/3 от общей биомассы макропланктона. Избирательность в питании в отношении данных групп планктона сохраняется и для зимнего периода, хотя общие концентрации планктона в этот период в эпипелагиали снижаются в 2–3 раза. Таким образом, выраженная и устойчивая в межгодовом плане избирательность питания лососей свидетельствует о высоком уровне их пищевой обеспеченности. В меньшей степени используемые в питании копеподы и сагитты, составляющие 2/3 от общего количества макропланктона — огромный резерв кормовой базы лососей.

Благоприятные климато-океанологические условия, наблюдавшиеся в дальневосточных морях в 2000-е гг., способствовали поддержанию не только высокого уровня численности самого массового вида лососей — горбуши, но и достаточно высоких ее продукционных показателей (Шунтов, Темных, 2011 а; Темных, 2009). Практически для всех региональных стад горбуши за редкими исключениями отмечена тенденция повышения размеров в период высокой численности в 2000-е гг (рис. 4). Для кеты американских и азиатских стад в отдельные периоды наблюдается картина снижения размерных показателей и изменение возрастной структуры в сторону увеличения старших возрастных групп (Заволокин и др., 2012; Темных и др., 2011). Однако, в силу вышеизложенного, нет оснований в качестве основополагающего фактора, определяющего отмеченные изменения биологических характеристик кеты основных стад, считать недостаточную кормовую обеспеченность в районах нагула (даже в зимний период). Сейчас хорошо известно, что темп роста рыб, в том числе лососей, связан и с другими факторами – климато-гидрологическими, генетическими и др.

Заключение

В заключении следует сказать, что современный период повышенной численности лососей продолжается уже с 1980-х гг. Это цикличные рыбы. Имея в виду выводы о смене на рубеже первого и второго десятилетий 21 века климато-океанологических циклов, можно предположить, что в предвидимое время реально естественное снижение численности лососей, хотя вряд ли оно будет обвальным. Снижение численности лососей естественных российских стад может восполнить наращивание объемов искусственного воспроизводства. В настоящее время в северотихоокеанском регионе уже функционирует около 700 ЛРЗ, при этом нет каких-либо существенных доводов о переполнении экологической емкости субарктической Пацифики и ее морей этими рыбами. Следовательно, отсутствуют и серьезные аргументы против значительного расширения сети ЛРЗ и на российском Дальнем Востоке. Перспективы этого расширения неодинаковы в различных районах Дальнего Востока. Они должны определяться необходимостью, целесообразностью и возможностями. При ранжировании районов по этим признакам в первую очередь следует назвать:

- материковое побережье Японского моря (возможно 15–20 ЛРЗ при 2 действующих) — кета, горбуша, сима (ориентироваться на более северные участки побережья),
- бассейн Амура — расширение ЛРЗ в реках Амурского лимана (кета, а также горбуша, сима, нерка)
- материковое побережье Охотского моря (кета, возможно горбуша).

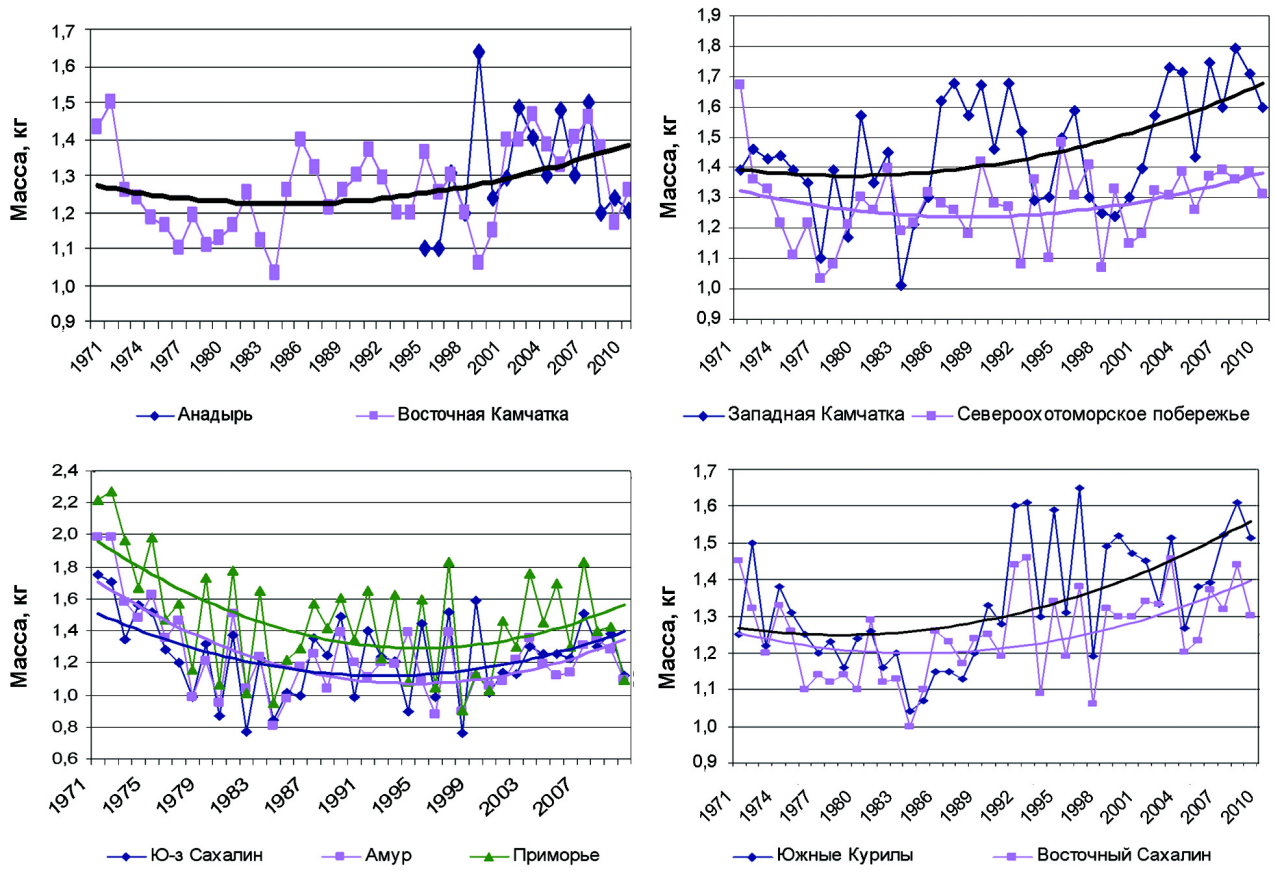


Рис. 4. Динамика средних весовых размеров горбуши в основных районах воспроизводства в 1971–2010 гг.

- На Камчатке и Курильских островах целесообразно развивать сеть ЛРЗ для увеличения численности наиболее ценных видов лососей — кижуча, нерки, чавычи и возможно симы. Первые три перечисленных вида и в прошлом здесь имели численность на порядок ниже, чем в Северной Америке.

В свете изложенного выше об экологической емкости субарктической эпипелагиали, учитывая огромную протяженность российских побережий Дальнего Востока и масштабную объемность кормовой базы для лососей, на перспективу реально иметь в виду увеличение количества ЛРЗ от современного уровня как минимум в два раза, т. е. до 100–120. Ориентировочно выпуск молоди при этом составит около 1,5 млрд экз., т.е. он приблизится к уровню Японии и США, выпускающих по 2 млрд молоди ежегодно. На это в лучшем случае уйдет не менее 15–20 лет. К тому времени понимание экологических процессов и реалий будет гораздо выше, чем сейчас. Это позволит при необходимости внести в практику коррективы. Заметим, что ЛРЗ не являются альтернативой сохранения естественного воспроизводства лососей. Нерестовый фонд наиболее продуктивных рек должен быть сохранен, а строительство заводов должно быть приурочено к рекам со слабым естественным воспроизводствам.

Развитие сети ЛРЗ, особенно на современном этапе поиска более рациональных вариантов, следует исходить из целесообразности строительства в основном мелких ЛРЗ на водоемах с разными физико-географическими характеристиками (т. е. объемы выпускаемой молоди набирать за счет большого количества мелких заводов). Это позволит путем опыта определиться в лучших вариантах, а при функционировании заводов успех в одних местах сможет в определенной степени компенсировать неудачу в других. Кроме того, таким путем легче будет происходить «разгрузка» эстуарной зоны от скатившейся молоди при ее рассредоточении в открытые воды.

Масштабность и варианты развития аквакультуры лососей (и аквакультуры в целом) на Дальнем Востоке помимо основополагающих социально-экономических условий во многом будут зависеть и от прогресса научных рыбохозяйственных исследований вообще и в частности при решении «узких мест» искусственного воспроизводства (экологические и генетические проблемы, болезни, вирусы, паразиты, технология рыборазводного процесса в разных условиях).

Список литературы

Атлас количественного распределения нектона в западной части Берингова моря. 2006. (под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). М.: Нац. рыб. Ресурсы, 1072 с.

Атлас количественного распределения нектона в Охотском море 2003. (/под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). М.: Нац. рыб. Ресурсы, 1040 с.

Атлас количественного распределения нектона в северо-западной части Тихого океана 2005. (под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). М.: Нац. рыб. Ресурсы, 1082 с.

Атлас количественного распределения нектона в северо-западной части Японского моря 2004.(под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). М.: Нац. рыб. Ресурсы, 988 с.

Волобуев В.В., Волобуев М.В. 2000.Экология и структура популяций как основные элементы формирования жизненной стратегии кеты *Oncorhynchus keta* континентального побережья Охотского моря // Вопр. ихтиол. Т. 40(4). С. 516–529.

Волков А.Ф. 1996. Зоопланктон дальневосточных морей: состав сообществ. межгодовая динамика. значение в питании нектона: Дис. ...докт. биол. наук. — Владивосток: ТИНРО. 70 с.

Волков А.Ф. 2008.Среднемноголетние характеристики зоопланктона Охотского и Берингова морей и СЗТО (межгодовая и сезонные значения биомассы, доминирование) // Изв. ТИНРО. Т. 152. С. 253–270.

Гриценко О.Ф., Заварина Л.О., Ковтун А.А., Путивкин С.В. 2000. Экологические последствия крупномасштабного искусственного разведения кеты // Промысл.-биол. исслед. рыб в тихоок. водах Курильских о-вов и прилеж. р-нах Охотского и Берингова морей в 1992-1998 гг. М.: Изд-во ВНИРО, С. 241–246.

Заволокин А.В., Кулик В.В., Глебов И.И., Дубовец Е.Н., Хохлов Ю.Н. 2012. Динамика размеров, возраста и внутривидовых темпов роста анадырской кеты Oncorhynchus keta в 1962-2010 гг..// Вопр. Ихтиологии, Т. 52 (2). С. 215–233.

Кловач Н.В. 2003. Экологические последствия крупномасштабного разведения кеты. М.: Изд-во ВНИРО, 164 с.

Макрофауна пелагиали северо-западной части Тихого океана: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1979–2009. 2012 / В.П.Шунтов, Л.Н. Бочаров, И.В. Волвенко, В.В. Кулик (под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). - Владивосток : ТИНРО-центр, 616 с.

Макрофауна пелагиали западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1982–2009 2012./ В.П. Шунтов, Л.Н. Бочаров, И.В. Волвенко, В.В. Кулик (под ред. В.П. Шунтова и Л.Н.Бочарова). Владивосток: ТИНРО-центр, 479 с.

Макрофауна пелагиали Охотского моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1984-2009 2012./ В.П. Шунтов, Л.Н. Бочаров, И.В. Волвенко, В.В. Кулик (под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). Владивосток : ТИНРО-центр, 800 с.

Нектон западной части Берингова моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов. 2006. (под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). Владивосток: ТИНРО-центр, 416 с.

Нектон Охотского моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов 2003. (под ред. В.П.Шунтова и Л.Н.Бочарова). Владивосток: ТИНРО-центр, 643 с.

Нектон северо-западной части Тихого океана. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов 2005. (под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). Владивосток: ТИНРО-центр, 544 с.

Нектон северо-западной части Японского моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов 2004. (под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). Владивосток: ТИНРО-центр, 226 с.

Темных О.С. 2004. Азиатская горбуша в морской период жизни: биология, пространственная дифференциация, место и роль в пелагических сообществах: дисс. … докт. биол. наук. Владивосток, 466 с.

Темных О.С. 2009. Современный статус тихоокеанских лососей в пелагических экосистемах субарктической Пацифики // Бюл. № 4 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-центр. С. 235–241.

Темных О.С.. Глебов И.И., Найденко С.В., Старовойтов А.Н., Ефимкин и др. 2004. Современный статус тихоокеанских лососей в пелагических сообществах дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. Т. 139. С. 28-44.

Темных О.С., Заволокин А.В., Шевляков Е.А., Заварина Л.О., Волобуев В.В., Марченко С.Л., Золотухин С.Ф., Капланова Н.Ф., Подорожнюк Е.В., Горяинов А.А., Лысенко А.В., Каев А.М., Игнатьев Ю.И., Денисенко Е.В., Хохлов Ю.Н.,. Рассадников О.А. 2011. Особенности межгодовой

изменчивости средних размеров и возрастного состава кеты российских стад// Бюл. № 4 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-центр. С. 226–239.

Чучукало В.И. 1996. К методике определения пищевых рационов рыб // Изв. ТИНРО. Т. 119. С. 289–305.

Чучукало В.И. 2006. Питание и пищевые отношения нектона и нектобентоса в дальневосточных морях. Владивосток: ТИНРО-Центр, 482 с.

Чучукало В.И., Волков А.Ф. 1986. Руководство по изучению питания рыб. Владивосток: ТИНРО, 32 с.

Шунтов В.П., Дулепова Е.П., Темных О.С., Волков А.Ф., Найденко С.В., Чучукало В.И. Волвенко И.В. 2007. Глава 2. Состояние биологических ресурсов в связи с динамикой макроэкосистем в экономической зоне дальневосточных морей России // Динамика экосистем и современные проблемы сохранения биоресурсного потенциала морей России. Владивосток: Дальнаука. С. 75–176.

Шунтов В.П., Волвенко И.В., Темных О.С., Волков А.Ф., Заволокин А.В., Найденко С.В., Долганова Н.Т. 2010а. К обоснованию экологической емкости дальневосточных морей и субарктической Пацифики для пастбищного выращивания тихоокеанских лососей. Сообщение 1. Нагульные акватории тихоокеанских лососей // Изв. ТИНРО. Т. 160. С. 149–184.

Шунтов В.П., Волков А.Ф., Долганова Н.Т., Заволокин А.В., Темных О.С., Найденко С.В., Волвенко И.В. 2010б. К обоснованию экологической емкости дальневосточных морей и субарктической Пацифики для пастбищного выращивания тихоокеанских лососей. Сообщение 2. Состав, запасы и динамика зоопланктона и мелкого нектона — кормовой базы тихоокеанских лососей // Изв. ТИНРО. Т. 160. С. 185–208.

Шунтов В.П., Найденко С.В., Заволокин А.В., Волков А.Ф., Долганова Н.Т., Темных О.С., Волвенко И.В. 2010в. К обоснованию экологической емкости дальневосточных морей и субарктической северной Пацифики для пастбищного выращивания тихоокеанских лососей. Сообщение 3. Суточная ритмика питания, состав рационов и избирательность питания тихоокеанских лососей // Изв. ТИНРО. Т. 161. С.3–24.

Шунтов В.П., Темных О.С., Найденко С.В., Заволокин А.В., Долганова Н.Т., Волков А.Ф., Волвенко И.В. 2010г. К обоснованию экологической емкости дальневосточных морей и субарктической северной Пацифики для пастбищного выращивания тихоокеанских лососей. Сообщение 4. Влияние фактора плотности на обеспеченность тихоокеанских лососей пищей и их роль в потреблении кормовой базы нектона // Изв. ТИНРО. Т. 161 С. 25–52.

Шунтов В.П., Темных О.С. 2004. Превышена ли экологическая емкость Северной Пацифики в связи с высокой численностью лососей: мифы и реальность // Изв. ТИНРО. Т. 138. С. 19–36.

Шунтов В.П., Темных О.С. 2007. Тотальная оценка кормовой базы (макропланктон и мелкий нектон) тихоокеанских лососей в дальневосточных морях и прилегающих тихоокеанских водах // Бюл. № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-центр. С. 260–266.

Шунтов В.П., Темных О.С. 2008.Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Владивосток: ТИНРО-центр. Т. 1, 481 с.

Шунтов В.П., Темных О.С. 2011 а. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Владивосток: ТИНРО-центр. Т. 2, 473 с.

Шунтов В.П., Темных О.С. 2011б. Современные перестройки в морских экосистемах в связи с климатическими изменениями: приоритетность глобальных или региональных факторов? // Бюл. № 6 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-центр. С. 49–63.

Bigler B.S., Welch D.W., Helle J.H. 1996. A review of size trends among North Pacific salmon Oncorhynchus spp. // Can. J. Fish. Aquatic. Sci. V. 53. P. 455–465.

Ishida Y., Ito S., Kaeriyama M., McKinnell S., Nagasawa K. 1993. Resent changes in age and size of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in the North Pacific Ocean and possible causes // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 50. P. 290–295.

Kaeriyama M. 1998.Dynamics of chum salmon, *Oncorhynchus keta*, populations released from Hokkaido, Japan // N. Pac. Anadr. Fish. Comm. Bull. № 1 P. 90–102.

Kaeriyama M. 2003. Evaluation of carrying capacity of pacific salmon in the North Pacific Ocean for ecosystem — Based Sustainable Conservation Management // N. Pac. Anadr. Fish. Comm. Techn. Rep. № 5. P. 1–4.

Welch D.W., Morris J.F.T. 1994. Evidence for Density-Depended Marine Growth in British Columbia Pink Salmon Population : N. Pac. Anadr. Fish. Comm. Doc. № 97. 33 p.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ГИДРОБИОНТОВ

УДК 597.586.2

НЕКОТОРЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛИКОДА СОЛДАТОВА В ОХОТСКОМ МОРЕ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Асеева Н.Л., Бадаев. О.З.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: aseeva_n@hotmail.com

Введение

Бельдюговые рыбы (семейства Zoarcidae) — важный элемент сообществ шельфа и материкового склона Мирового океана (Парин, 1988). В дальневосточных морях они являются стабильным компонентом ихтиоценов и относятся к доминирующим или значимым семействам рыб (Дудник, Долганов, 1992; Иванов, 2000).

Ликод Солдатова Lycodes soldatovi (Taranetz, Andriashev, 1935) входит в пятерку доминирующих батиальных рыб Охотского моря и имеет самую высокую долю по биомассе и численности среди бельдюговых этого моря. Считается, что он встречается в Японском, Охотском и Беринговом морях, а также в тихоокеанских водах Камчатки и северных Курильских островов (Линдберг, Красюкова, 1975; Toyoshima, 1985; Дудник, Долганов, 1992; Орлов, 1998; Борец, 2000; Шейко, Федоров, 2000; Mecklenburg et al., 2002; Федоров и др., 2003). Однако, по большей части эти данные вызывают сомнение (Баланов и др., 2004).

Вид является промысловым и даёт весомую долю прилова при донном траловом и ярусном лове черного палтуса и при сетном лове морских окуней (Ермаков, Бадаев, 2005). Несмотря на это, до настоящего времени многие стороны биологии и экологии этого вида изучены слабо, известны лишь наиболее общие черты его распределения (Шунтов, 1965; Баланов и др., 2004; Бадаев, 2012).

Экологические прикладные паразитологические исследования позволяют не только выявить не доступные пока другими методами особенности распределения ликода Солдатова, но и оценить подверженность его поражению теми или иными паразитами, а также охарактеризовать соответствие ликода Солдатова добытого в традиционных районах промысла черного палтуса нормативным требованиям по показателю паразитарной чистоты.

Материал и методика

Основой для исследования взяты сборы из экспедиции НИС «Профессор Леванидов», который в октябре 2004 г. проводил донные траления на материковом склоне в районе впадины ТИНРО и желоба Лебедя Охотского моря на глубинах 505–730 м (коллектор О.З. Бадаев) (рис. 1). В качестве орудия лова использовался донный трал DT-77/59.

Паразитологическому анализу подвергнуто 21 экз. ликода Солдатова. Пробы были заморожены при температуре около –40 °С, и хранились при –18 °С. Все особи в лабораторных условиях подвергались биологическому анализу по общепринятой методике.

Паразитологическое исследование выполнено методом полных и неполных вскрытий по общепринятым методикам (Быховская-Павловская, 1969, 1985). Всех паразитов, обнаруженных в ходе полных вскрытий, для хранения, дальнейшей обработки и определения в лаборатории фиксировали стандартными растворами: цестод, трематод, скребней и паразитических ракообразных — 70%-м этиловым спиртом, нематод — раствором Барбагалло. Собранный материал по простейшим миксоспоридиям изучался на глицерин-желатиновых препаратах. В первую очередь просматривали органы, наиболее зараженные миксоспоридиями — желчный и мочевой пузыри, мочеточники, почки, мускулатура, жаб-

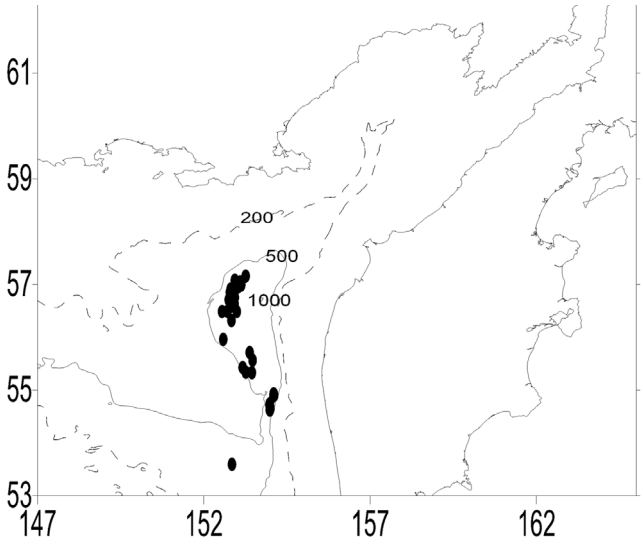


Рис. 1. Схема траловых станций выполненных на на НИС «Профессор Леванидов» в районе впадины ТИНРО и желоба Лебедя в октябре 2004 г.

ры, спинной и головной мозг. Глицерин-желатиновые препараты готовили по методике З.П. Донец и С.С. Шульмана (1973). Дальнейшую обработку препаратов проводили на микроскопе «Биолам-211» при наличии фазового контраста.

Содержимое 69 желудков, зафиксированных в 10% формалине, обрабатывали количественно-весовым и качественным объемным методами в соответствии с «Методическим пособием…» (1974) и «Руководством…» (1986). При анализе пищевого комка руководствовались шкалой степени переваренности пищи, разработанной в ТИНРО-Центре (Чучукало, Напазаков, 1999). Каждый желудок исследовался индивидуально.

Результаты и обсуждение

В батиали у северо-западной Камчатки *L. soldatovi* занимает широкий диапазон глубин, но наиболее плотные скопления приурочены к глубинам 450–700 м (Баланов и др., 2004; Бадаев, 2012).

Размеры ликода Солдатова в траловых уловах несколько различаются между районами. В северо-западной части Охотского моря в 2000-х гг. длина ликода Солдатова варьирует в пределах 14–73 см (средняя длина — 53,6 см,). Преобладали крупноразмерные особи — 52–67 см (56,7%) (рис. 2). Кривая распределения размерного состава носит четкий одновершинных характер с плато размерной группы

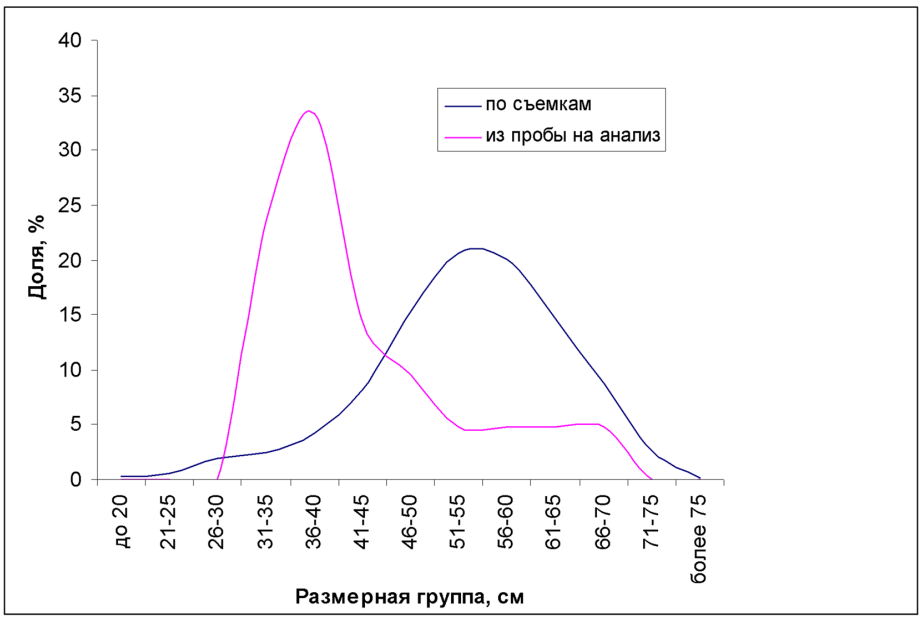


Рис. 2. Размерный состав ликода Солдатова в траловых уловах в Охотском море в 2000–2010 гг. и из пробы на паразитологический анализ

55–60 см (Бадаев. На исследуемых глубинах средняя длина ликода Солдатова составляла 56,6 см. Размеры особей взятых на паразитологический анализ колебались в пределах 25–75 см. при средней длине исследованных рыб — 57,7 см. В пробу на паразитологический анализ попали рыбы различных размерных групп, однако, модальная группа представлена особями 30–45 см.

По литературным источникам соотношение полов ликода в районе экспедиционных работ НИС «Профессор Леванидов» в 2004 г. и по Охотскому морю в целом около 1:1. (Баланов и др., 2004; Бадаев, Баланов, 2006; Бадаев, 2012). В пробе соотношение полов было 40% самцов к 60% самок. Сколько-нибудь значимых отличий в паразитофауне и степени пораженности нами выявлено не было.

В литературе сведения о паразитах ликода Солдатова отсутствуют, имеется лишь сообщение о заражение его копеподами Naobranchia sp. (сем. Naobranchiidae), и Acanthochondria sp. (сем. Chondracanthidae), где автор показывает, зависимость окраски рыбы от различных билогических показателей, в том числе зараженности этими паразитами, локализующихся на жабрах рыб (Badaev, 2012).

В результате полных вскрытий ликода Солдатова было обнаружено, что общая зараженность составила 100%, что, в общем-то, характерно практически для всех рыб. В ходе исследования обнаружено 8 видов паразитов, из которых простейшие — миксоспоридии — 3 вида, гельминтами, относящимися к 4 систематическим группам (цестодам, трематодам, скребням и нематодам) и паразитические ракообразные — 1 вид.

Присутствие личинок паразитов у рыб в основном обусловлено трофическими связями. Эвфаузииды являются промежуточными хозяевами нематод и трематод, а амфиподы — скребней. Олигохеты и полихеты служат промежуточными хозяевами миксоспоридий, которые, кроме того, могут поражать рыбу прямым циклом, т.е. без промежуточного хозяина. Дефинитивными хозяевами наиболее опасного паразита, *A. simplex l.* являются морские млекопитающие — тюлени, полосатые киты, кашалоты, дельфины, а промежуточными ракообразные (копеподы, мизиды, эвфаузииды) и рыбы. Трематоды могут передаваться как моллюсками, так копеподами и мелкими рыбами.

В таблице приведены компоненты составляющие основу питания ликода Солдатова различных размерных групп, по которой видно, что почти все группы организмов, составляющие кормовую базу исследуемого вида, являются промежуточными или окончательными хозяевами встреченных у ликода паразитов.

Гельминты локализовались в органах пищеварительной системы (желудок и кишечник, и в полости тела).

Цестодами — личинками из отряда Pseudophyllidea было заражено 2 экзямпляров крупноразмерного ликода Солдатова. При этом интенсивность составляла по 1 экземпляру. Местом локализации личинок цестод служил желудок.

Трематоды представлены одним видом — Podocotyle reflexa, который локализовался в желудке у 15 из 21 рыб размером до 45. Общая зараженность трематодами составила около 70 % при интенсивности 1–17. Единственный экземпляр скребня Echinorhynchus gadi обнаружен в кишечнике самца длиной 39,5 см.

Нематоды, как и предыдущие группы паразитов, представлены одним видом — *Anisakis simplex* l., которые обнаружены у трех крупноразмерных рыб в полости тела. Паразитические ракообразные - Acanthochondria sp. зарегистрированы у 2 экз. рыб. В своей статье Бадаев отмечает, что ликод Солдатова, пораженный жаберными паразитическими копеподами, имеет более светлую окраску (Badaev,

Таблица. Состав пищи ликода Солдатова *Lycodes soldatovi*

Состав пищи, функциональная группа		Размерные группы, см					
		31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	Всего
Echinodermata	Epifauna	-	Г	А	Б	-	Б
Amphipoda	Micronecton	Г	Б	В	В	Г	В
Decapoda (креветки, крабы)	Epifauna	-	В	В	В	А	В
Mollusca		А	А	Б	В	-	Б
Cephalopoda.	Necton	А	А	Б	В	-	Б
Bivalvia	Epifauna	Г	В	-	-	-	Г
Polychaeta	Infauna	А	В	Б	Г	А	В
Priapulida gen. sp.	Infauna	-	-	В	-	-	Г
Pisces	Necton	-	А	А	А	В	А

Примечание: — % от массы А — свыше 20, Б — 10,1–20, В — 1–10, Г — до 1

2012). Это вполне объясняется тем, что эти паразитические ракообразные прикрепляясь к жаберным лепесткам разрушают их, и вместе с ними значительную часть мелких кровеносных сосудов. Следствием этого является уменьшение содержания гемоглобина, понижение гематокрита, наблюдаются признаки анемии, что в свою очередь сказывается на интенсивности окраски рыбы. Это было отмечено для Lycodes lavalei из Северо-Западной Атлантике (Гаевская А. В., 2004) и в нашей пробе для ликода Солдатова Охотского моря. Так как жаберные паразитические копеподы не являются опасными для человека, специальная сортировка улова идущего на изготовление продукции, в зависимости от окраски рыб, не требуется.

Миксоспоридии Ceratomyxa sp. и Myxidium rarum отмечены у 4 рыб, в желчном пузыре, и у 2 экз. размером 25 и 27 см. в мочевом пузыре отмечались плазмодии миксоспоридий из рода Sinuolinea. Строение спор миксоспоридий, обнаруженные у ликода Солдатова в желчном пузыре, свидетельствует об их «многофункциональности». С.С. Шульман с соавторами (1997) утверждают, что такая форма спор адаптирована к пребыванию на глубоких горизонтах. Это выражается в форме и размерах спор и полярных капсул, наличии различного рода приспособлений, позволяющих им не просто парить в толще воды, но занимать определенные горизонты, где обитают их хозяева (Асеева, 1999, 2003). Подобные признаки строения миксоспоридий отметили А.А. Ковалева и А.В. Гаевская (1980, 1988) у глубоководных рыб Атлантики.

Паразитофауна ликода Солдатова (в основном это гельминты) представлена широко распространенными поликсенными видами. Большинство из них, имели низкие показатели инвазии. Малое количество обнаруженных паразитов связано с характером питания (интенсивность и пищевой спектр). Возможно, причиной низкой зараженности может быть отсутствие промежуточных хозяев данных паразитов в районе исследования. Многие паразиты являются общими для массовых видов, которые встречаются в траловых уловах вместе с ликодом (Лебедев и др., 1999).

Поскольку среди огромного разнообразия паразитов далеко не все являются патогенными для людей, особо важное значение придается правильной идентификация обнаруживаемых паразитов. Это служит гарантией обеспечения безопасности продукции и одновременно позволяет исключить неоправданную выбраковку отдельных партий рыбы. Опасными, среди встреченных в анализах у ликода Солдатова можно назвать только личинок Anisakidae, которые опасны как для своего хозяина, так и для человека (Соловьёва,1994; Соловьёва и др. 1999; 2000; Ермоленко, 1992;. Ермоленко и др., 2005).

Специализированный промысел ликода Солдатова не ведётся, но он встречается как прилов примерно в 9/10 донных тралений и 8/10 замётов яруса при промысле черного палтуса на материковом склоне западной Камчатки (Бадаев, 2012). По нашим данным, претензий со стороны санитарно-гигиенических служб к качеству продукции из ликода Солдатова в плане зараженности паразитами, не было.

Зараженность ликода Солдатова паразитами в частности нематодами очень низкая по сравнению с другими видами промысловых рыб, которых можно встретить в батиали Охотского моря, например, минтаем (53 вида паразитов) зараженность нематодами которого составила 96% при интенсивности (1–170 экз.) (Михайлов, 1994), треской (27 видов паразитов) зараженность которого составила 62% при интенсивности (1-8 экз.) в том числе была поражена мускулатура у 30% рыб (Швецова,1994). У черного палтуса в Охотском море зараженность личинками наиболее опасного для человека паразита анизакис достигала 70% (интенсивность заражения — 1–11 экз.) при этом они были обнаружены в мускулатуре (Малышева, 1988).

Заключение

Новые, эколого-паразитологические данные, несмотря на ограниченный объем, подтверждают представление о некоторых особенностях распределения ликода Солдатова в Охотском море. Очевидно, слабая степень зараженности ликода Солдатова связана с особенностями его образа жизни. То, что трематодами оказались зараженные неполовозрелые особи, вероятно связано с особенностями жизненного цикла ликода Солдатова и характером питания различных размерных групп исследуемого вида (интенсивность питания и пищевой спектр). Молодь ликода обитает глубже, чем крупноразмерные особи. Такая закономерность показана для многих батиальных видов рыб, в том числе и для ликода Солдатова (Шунтов, 1965; Земнухов, Баланов, 1999; Баланов и другие, 2004; Чучукало, 2006; Бадаев, 2012). Если видовой состав паразитов у рыб различных размеров несколь-

ко отличался, то интенсивность зараженности, в целом была низкой независимо от длины рыбы. Паразитофауна ликода Солдатова регистрируется впервые, и со временем данные о ней будут пополняться.

Благодарность

Выражаем искреннюю признательность В. Напазакову (ТИНРО-Центр) за помощь в обработке проб на питание.

Список литературы

Асеева Н.Л. 2000. Миксоспоридии рыб северо-западной части Японского моря // Вопр. рыболовства. Т. 1. № 2–3. С. 51–52

Асеева Н.Л. 2003. Новые виды миксоспоридий (Myxozoa: Myxosporea) от камбал Японского моря // Зоологический журнал. Т. 82, Вып. 10. С. 1168–1178.

Бадаев О.З. 2012. Распределение и промысел ликода Солдатова *Lycodes soldatovi* (Perciformes: Zoarcidae) в Охотском море // Мат. II Междунар. науч.-технич. конф. «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана», Владивосток: Дальрыбвтуз. Ч. I. С 300–304.

Бадаев О.З. Баланов А.А. 2006. «Некоторые данные по биологии ликода Солдатова *Lycodes soldatovi* (Pisces: Zoarcidae) из северо-восточной части Охотского моря» // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 146. С. 122–135

Баланов А.А., Земнухов В.В., Иванов О.А. Пространственное распределение ликода *Lycodes soldatovi* (Pisces: Zoarcidae) на материковом склоне Охотского моря. // Биол. моря, 2004. Т. 30, № 4, С. 279–288.

Быховская-Павловская И.Е. 1969. Паразитологическое исследование рыб (Методы паразитологических исследований). Л.: Наука, 1. 108 с.

Быховская-Павловская И.Е. 1985. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука. С. 1–120.

Беспрозванных В.В., Ермоленко А. 2005. Природноочаговые гельминтозы человека в приморском крае.Владивосток: Дальнаука, 120 с.

Гаевская А.В. 2004. Паразиты и болезни морских и океанических рыб в природных и искусственных условиях. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 237 с.

Донец З.С., Шульман С.С. 1973. О методах исследования Myxosporidia (Protozoa, Cnidosporidia) // Паразитология. Т. 7, вып.2. С. 191–193.

Дудник В.И., Долганов В.Н. 1992. Распределение и запасы рыб на материковом склоне Охотского моря и Курильских островов летом 1989 года // Вопр. ихтиологии. Т. 32, № 4. С. 83–98.

Ермаков Ю.К., Бадаев О.З. 2005. Исследования состава прилова при промысле донными ярусами в дальневосточном рыбопромысловом бассейне // Вопр. рыболовства. Т. 6, № 1 С. 86–97.

Ермоленко А.В. 1992. Паразиты рыб пресноводных водоёмов континентальной части бассейна Японского моря. Владивосток: ДВО РАН, 238 с.

Ермоленко А.В., Беспрозванных В.В., Шедько С.В. 1998. Фауна паразитов лососёвых рыб (Salmonidae, Salmoniformes) Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 88 с.

Земнухов В.В., Баланов А.А. 1999. Распределение бельдюговой рыбы Lycodes soldatovi в Охотском море // Биол. моря. Т.25. №2. С. 119–121.

Иванов О.А. 2000. Состояние охотоморских ресурсов второстепенно значимых и непромысловых видов рыб донных и придонных биотопов по сборам второй бассейновой экспедиции 2000 г. // Изв. ТИНРО. Т. 130. С. 1079–1096.

Ковалева А.А., Гаевская А.В. 1980. Особенности паразитофауны глубоководных рыб Атлантики на примере низкотелого берикса (Beryx splendens) // Тез. докл. IX конф. Украин. паразитол. общества. Киев. Ч. 2. С. 134–135.

Ковалева А.А., Гаевская А.В. 1988. Миксоспоридии (Protozoa; Myxosporidia) берикса (Beryx splendens) Атлантического океана // Паразитология. Т. 22. Вып. 3. С. 250–253.

Линдберг Г.У., Красюкова З.В. 1975. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Л.: Наука. Т. 4. 463 с.

Малышева З.Б. 1988. Паразитофауна черного палтуса в Тихом океане// Тез. докл. Всесоюзной конф. По болезням морских и пресноводных рыб. Севастополь. С. 71.

Методическое пособие по изучению питания рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974 254 с.

Михайлов С.В. 1994. Зараженность охотоморского минтая в ноябре- декабре 1983 г Паразиты морских и проходных рыб бассейна Тихого океана // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Ч. 1. Т. 117. С. 182–187.

Лебедев Б.И., Егорова Т.П., Буторина Т.Е., Швецова Л.С., Поздняков С.Е., Диденко Е.М., Шевченко Г.Г., Соловьева Г.Ф. 1999. Паразитические черви рыб дальневосточных морей и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 74–109.

Орлов А.М. 1998. Демерсальная ихтиофауна тихоокеанских вод северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки // Биол. моря. Т. 24, № 4. С. 146–160.

Парин Н.В. 1988. Рыбы открытого океана. М.: Наука, 272 с.

Руководство по изучению питания рыб. 1986. (Сост. В.И. Чучукало, А.Ф. Волков). Владивосток: ТИНРО, 32 с.

Соловьёва Г.Ф. 1994. Нематоды промысловых рыб северо-западной части Тихого океана //Паразиты морских и проходных рыб бассейна Тихого океана. Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Ч. 1. Т. 117. С. 65–73.

Соловьёва Г.Ф., Красных А.М. 1989. Обнаружение личинок Anisakis simplex (Ascaridata, Anisakidae) в желудке у человека // Паразиты животных и растений. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 131–133.

Соловьёва Г.Ф., Таран Н.А. 2000. Два случая обнаружения личинок Anisakis simplex (Ascaridina, Anisakidae) в желудке у человека // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 127. Ч. 2. С. 590–592.

Федоров В.В., Черешнев И.А., Назаркин М.В., Шестаков А.В., Волобуев В.В. 2003. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря. Владивосток: Дальнаука, 206 с.

Чучукало В.И. 2006. Питание и пищевые отношения нектона и нектобентоса в дальневосточных морях. Владивосток: ТИНРО-Центр, 484 с.

Чучукало В.И., Напазаков В.В. 1999. К методике определения суточных рационов питания и скорости переваривания пищи у хищных и бентосоядных рыб // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 126. С. 160–171.

Швецова Л.С. 1994. Рациональное использование тихоокеанской трески в связи с ее зараженностью// Паразиты морских и проходных рыб бассейна Тихого океана. Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т.117. Ч. 1.С. 115–131.

Шейко Б.А., Федоров В.В. 2000. Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камчат. печат. двор. Гл.1. С. 7–69.

Шульман С.С., Донец З.С., Ковалева А.А. 1997. Класс миксоспоридий (Myxosporea) мировой фауны. Т. 1. Общая часть. С.-Пб.: Наука, 567 с.

Шунтов В.П. 1965. Вертикальная зональность в распределении рыб в верхней батиали Охотского моря. // Зоологический журнал. Т. XLIV, вып. 11. С. 1678–1689.

Badaev O.Z. 2012. Variation paint Lycodes soldatovi (Pirciformes: Zoarcidae) // proceedings of the 27th international symposium on Okhotsk Sea sea ice. Mombetsu, Hokkaido. Japan P. 144–147.

Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A. and Thorsteinson L.K. Fishes of Alaska. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. P. 718.

Proceedings of the General Meetings for Scientific Business of the Zoological Society of London 2002.: i-xxxvii + 1–1037

Toyoshima M. 1985. Taxonomy of the subfamily Lycodinae (family Zoarcidae) in Japan and adjacent waters // Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ. Vol. 32, № 2. P. 131–243.

УДК 597.553.1–597–146.512

ЭМБРИОГЕНЕЗ КОРФО-КАРАГИНСКОЙ СЕЛЬДИ

Бонк А.А.[1,2], Сергеева Н.П.[1]

[1] ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
[2] ФГБОУ ВПО «КамчатГТУ», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: bonk_aa@kamchatgtu.ru

Введение

Исследования корфо-карагинской сельди ведутся с 1932 г. (Науменко, 2001; Бонк, 2004) и, в основном, направлены на определение численности и биомассы популяции. Имеется только незначительное количество трудов, посвященных исследованию раннего периода жизни корфо-карагинской сельди (Качина, 1981; Науменко, 2001; Душкина, 1988; Максименков, 1983, 1984, 1985 и др.). Еще меньше работ, посвященных изучению непосредственно эмбрионального развития сельди. Среди них исследования М.Я. Иевлевой (1952), Т.Ф. Качиной (1981), Н.И. Науменко (1988). Последние публикации, в которых рассматриваются вопросы эмбрионального развития сельди, появились в начале нынешнего века (Бонк, 2004; Bonk, 2003; Bonk, Dubinina, 2003), но они, в основном, затрагивали вопросы выживания сельди в процессе эмбриогенеза. И только в 2011 г. удалось выполнить эксперимент по инкубации икры корфо-карагинской сельди в искусственных условиях (Сергеева, Бонк, 2012). Данная публикация является попыткой объединения имеющуюся информацию об эмбриогенезе корфо-карагинской сельди полученную в последнее время, и сравнить её с результатами инкубации икры в искусственных условиях.

Материал и методика

Исходными данными послужили наблюдения за эмбриональным развитием корфо-карагинской сельди на нерестилищах выполненные сотрудниками института в период с 1976 по 2004 гг., а так же результаты работ по инкубации икры сельди, проведенные в 2011 г.

Икра сельди собиралась на нерестилищах во время отлива. На обыкреный субстрат накладывалась металлическая рамка площадью 0,25 м^2. Весь обыкренный субстрат внутри периметра рамки извлекался и помещался в полиэтиленовый пакет. Если не предполагалось работ с живой икрой, то вся проба фиксировалась 4% раствором формалина для последующей камеральной обработки. Наблюдения за живой икрой в полевых условиях производились под бинокуляром МБС-10. В ходе эксперимента по инкубации — под бинокулярным микроскопом Olympus CH-2 (объектив 4x) и бинокуляром Olympus SZH10 с регулируемым увеличением (объектив GWH10X-D).

Экспериментальные работы проводились с оплодотворенной икрой сельди, отложенной на камни. Субстрат с икрой был собран в б. Гека (зал. Корфа, западная часть Берингова моря) помещен в термоконтейнер с водой и в тот же день доставлена в лабораторию КамчатНИРО самолетом. Икра на камнях инкубировалась в трех аквариумах емкостью 3 л, помещенных в камеру бытового холодильника. Воду для ежедневной смены брали в прибрежье Авачинской губы (соленость воды — 17,4‰). Температуру воды измеряли дважды в сутки: до и после ее смены. Одновременно инкубаторы были подключены к системе принудительной аэрации, работающей круглосуточно. За 3 дня до выклева кладки икры были отделены от камня, и дальнейшее развитие проходило во взвешенном состоянии.

Фотографирование этапности развития и измерения эмбрионов производили с помощью цифровой камеры (DCM35 (350K pixels, USB2.0) с программным обеспечением ScopePhoto). Для фотографирования икринка помещалась на предметное стекло и аккуратно освобождалась от студенистой оболочки. Для фотографирования личинок их помещали в чашку Петри куда предварительно добавляли 2–3 капли раствора новокаина. В течение 1–2 минут предличинки были обездвижены, что позволяло сделать необходимые измерения. После помещения их в чистую воду они становились активными и впоследствии заметной гибели не наблюдалось. Все измерения выполнялись на живом материале.

Цену деления шкалы на экране монитора определили с помощью окуляр-микрометра. Изображения обрабатывали с помощью программы «PhotoShop». Развитие икры сельди описывалось в соответствии со шкалой этапов эмбрионального развития, приведенной в работе С.Г. Крыжановского (1956).

Поскольку в ходе эксперимента удалось контролировать только один параметр среды — температуру воды, поэтому в работе эмбриональное развитие корфо-карагинской сельди будет рассматриваться под влиянием этого фактора.

Результаты и оюсуждение

Для всех стад тихоокеанской сельди характер морфогенеза одинаков, имеются различия только в скорости развития, которые обусловлены термическим режимом на нерестилищах (Качина, 1981). О том, что температура воды является одним из основных факторов, который определяет продолжительность эмбрионального развития корфо-карагинской сельди, отмечает и Н.И. Науменко (2001).

Нерестовый ареал корфо-карагинской сельди весьма обширен и охватывает мелководные зоны заливов Карагинский и Корфа (Качина, 1981; Науменко, 2001). Современная область размножения корфо-карагинской сельди начала складываться со второй половине 70-х годов XX века. В последние годы она охватывает заливы Уала, Анапка и Корфа, бухту Тымлат и эпизодически — губу Ложных вестей (о. Карагинский). В 2010 г. впервые за 50 лет отмечен нерест в б. Оссора.

Условия нереста и развития икры сельди в этих заливах определяются местоположением и типом нерестилища. В пределах нерестового ареала выделяются три типа нерестилищ корфо-карагинской сельди – лагунные, береговые закрытые и береговые открытые (Прохоров, 1967; Качина, 1981; Науменко, 2001). Однако даже на однотипных нерестилищах, в пределах одного района, наблюдаются различия условий среды (Бонк, 2004, 2008; Bonk, Dubinina, 2003; Клочкова, Бонк, 2003; Клочкова и др., 2004), и при этом нерестилища значительно отличаются по температурному режиму.

Для нормального развития икры корфо-карагинской сельди оптимальные границы температуры воды на нерестилищах лежат в пределах 3,0–8,0 °С, в этом случае эмбриональное развитие длится 20–30 суток. При повышенных значениях температуры воды инкубационный период сокращается (Качина, 1981; Науменко, 2001; Naumenko, Bonk, 2000).

Из трех заливов: Уала, Анапка и Корфа, где в настоящее время отмечается основной нерест сельди, наиболее ускоренный темп эмбрионального развития характерен для заливов Уала и Анапка. В основном это достигается за счет развития икры на нерестилищах лагунного типа. Продолжительность инкубации, на таких нерестилищах, в среднем, составляет 18–19 суток — для заливов Анапка и Уала, и около 22 суток —– для залива Корфа (табл. 1).

Различные сроки эмбриогенеза под влиянием температуры воды могут наблюдаться и на однотипных нерестилищах, расположенных, как в одном заливе, так и в разных заливах (Бонк, 2004; Bonk, Dubinina, 2003). Наблюдения за эмбриогенезом сельди, проведенные в 1976 г. в гавани Сибирь (залив Корфа) показали, что развитие эмбрионов продолжалось 26 суток (табл. 2) при температуре воды, которая изменялась от 5 до 11,4 °С. Аналогичные наблюдения за развитием икры, проведенные на нерестилище у м. Валахыл (залив Анапка) в 2001 г., показали более ускоренный темп развития (табл. 3), поскольку в этом районе в период инкубации были более высокие значения температуры воды.

В 2002 г. сравнили темп развития икры сельди на двух нерестилищах лагунного типа в заливе Анапка. Одно было расположено у м. Валахыл, другое — в кутовой части залива (коса Альховаям). Икрометание здесь происходило практически одновременно (в течение двух суток). Однако в пробах, со-

Таблица 1. Продолжительность периода эмбрионального развития икры корфо-карагинской сельди на нерестилищах различных типов

Район, тип нерестилищ	Средняя температураводы, °С	Продолжительность инкубационного периода, сутки
Залив Анапка, лагунное	5,8	18,7
Залив Анапка, береговое закрытое	3,6	27,7
Залив Уала, лагунное	5,6	19,3
Залив Уала, береговое закрытое	3,2	30,6
Залив Корфа, лагунное	4,74	22,1
Залив Корфа, береговое открытое	3,3	29,9

бранных спустя девять дней после массового нереста (26–27 мая), отмечалась икра на различных этапах развития. В первом районе, из-за повышенных значений температуры воды (до 21,0 °С), особенно в период отлива, более 81% эмбрионов находились на завершающих этапах развития (VII и VIII стадии). У них заканчивалось отделение головы от желточного мешка, в глазах появился гуанин и желтый пигмент. У части эмбрионов практически полностью выпрямилась голова. Продолжительность эмбриогенеза на нерестилищах в районе м. Валахыл составляла 10–16 суток. В то же время эмбрионы на севере залива развивались у кромки льда, что совместно с материковым стоком, формирует пониженный температурный фон (5,0–8,0 °С). В этом районе 96% зародышей находились на стадии сегментации и отделения заднего конца туловища от желточного мешка (VI стадия). Отставание в развитии по сравнению с икрой, у м. Валахыл, достигало 9 суток.

Исследования прошлых лет позволили определить продолжительность эмбриогенеза, длительность отдельных стадий, но наиболее подробные наблюдения удалось выполнить только в 2011 г. в ходе экспериментальных работ по инкубации икры сельди в искусственных условиях.

Доставленные в лабораторию икринки находились на разных стадиях развития: от мелкоклеточной морулы, гаструлы — до 2/3 обрастания желтка.

Температура воды в период эмбрионального развития изменялась от 2,2 до 7,5 °С при среднем значении, равном 5,0 °С.

Таблица 2. Темп развития икры корфо-карагинской сельди в гавани Сибирь (неопубликованные данные Т.К. Уколовой, 1976 г.)

Дата	№ этапа	Этапы развития	Возраст	Температура воды, °С
22 мая	II	Дробление. Крупноклеточная морула	2 часа	5,0
23 мая	II	64–128 бластомеров Мелкоклеточная морула	1 сутки	
24 мая	II	Мелкоклеточная морула. Бластула. Середина гаструляции	1 сутки	6,0
	III		10 часов,	
	IV		2 суток	
			1–2 суток	5,9
			3 суток	
25 мая	IV	Начало и середина гаструляции	2–3 суток	3,8
26 мая	V	Закладка несегментированного зародыша. Начало сегментации.	4 суток	6,2
			5 суток	
27 мая	V	Сегментация зародыша.Появление купферовапузырька	5–6 суток	4,5
28 мая	V	Дальнейшая сегментация зародыша. Появление хрусталика	6 суток	Нет данных
				4,3
29 мая	VI	Дальнейшая сегментация туловища. Пульсация сердца	7–8 суток	3,8
30 мая	VI	Окончание сегментации туловища	8 суток	Нет данных
31 мая	VI	Отчленение заднего отдела туловища от желточного мешка	9 суток	Нет данных
				Нет данных
1 июня	VI	Окончание отчленения заднего отдела туловища	10 суток	5,5
				6,2
2 июня	VI	Появление зачатков плавников, печени	11 суток	3,6
				4,4
4 июня	VI	Вращение эмбриона	13 суток	6,9
5 июня	VII	Начало обособления головы от желточного мешка. Вращение эмбриона	14 суток	6,4
6 июня	VII	Пигментация глаз	15 суток	6,4
7 июня	VII	Отчленение головы до середины глаз	16 суток	7,2
8 июня	VII	Активное вращение эмбриона. Отделение головы до заднего уровня глаз	17 суток	8,2
10 июня	VII	Начало пигментации туловища эмбриона.	19 суток	8,7
11 июня	VII	Активное вращение эмбриона.	20 суток	8,9
12 июня	VII	Активное вращение эмбриона	21 сутки	11,4
13 июня	VII	Активное вращение эмбриона	22 сутки	11,4
14 июня	VII	Активное вращение эмбриона	23 сутки	
15 июня	VII	Активное вращение эмбриона	24 сутки	
16 июня	VIII	Начало выклева	25 суток	
17 июня	VIII	Массовый выклев	26 суток	

Таблица 3. Темп развития икры корфо-карагинской сельди у мыса Валахыл, залив Анапка 2001 г.

Дата	№ этапа	Этапы развития	Возраст	Температура воды, °С
17 мая	II	Крупноклеточная морула	1 сутки	–
18 мая	III	Бластула	2 суток	6,4
19 мая	Ш	Начало и середина гаструляции	3 суток	–
22 мая	IV	Закладка несегментированного зародыша	6 суток	13,9
23 мая	V	Сегментация зародыша.Появление купферовапузырька	7 суток	9,8
24 мая	VI	Дальнейшая сегментация зародыша.Появление хрусталика	8 суток	15,0
30 мая	VI	Хвостовой отдел туловища отчленился от жел. мешка	14 суток	5,0
31 мая	VII	Обособления головы от жел. мешка. Вращение эмбриона	15 суток	4,6
2 июня	VII	Голова отделилась от жел. мешка	17 сутки	3,4

На третьи сутки развития все икринки достигли стадии гаструляции: от эпиболии 2/3 желтка до полного обрастания и образования желточной пробки (этап IV) (рис. 1). Перивителлиновое пространство достаточно большое, составляет 34,7% диаметра икринки или 28% ее объема, и это позволяет эмбриону занимать оптимальное положение относительно центра тяжести, если поворачивать икринку. К концу гаструляции высота мезодермального колпачка равна 163,8 мкм и составляет примерно 1/6 часть диаметра желтка.

Зачатки глаз, диаметром 310,3 мкм, у эмбрионов стали заметны на 4-е сутки развития. У некоторых эмбрионов начиналась сегментация туловища. Развитие зародыша соответствовало V этапу (Крыжановский, 1956), и он занимал 80–85% окружности желтка (см. рис. 2). Головная часть эмбриона заметно увеличилась, её высота составляла, в среднем, 290,4 мкм, а ширина — 310,3 мкм. Рост зародыша и увеличение размеров головы продолжалось в последующие 2 суток (рис. 3). В этот период количество сегментов увеличилось до 8–16.

На 7-е сутки появились слуховые капсулы, их средний размер равен 132,3 мкм. В это время у эмбрионов виден купферов пузырек. Размеры пузырька у разных зародышей варьируют от 55,8 до 115,8, составляя в среднем 83,3 мкм. К концу V этапа эмбрион охватывает около 90% окружности желтка, увеличиваются длина и ширина головы, в глазных капсулах закладывается хрусталик и формируется концевая почка.

Продолжительность VI этапа в нашем эксперименте составила 8 суток. Сразу после исчезновения купферова пузырька началось отчленение заднего отдела туловища от желточного мешка. Сначала тело эмбриона ровно опоясывает желток (рис. 2). Впоследствии эмбрион растет в длину, полностью охватывает желток, увеличивается число сегментов, отмечается слабое сердцебиение. С этого момента хвостовой отдел может отклоняться от оси тела и эмбрион способен сокращаться и даже переворачиваться при повороте икринки. Начинается образование плавниковой каймы, которая сначала очень узкая и заметна только вокруг хвостового отдела. В слуховых капсулах видны отолиты. Появляются железы вылупления, расположенные на носу, от верхней части головы до слуховых капсул. К концу этапа высота и ширина головы увеличиваются до 364,8 и 512,5 мкм, соответственно (рис. 2), а передняя часть головы слегка приподнимается над желтком. В слуховой капсуле диаметром 139,6 мкм заметна слуховая полость длиной 88,5 мкм. Расстояние между глазом и слуховой капсулой составляет 228,9 мкм.

Наступление VII этапа характеризуется выпрямлением головы и ее отчленением от желточного мешка. Развитие эмбрионов от начала этого этапа и до выклева длилось 8 суток. Эмбрионы 1,4 раза опоясывали желточный мешок. Движения их отличались от тех, что наблюдали на предыдущем этапе. Отмечалось «дрожание» зародышей. В глазах появился черный пигмент. Уже через 2 суток эмбрионы 1,5 раза охватывали желток, у них хорошо развиты дорсальная и вентральная плавниковые складки, в глазах заметен гуанин. На протяжении этапа заметно увеличились размеры головы, уменьшилось расстояние от глаза до слуховой капсулы (см. рис. 2). Железы вылупления стали крупнее и располагались по всей поверхности головы.

Во время инкубации постепенно уменьшалась прочность сцепления икринок. К концу инкубации икринки легко отделялись друг от друга, студенистая оболочка разрушалась. Кладки отделялись от камня даже при легком прикосновении.

Выклев отдельных предличинок произошел на 19 сутки, массовый выклев был длительным и проходил на 22–24 сутки. Длинное и тонкое тело предличинок позволяет им двигаться достаточно быстро. В первые часы после выклева предличинки перемещаются на дне аквариума, но поднимаются вверх, если их потревожить. Падают вниз головой, но способны плавать в толще, при этом желточный мешок

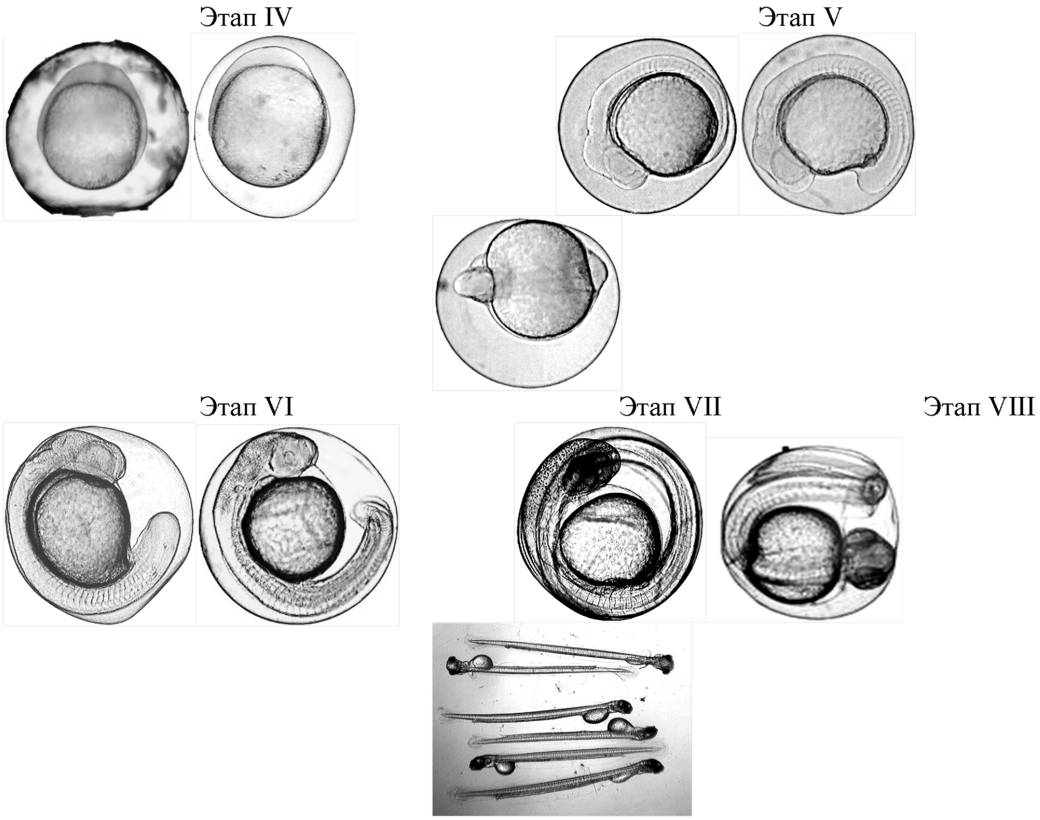


Рис. 1. Эмбриональное развитие корфо-карагинской сельди на IV –VII этапах и выклев личинок

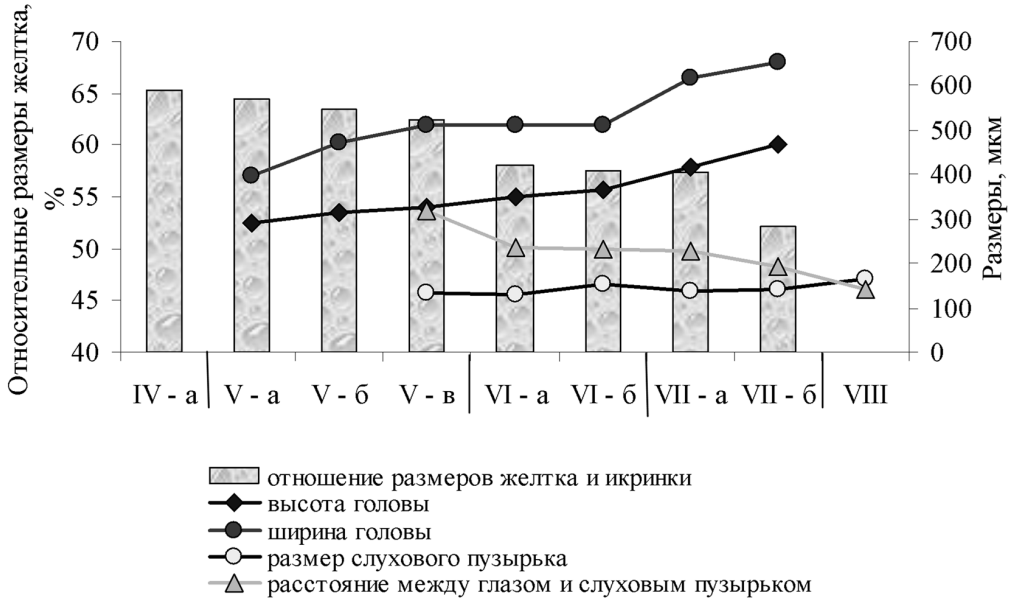


Рис. 2. Изменение некоторых показателей зародышей корфо-карагинской сельди в течение эмбриогенеза

находится под телом, могут «уходить» от пипетки. Вращательных движений не совершают. В естественных условиях (зал. Корфа) выклюнувшиеся предличинки сельди имеют длину от 5 до 10 мм, при среднем значении – 7,8 мм (Науменко, 2001). Длина выклюнувшихся в нашем эксперименте предличинок изменялась от 7,11 до 10,17 мм, в среднем — 8,79 мм. Средняя длина желточного мешка составляет 1064, а высота 498 мкм. Длина головы достигает 1101 мкм. У личинок значительно увеличиваются размеры слуховой капсулы. Если перед выклевом диаметр капсулы равнялся 165 мкм, то у суточных предличинок он увеличился почти вдвое и составлял 320 мкм. Расстояние между глазом и слуховой капсулой еще более уменьшилось и равно 106 мкм. Высота тела (над окончанием желточного мешка) состави-

ла 348 мкм, а высота хорды — 176 мкм. На вторые сутки после выклева предличинки активно плавают. При помещении на свет начинают дружно подниматься к поверхности, затем сосредотачиваются у освещенной стороны аквариума, но уже через 4–5 минут мигрируют ко дну и обитают там. В этом возрасте у личинок хорошо заметен латеральный ряд пигментных клеток.

Заключение

Наблюдения за эмбриогенезом корфо-карагинской сельди показали, что наиболее интенсивный эмбриогенез наблюдается на нерестилищах лагунного типа. При этом отмечаются различия в темпе развития на однотипных нерестилищах расположенных как в одном, так и в различных заливах.

Результаты эксперимента по инкубации икры в искусственных условиях позволили получить информацию о продолжительности отдельных этапов и изменении морфометрических характеристик при развитии эмбрионов сельди.

Литература

Бонк А.А. 2004. Влияние некоторых биотических и абиотических факторов на выживание корфо-карагинской сельди в период раннего онтогенеза // Автореф. дис. … канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО, 24 с.

Бонк А.А. 2008. Особенности воспроизводства корфо-карагинской сельди в современный период // Современное состояние водных биоресурсов: матер. науч. конф., посвященной 70-летию С.М. Коновалова. Владивосток: ТИНРО-центр. С. 33–37.

Душкина Л.А. 1988. Биология морских сельдей в раннем онтогенезе. М.: Наука, 192 с.

Иевлева М.Я. 1952. Морфология личинок камчатской сельди разных стадий развития // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 37. С. 249–252.

Качина Т.Ф. 1981. Сельдь западной части Берингова моря. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 121 с.

Клочкова Н.Г., Бонк А.А. 2003. Современный видовой состав альгофлоры в разных районах воспроизводства корфо-карагинской сельди. Материалы IV науч. конф. Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Петропавловск-Камчатский. С. 201–203.

Клочкова Н.Г., Бонк А.А. Клочкова Т.А. 2004. Макрофитобентос районов воспроизводства корфо-карагинской сельди значение отдельных видов растений в её размножении // Сб. докл. IV науч. конф. 17–18 ноября 2003 г. Петровловск-Камчатский. С. 57–70.

Крыжановский С.Г. 1956. Материалы по развитию сельдевых рыб // Тр. ИМЖ. Вып. 17, 254 с.

Максименков В.В. Выживаемость личинок и урожайность поколений корфо-карагинской сельди (попытка построения модели). Тез. докл. Регион. конф. молодых ученых и специалистов Дальнего Востока. 1983. Петропавловск-Камчатский. С. 48–49.

Максименков В.В. 1984. Оценка пополнения корфо-карагинской сельди по количеству ее личинок при различных уровнях обеспеченности пищей. Тез. докл. IV Всес. Совещ.: Вид и его продуктивность в ареале. Свердловск. УНЦ АН СССР. С. 34–35.

Максименков В.В. 1985. Питание и пищевые взаимоотношения личинок и мальков корфо-карагинской сельди. Автореф. дис…канд. биол. наук. Владивосток. ДВНЦ АН СССР, 20 с.

Науменко Н.И. 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока // Петропавловск-Камчатский.: Камчат. печат. двор, 330 с.

Сергеева Н.П., Бонк А.А. 2012. Материалы по раннему онтогенезу корфо-карагинской сельди // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Матер. III Всерос. науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 13–17.

Bonk A. A. 2003. Consumption of Herring egg of predators in the western Bering Sea. North Pacific Marine Science Organization (PICES). 12 th Annual meeting. Seoul, Republic of Korea. FIS-9009. P. 129

Bonk A. A., Dubinina A. Yu. 2003. Spawning Grounds Location Influence Upon the Duration of Embryonic Development of Herring Egg of the Western Bering Sea. North Pacific Marine Science Organization (PICES). 12 th Annual meeting. Seoul, Republic of Korea. FIS-9010. P. 129

Naumenko N.I., Bonk A.A. 2000. Conditions of reproduction of Western Bering Sea herring. Herring. An international symposium on expectation for a new millennium. Anchorage, Alaska. P. 65.

УДК 594.117

К ОСОБЕННОСТЯМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОРСКОГО ГРЕБЕШКА У ОСТРОВА ОНЕКОТАН (СЕВЕРО-КУРИЛЬСКАЯ ЗОНА)

Ботнев Д.А.

ФГУП «ВНИРО», г. Москва
Контактный e-mail: botnev@vniro.ru

Введение

Морские гребешки рода *Chlamys* широко распространены в дальневосточных морях. В настоящее время самое крупное промысловое скопление морских гребешков находится у северных Курильских островов, где промысел ведется с 1972 года. В последние годы происходили изменения величины запаса морского гребешка Северо-Курильской зоны, ежегодный вылов составлял 1,5–3 тыс. тонн, отмечена тенденция к росту запаса.

Целью данной работы явилось сопоставление данных по распределению разных размерных групп морского гребешка на промысловом скоплении у о. Онекотан, в частности, зависимости численности молодых особей от плотности поселения крупноразмерных гребешков на исследуемом участке. Это позволяет лучше понять причины образования скоплений и качества их пополнения с целью уточнения рекомендаций по рациональному промыслу гребешка.

Материал и методика

В основу настоящей работы положены результаты исследований, выполненных дражным методом в июне-августе 2011 г. с охотоморской стороны о. Онекотан на глубинах от 72 до 115 метров.

Всего выполнено 72 драгировочные станции, промерено более 7 тыс. особей морского гребешка. Исследования проводились в промысловом режиме на судне СРТМ-к «Бриз» (ОАО «Северокурильская база сейнерного флота») гребешковой драгой с шириной входного отверстия 250 см. Скорость драгировок на станциях составила 3,8–4,2 узла. Минимальный размер ячеи кутца (мешка) 50 мм. Продолжительность драгировок равнялась 6 минутам. На каждой станции определяли массу улова, брали пробу на массовый промер и биологический анализ. У собранных гребешков измеряли длину, ширину и высоту раковины с точностью до 1 мм.

Построения карт распределения морского гребешка на исследуемом участке выполнено с применением программы ГИС «КартМастер» с созданием расчетной области по глубине карты. Ввод данных произведен как траловая съемка. Расчет карт распределения выполнен по методу двухмерного сплайна и типом распределения улова по количеству особей в штуках на кв. км, коэффициент влияния глубины и коэффициент сглаживания не вводился. Оконтуривание участка проведено по крайним станциям с созданием расчетной области по глубине карты с фиксированной размерностью сетки (500?500 колонок).

Результаты и обсуждение

В исследуемом районе летом 2011 г. гребешок присутствовал практически на всей акватории. Уловы морского гребешка в течение всего времени промысла находились примерно на одном уровне и составляли в среднем 1150 кг за драгировку.

В уловах на исследуемом участке доминировал светлый гребешок *Chlamys albida* (95–100 % численности всех гребешков в уловах).Размерный состав морских гребешков в 2011 г. показан на рисунке 1. Длина раковины в улове варьировала от 4 до 129 мм, средняя длина составила 82,5 мм. Заметно численное преобладание крупноразмерных особей гребешка. Особи с длиной раковины 80–99 мм составляют, в среднем, 53% численности от общего вылова. Встречаемость в улове гребешков размером от 100 мм и более составила всего 1%.

Для выяснения закономерностей распределения исследованные особи были разделены на пять размерных групп по длине раковины: менее 40 мм, 40–59 мм, 60–79 мм, 80–99 мм, более 100 мм. Наличие большого числа станций (72 станции) на исследуемом участке дает возможность изобразить пространственное распределение размерных групп графически. На рисунке 2 представлены карты распределе-

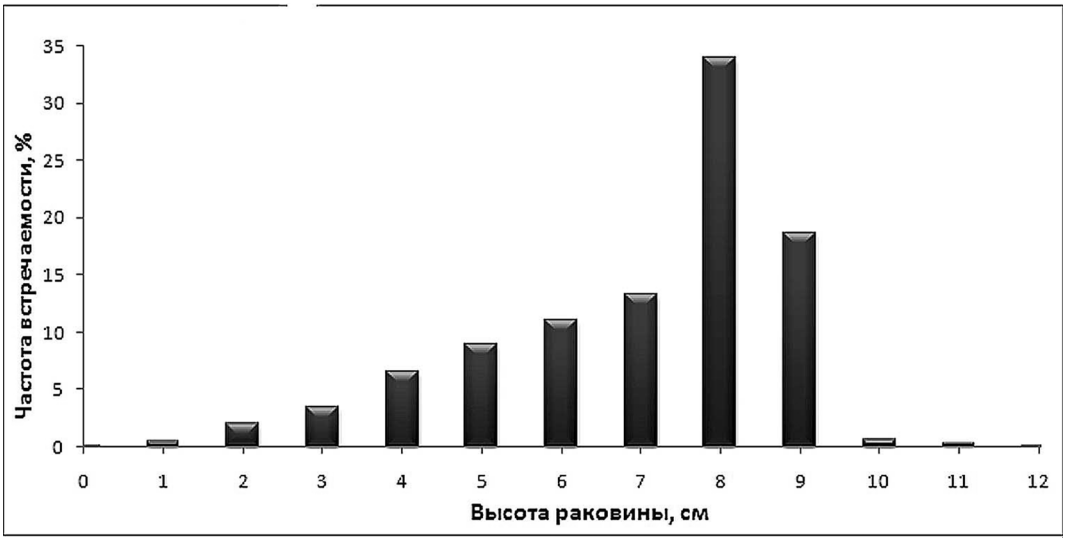


Рис. 1. Размерный состав уловов морских гребешков с охотоморской стороны о. Онекотан летом 2011 г.

ния указанных размерных групп на исследуемом участке. Построения карт выполнено в программе ГИС «КартМастер».

Наиболее предпочтительным для гребешков рода *Chlamys* являются гравийно-песчаные грунты, на которых на шельфе о. Онекотан формируются скопления морского гребешка. Привязать распределение размерных групп морских гребешков к характеру грунта не удалось из-за отсутствия различий в грунтах на всем исследуемом участке. На всех станциях грунты были сходными, песчано-галечными.

Пространственное распределение пяти указанных размерных групп удалось оценить на части северо-западного скопления о. Онекотан.

Численность первой, самой мелкой, размерной группы в уловах невелика. Имеется всего одно крупное, с высокой плотностью на востоке исследуемого участка, и несколько незначительных скоплений на западе (Рис. 2a). Площадь распределения этой размерной группы незначительна. Положение участков повышенных концентраций на карте полностью совпадает с участками низкой плотности самой массовой размерной группы гребешков 80–99 мм (Рис. 2d). Данный факт может свидетельствовать о том, что плотные концентрации крупных гребешков препятствуют оседанию спата. Возможно, из-за отсутствия свободного от крупных особей участков грунта оседание спата в данном месте вообще не происходит, что и подтверждает рисунок 2a.

При оценке численности самой мелкой размерной группы не следует забывать о селективности использовавшегося орудия лова. Возможно, большая часть особей данной размерной группы просеивалась через ячею кутка и могла быть вымыта потоком воды при подъеме драги. Поэтому, вероятно, общие оценки численности данной группы сильно занижены.

Пространственное распределение второй размерной группы (40–59 мм) характеризуется значительной мозаичностью (Рис. 2b). Увеличение плотности частично совпадает с понижением плотности 4 размерной группы, и, частично, с повышением плотности самой крупной размерной группы в 100 мм и более.

Особи 3 размерной группы, уже имеющей промысловый размер (60–79 мм), представлены в значительном количестве повсеместно. Участки их пониженной концентрации совпадают, в основном, с участками повышенных концентраций младших размерных групп, и с участками повышенных концентраций более крупных гребешков (Рис. 2c).

Крупные гребешки 80–99 мм (Рис. 2d) наиболее многочисленны в уловах и на большей части исследованного района их концентрации достаточно высоки, за исключением нескольких небольших участков, один из которых полностью совпадает с участком высокой концентрации младшей размерной группы (Рис. 2a).

Пятая, самая крупная размерная группа (Рис. 2e) в уловах малочисленна. Их численность невелика из-за нескольких причин, таких как воздействие дражного промысла, предельные размеры и возраст, а также естественная смертность. В силу малочисленности, возможное воздействие таких крупных особей на оседание молоди гребешка незначительно. В целом, распределение морских гребешков подчиняется следующей закономерности: обитая на обширной территории, они формируют локальные скоп-

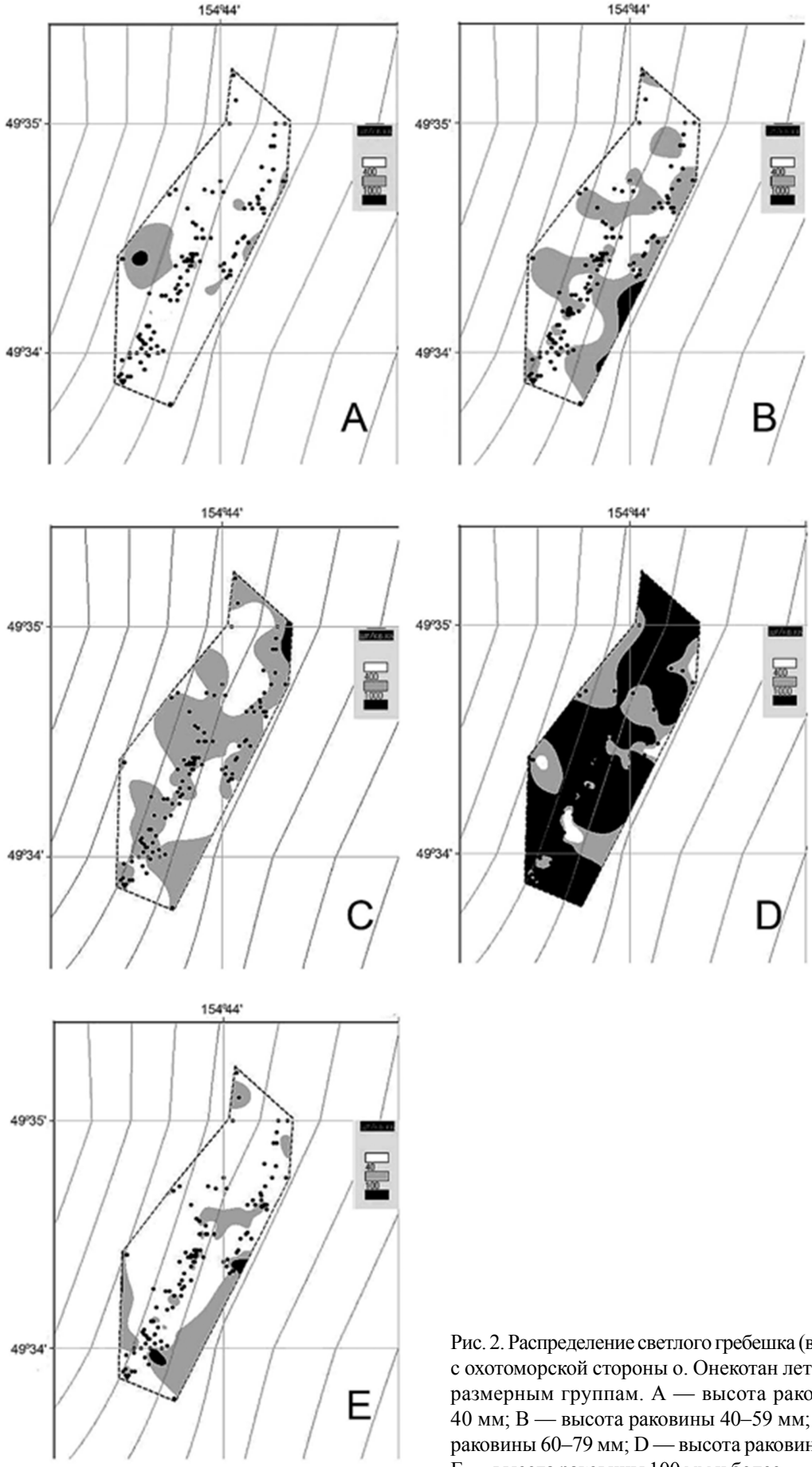


Рис. 2. Распределение светлого гребешка (в тыс. экз/км^2) с охотоморской стороны о. Онекотан летом 2011 г. по размерным группам. A — высота раковины менее 40 мм; B — высота раковины 40–59 мм; C — высота раковины 60–79 мм; D — высота раковины 80–99 мм; E — высота раковины 100 мм и более

ления, в то время как на большей части этой территории их плотность крайне низкая (Бажин, Буяновский, 2005; Гуревич и др., 1988). Крупные скопления морского гребешка у о. Онекотан имеют мозаичную структуру, состоящую из разновозрастных скоплений гребешка. Молодью заселяются, преимущественно, участки, почти свободные от крупного гребешка. Плотные скопления крупноразмерных особей препятствуют оседанию новых поколений гребешка, и не дают возможности спату и молоди гребешка активно развиваться.

Заключение

Полученные результаты показали зависимость плотности распределения мелкоразмерных особей морского гребешка от плотности распределения крупноразмерных особей. В местах с высокой плотностью морских гребешков с высотой раковины 80–99 мм наблюдается наименьшая плотность гребешков размером до 39 мм, и, наоборот, в местах с провалом плотности крупноразмерных гребешков возникают концентрации гребешков мелкоразмерных. Таким образом, в пространственно-временном аспекте динамика структуры поселений морского гребешка с охотоморской стороны о. Онекотан соответствует сегрегированному типу в понимании А.И.Буяновского (2004). Вероятно, в условиях интенсивного промысла, массовое заселение отдельных участков дна молодью морского гребешка происходит после проведения здесь активного промысла. В целом, основной группой морских гребешков у о. Онекотан, находящихся в улове в 2011 году, были половозрелые особи с длиной раковины 80-99 мм, что говорит об устойчивом состоянии популяции светлого гребешка в целом.

Список литературы

Бажин А.Г., Буяновский А.И. 2005. К пространственной структуре поселений беринговоморского гребешка в западной части Берингова моря // Тр. ВНИРО. Т. 144. 110–116.

Буяновский А.И. 2004. Пространственно-временная изменчивость размерного состава в популяциях двухстворчатых моллюсков, морских ежей и десятиногих ракообразных. М.: ВНИРО, 308 с.

Гуревич В.И., Денисенко С.Г., Казаков Н.И. 1988. Промысловые скопления исландского гребешка в Святоносской провинции Баренцева и Белого морей // Морские промысловые беспозвоночные. М.: ВНИРО. С. 131–153.

УДК 597.553.2

ПИТАНИЕ МОЛОДИ НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA* (WALBAUM) В ВОДОЕМАХ МЕЙНЫПИЛЬГЫНСКОЙ ОЗЕРНО-РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ (ЧУКОТКА)

Голубь Е. В. , Голубь А. П.

ФГУП «ЧфТИНРО-Центр», г. Анадырь

Контактный e-mail: elena_golub@mail.ru

Введение

Одной из наименее изученных сторон жизни чукотской нерки до сих пор остается период развития молоди до ската в море. Отдельные сведения о питании молоди лососей из водоемов Чукотки приведены в монографиях И.А. Черешнева с соавторами (2001, 2002). В настоящей работе представлены результаты исследований особенностей питания нерки в пресноводный период жизни в водоемах Мейныпильгынской озерно-речной системы.

Бассейн Мейныпильгынской озерно-речной системы расположен на Корякском побережье, в предгорьях и горных районах крайнего северо-востока Корякского нагорья. Бассейн состоит из двух озер и впадающих в них рек и ручьев. Между собой озера Ваамочка и Пекульнейское соединены вытекающими из них реками Пыльга и Майна (Первая Речка), а через общее устье при слиянии рек, обычно замываемое зимой, — с Беринговым морем.

Озеро Пекульнейское — фиордового типа. Площадь озера 419 км^2, глубины достигают 30 метров. Наиболее мелководна южная часть озера, глубины здесь не превышают 10 метров. Проливом шириной около 120 метров Пекульнейское озеро сообщается с оз. Янрыкуйым (Янрыкоим) площадью 8,9 км^2. Из оз. Янракуйым вытекает р. Майна длиной 16 км, впадающая в Берингово море.

Озеро Ваамочка относится к лиманному типу озер и состоит из трех плесов: Верхней, Средней и Нижней Ваамочки. Четвертый плес — озеро Шлем, название которого принято по надписи на карте. С учетом его площади общая площадь озера Ваамочка 97,6 км^2. Глубины не превышают 2–3 метров, прозрачность воды низкая (в среднем около 1 м). Через реку Пыльга длиной 18 км, вытекающую из Нижней Ваамочки, озеро сообщается с Беринговым морем.

Вторая и Третья Речки — старицы р. Майна, тип этих водотоков принят по надписи на карте. Представляют собой длинные узкие заливы оз. Нижняя Ваамочка с чрезвычайно сложным гидрологическим режимом. Во время половодья и паводков, при подпоре во время сильных приливов в них перераспределяется сток из озера, а при падении уровня направление течения обратное.

Зоопланктон Пекульнейского озера и реки Майна исследовали с 19 августа по 21 сентября 2004 г. Его качественный состав очень беден. В пробах обнаружены рачки *Limnocalanus macrurus, Acartia* sp.*, Cyclops* sp.*, Chydorus shaericus* и коловратка *Keratella quadrata quadrata*, в р. Майна была также найдена гарпактикоида *Ectinosoma* sp. Доминирующим видом в разных частях водоема был рачок *L. macrurus* — от 93 экз./м^3 в центральной части озера до 570 экз./м^3 в восточной. Численность других видов не превышала 30 экз./м^3. По бедности видового состава зоопланктона оз. Пекульнейское схоже с солоноватоводным оз. Лагуна Анана (Бонк, Голубь, 2006).

Данные о зоопланктоне оз. Ваамочка ограничены сведениями, приведенными в отчете экспедиции Охотскрыбвода за 1970 г. В пробах, взятых с 6 по 16 сентября 1970 г., обнаружены ветвистоусые (*Cladocera*) и веслоногие (*Copepoda*) ракообразные, а также коловратки (*Rotatoria*). Количественно преобладали копеподы — 9200 экз./м^3, численность ветвистоусых раков составила 2100 экз./м^3, коловраток — 1600 экз./м^3.

По данным из того же отчета бентос Пекульнейского озера тоже беден и в период с 29.07. по 24. 09. 1970 г. включал полихет, бокоплавов и моллюсков. Суммарная биомасса на разных участках варьировала от 0,08 до 10 г/м^2. Бентос оз. Ваамочка включал 8 компонентов (олигохеты, бокоплавы, хирономиды, ручейники, личинки слепня, веснянки, жуки, моллюски), суммарная биомасса варьировала от 0,59 до 12,5 г/м^2.

Материал и методика

Молодь отлавливали мальковым неводом в июне – октябре 2004–2009 и 2011 гг. во Второй Речке – заливе оз. Нижняя Ваамочка, в Пекульнейском озере, реке Майна (Первая Речка) (рис. 1). Сборы фиксировали 4% раствором формальдегида, полный биологический анализ (ПБА) и исследование содержимого желудочно-кишечных трактов (ЖКТ) проводили в камеральных условиях. Длину по Смитту и до конца чешуйного покрова измеряли штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Взвешивали рыб и содержимое ЖКТ на лабораторных весах с набором разновесов и электронных весах HL-100 фирмы A&D с точностью до 0,01 г. Общие индексы наполнения желудков (ИНЖ) определены индивидуаль-

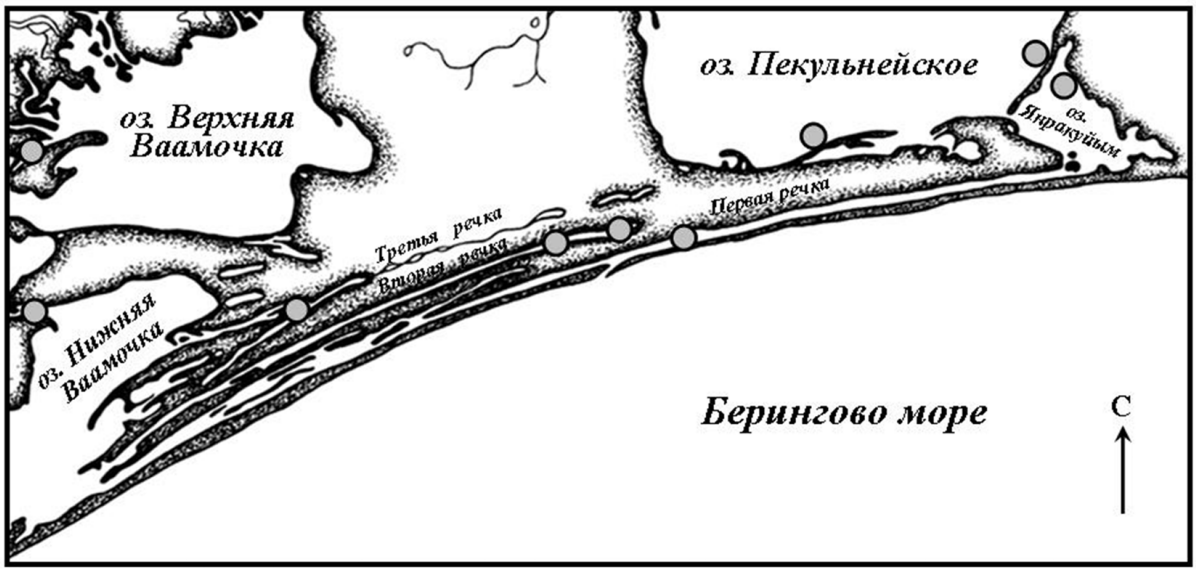


Рис. 1. Места лова молоди мейныпильгынской нерки для исследования питания

ным методом, а доли разных компонентов в пище – групповым. При расчете средних общих ИНЖ учитывали рыб с пустыми желудками. Исследовано содержимое желудков 764 экз. молоди нерки. Систематическую принадлежность кормовых объектов устанавливали, используя несколько источников (Руководство…, 1984; Бондаренко, 1999; Максименков и др., 2002; Методические рекомендации…, 2003). Математические расчеты и построение рисунков выполнены с применением программ STATISTICA 6.0 и EXCEL 7.0.

Результаты и обсуждение

В Мейныпильгынской системе нерка нерестится в реках и ручьях, впадающих в озера Ваамочка и Пекульнейское. После ската из рек молодь нагуливается в озерах и вытекающих из них реках Пыльга и Майна (Первая Речка), где сказывается влияние приливов. В пресноводных Второй и Третьей Речках в заметном количестве молодь появляется во второй половине июля и встречаются в уловах малькового невода до ледостава.

Нерестовые водоемы. Основной компонент питания в реках системы вблизи нерестилищ — личинки и куколки хирономид. Ими питались 83,2–100% сеголетков нерки.

Несколько реже в желудках встречали личинок ручейников, а также личинок и имаго воздушных насекомых, водяных клещей и жуков. Во всех выборках в питании присутствовали олигохеты (встречаемость 4,4–30,0%). Планктонные ракообразные в небольшом количестве отмечены только в питании молоди из оз. Мангыскон.

Озеро Ваамочка. Основу рациона сеголетков из оз. Верхняя Ваамочка в конце июля составляли личинки и куколки хирономид (встречаемость 100%, доля в питании — 86,5%). Вторыми по значимости были личинки ручейников и имаго насекомых (соответственно 38 и 12,2%). Планктонных ракообразных в желудках встречали в очень незначительном количестве.

Озеро Пекульнейское. Основным кормовым объектом в Пекульнейском озере были личинки, куколки и имаго хирономид, которые были встречены во всех исследованных желудках (табл. 1). В рационе сеголетков, пойманных у южного берега озера, хирономиды составили 97,2%, а у молоди из восточной части озера — 71,4% от веса пищевого комка.

По сравнению с сеголетками для годовиков хирономиды имели гораздо меньшее значение: ими питались только 18,2% рыб. В желудках годовиков преобладали веслоногие рачки (95,4% по встречаемости и 68,3% от веса пищи).

К концу лета в питании сеголетков, нагуливающихся в Пекульнейском озере, как и во Второй Речке, уменьшилась доля хирономид и увеличилась доля планктонных ракообразных (табл. 1). Несмотря на высокую встречаемость (94,4%), хирономиды составили только 26,7% от веса пищи. Копеподы встречались несколько реже (71,0%), но их доля в питании сеголетков было больше (46,7% от веса пищи). Личинки ручейников, имаго воздушных насекомых и рыбы в питании сеголетков из Пекульнейского озера не имели большого значения (табл. 1). Помимо перечисленных компонентов в рационе отмечены кишечнополостные и мизиды, по-видимому занесенные в озеро приливным течением. Они были встречены в желудках 10,5% рыб и в сумме составили около 3 % от веса пищевого комка.

В июле средний ИНЖ сеголетков составил $312^{0}/_{000}$, в начале августа — 223 $^{0}/_{000}$, в конце августа — $172^{0}/_{000}$ (табл. 1)

Вторая Речка. Во Второй Речке спектр питания молоди включал олигохет, планктонных ракообразных, хирономид на всех стадиях развития, личинок и имаго других насекомых, молодь рыб.

В июле–августе сеголетки питались преимущественно хирономидами (табл. 2). В разных выборках они отмечены в питании 94,6–100% рыб, доля в питании составляла 66,7–91,2%. В сентябре – октябре хирономид встречали реже (26,2–95,0%), при этом их доля в питании варьировала от 0,4 до 48,9%.

Осенью молодь переходила на питание планктонными ракообразными (циклопами и дафниями): они были отмечены в питании 65,9–81,1% сеголетков (табл. 2) и составили 12,6–71,4% от веса пищи. В октябре 2005 г., помимо взрослых дафний, в желудках в большом количестве встречали эфиппиумы.

Существенную роль в питании как летом, так и осенью играли личинки и имаго насекомых, среди которых преобладали ручейники (до 42,8% по встречаемости и до 27,5% от веса пищевого комка в разных выборках).

Олигохет в желудках отмечали регулярно (табл. 2), но их доля в составе пищи была незначительна.

Большое значение в питании сеголетков нерки, нагуливающихся во Второй Речке, имели личинки и мальки рыб — обыкновенной малоротой корюшки *Hypomesus olidus,* трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* (рис. 2) и малой, или девятииглой, колюшки *Pungitius pungitius*. В ряде случаев из-за сильной переваренности содержимого желудков принадлежность рыбных остатков определить до вида не удалось. В разные годы молодью корюшки и колюшек питались 16,2% сеголетков, выловленных в июле, до 68,8% — в августе, до 53,2% — в сентябре и 7,7% — в октябре (табл. 2). Доля рыбы достигала 81,5% от веса пищи.

Личинки и мальки малоротой корюшки из желудков нерки, выловленной в конце июля, имели длину 14,1 (11,4–16,8) мм, в августе — 15,8 (11,7–18,8) мм, в сентябре — 17,3 (13,5–26,1) мм; в октябре — 29,8 (26,5–34,0) мм. Средняя длина трехиглых колюшек из желудков сеголетков нерки в августе составляла 9,6 (6,0–14,6) мм; в сентябре — 13,8 (9,8–20,0) мм; в октябре единственная особь этого вида была длиной 20,0 мм. Девятииглые колюшки, съеденные неркой в августе, имели длину 9,8 (8,5–11,4) мм. В одном желудке отмечали от 1 до 21 экз., как правило, одного вида (рис. 3).

Ранее в питании молоди нерки, нагуливающейся в пресных водоемах или только что скатившейся в море, отмечены личинки и молодь малоротой корюшки, сельди, камбал, мойвы, горбуши, песчанки и липарид (Сынкова, 1951; Андриевская, 1970; Карпенко, 1998; Карпенко и др., 2002). Некоторые авторы (Сынкова, 1951; Иванков, 1984; Погодаев, Куренков, 2007; Бугаев и др., 2009) приводят данные о каннибализме. Однако сведений о питании другими широко распространенными видами — трехиглой и девятииглой колюшками — мы в литературе не встретили. Оба вида обычно рассматривают как пищевых конкурентов молоди нерки (Крогиус, Крохин, 1948; 1956; Крогиус и др., 1987; Бугаев, 1992; 1995; 2007; Burgner, 1991; Hyatt et all., 2005); есть данные, что молодью нерки питается проходная форма трехиглой колюшки (морфа *trachurus*) (Бугаев, 1995; 2003; 2007). Полученные нами материалы свидетельствуют, что молодь колюшек нередко служит пищей для сеголетков мейныпильгынской нерки. На наш взгляд, хищничество сеголетков нерки по отношению к другим видам рыб обусловлено не только низкой продуктивностью северных водоемов, но также массовостью и доступностью в определенный период этого вида корма.

Во Второй Речке нерестятся малоротая корюшка и оба вида колюшек. Массовый нерест малоротой корюшки в этом водоеме отмечен в первой декаде июля. Так, среди рыб, выловленных 7 июля 2006 г. (n = 119), 91,8 % самок и 66,0 % самцов были текучими, доля отнерестившихся рыб составила 15,1 %. Отнерестившихся трехиглых колюшек встречали в уловах с конца июня.

Ко времени выклева личинок корюшки и колюшек определенная часть сеголетков нерки уже способна питаться сравнительно крупной добычей. Личинками рыб питались в основном крупные сеголетки длиной более 60 мм в июле, 65 мм — в августе и сентябре, 70 мм — в октябре (рис. 4). По мере роста жертв (корюшки и колюшек) увеличиваются и размеры хищника (нерки), поэтому сеголетки нерки питаются молодью других видов рыб на протяжении нескольких месяцев. В настоящее время мы не располагаем данными о хищничестве молоди нерки старших возрастов (1+, 2+ и 3+), но предполагаем, что и в их питании молодь рыб занимает не последнее место.

Максимальное наполнение желудков у сеголетков из Второй речки отмечено в августе — от 267 до 528 $^{0}/_{000}$ в разных выборках (табл. 2). В сентябрьских выборках встречены особи с пустыми желудка-



Рис. 2. Сеголеток нерки и съеденная им трёхиглая колюшка (выборка из Второй Речки, 07.09.2006)

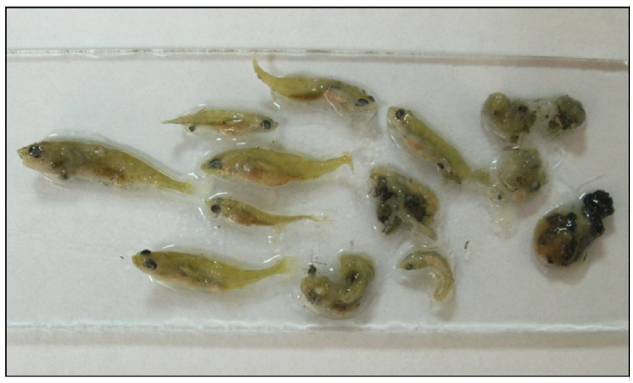


Рис. 3. Трёхиглые колюшки из желудка сеголетка нерки длиной 75,7 мм (выборка из Второй Речки, 15.08.2009)

Таблица 1. Встречаемость разных компонентов в питании сеголетков нерки из Пекульнейского озера, Третьей Речки и р. Майна, %

Компонент пищи	оз. Пекульнейское			Третья Речка		р. Майна (Первая Речка)			
	30.07.2004[1]	05.08.2004[2]	30.08.2004[3]	04.08.2008	30.08.2004	31.07.2005	07.09.2006	19.10.2008	02.09.2009
Coelenterata	–	–	2,6	–	–	–	–	–	–
Oligochaeta	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Polychaeta	–	–	–	–	–	25,6	–	75,0	–
Cladocera	–	–	–	–	–	–	33,3	–	–
Copepoda	6,7	81,8	71,0	97,3	70,6	43,6	19,0	50,0	11,1
Amphipoda	–	–	–	–	17,6	5,1	–	100,0	16,7
Mysidacea	–	–	7,9	–	41,2	–	9,5	75,0	44,4
Isopoda	–	–	–	–	–	–	7,1	–	5,6
Trichoptera, larvae	13,3	–	2,6	2,7	–	2,6	7,1	–	–
Chironomidae, larvae	–	15,2	–	–	–	15,4	11,9	–	11,1
Chironomidae, pupae	100,0	75,8	39,4	67,6	–	17,9	–	–	16,7
Chironomidae, imago	100,0	100,0	78,9	–	–	92,3	–	–	61,1
Другие насекомые, larvae	3,3	–	–	–	–	–	–	–	–
Другие насекомые, imago	3,3	21,2	2,6	13,5	41,2	5,1	21,4	–	55,6
Gastropoda	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pisces, из них:									
Hypomesus olidus	–	–	2,6–2,6	2,7	–	–	2,4–2,4	–	–
Gasterosteus aculeatus	–	–	–	2,7	–	5,1	26,2	–	5,6
Pungitius pungitius	–	33	38	–	17	39	42	4	18
Pisces sp.	–	–	2	–	2	1	12	–	1
Неопределенные остатки	–	–	–	–	–	5,1	26,2	–	5,6
Количество желудков, экз.	30	33	38	37	17	39	42	4	18
Количество пустых желудков, экз.	–	–	2	–	2	1	12	–	1
Общий ИНЖ, $^{0}/_{000}$	312±19 54–571	223±12 62–556	172±22 49–355	211±17 30–482	419±58 0–775	275±19 0–526	101±14 0–433	268±77 84–453	184±34 0–611
Длина по Смитту, мм	56,6±0,8 48,9–66,0	57,1±0,8 46,6–66,9	58,8±0,8 43,3–72,4	59,3±0,8 50,0–71,6	62,9±3,1 47,1–92,0	53,2±0,8 38,5–64,0	66,2±1,1 47,0–82,2	85,6±8,1 73,9–109,2	61,6±2,1 47,7–82,3
Вес, г	1,89±0,09 1,08–2,90	1,91±0,09 0,90–3,10	2,14±0,10 0,77–4,10	2,34±0,11 1,28–4,58	2,62±0,44 0,94–7,17	1,65±0,08 0,55–2,86	2,88±0,17 0,87–5,74	7,36±2,71 3,94–15,41	2,46±0,31 1,06–6,07

Примечание: [1] — у южного берега озера, [2] — у восточного берега озера, [3] — оз. Янракуйым

Таблица 2. Встречаемость разных компонентов в питании сеголетков нерки из Второй Речки, %

Компонент пищи	Вторая Речка									
	09.10.2005	25.07.2006	15.08.2006	07.09.2006	29.07.2008	18.08.2008	06.09.2008	15.08.2009	02.09.2009	14.09.2009
Coelenterata	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Oligochaeta	1,1	–	2,7	9,5	10,0	15,8	–	37,5	22,5	–
Polychaeta	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Cladocera	25,3	17,1	–	9,5	47,5	89,4	80,9	28,1	80,0	57,4
Copepoda	75,8	14,3	–	61,9	1,2	–	2,4	–	10,0	10,6
Amphipoda	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Mysidacea	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Isopoda	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Trichoptera, larvae	5,5	42,8	5,4	–	13,8	–	–	12,5	–	–
Chironomidae, larvae	75,8	88,6	70,3	19,0	22,5	5,3	11,9	21,9	2,5	4,3
Chironomidae, pupae	–	94,3	89,2	14,3	100,0	100,0	14,3	100,0	95,0	57,4
Chironomidae, imago	–	–	40,5	–	–	–	–	–	–	–
Другие насекомые, larvae	4,4	11,4	18,9	33,3	3,8	5,3	–	–	–	2,1
Другие насекомые, imago	13,2	22,8	2,7	4,8	8,8	57,9	52,4	28,1	25,0	10,6
Gastropoda	–	–	–	–	–	–	–	3,1	–	–
Pisces, из них:	7,7	–	18,9	52,4	16,2	–	2,4	68,8	40,0	53,2
Hypomesus olidus	5,5	–	–	4,8	11,2	–	–	68,8	–	–
Gasterosteus aculeatus	1,1	–	10,8	19,0	–	–	–	3,1	15,0	25,5
Pungitius pungitius	1,1	–	5,4	–	–	–	–	–	–	–
Pisces sp.	–	–	2,7	28,6	5,0	–	2,4	–	25,0	27,7
Неопределенные остатки	1,1	–	8,1	9,5	–	–	9,5	–	–	–
Количество желудков, экз.	91	35	37	21	80	19	42	32	40	47
Количество пустых желудков, экз.	4	–	–	–	–	–	4	–	–	1
Общий ИНЖ, $^{0}/_{000}$	142±14 0–324	374±29 145–791	528±48 160–833	234±35 75–638	254±12 75–530	267±20 98–466	145±16 0–391	447±21 169–674	330±23 65–734	150±18 0–515
Длина по Смитту, мм	65,2±0,9 51,0–95,1	50,2±0,7 42,7–60,9	57,4±1,2 43,1–73,7	65,2±2,3 45,0–86,6	60,0±0,6 49,9–72,0	68,6±1,1 58,0–78,2	70,2±1,3 53,6–86,4	69,2±0,7 55,0–79,8	69,8±1,1 54,7–88,8	76,3±1,2 58,7–91,9
Вес, г	2,83±0,14 1,20–9,08	1,46±0,07 0,84–2,77	2,12±0,15 0,76–4,75	2,89±0,37 0,94–7,52	2,42±0,08 1,39–4,24	3,71±0,18 2,11–5,28	3,87±0,24 1,52–7,63	4,08±0,14 1,94–6,82	3,77±0,20 1,57–8,30	5,02±0,25 1,89–8,81

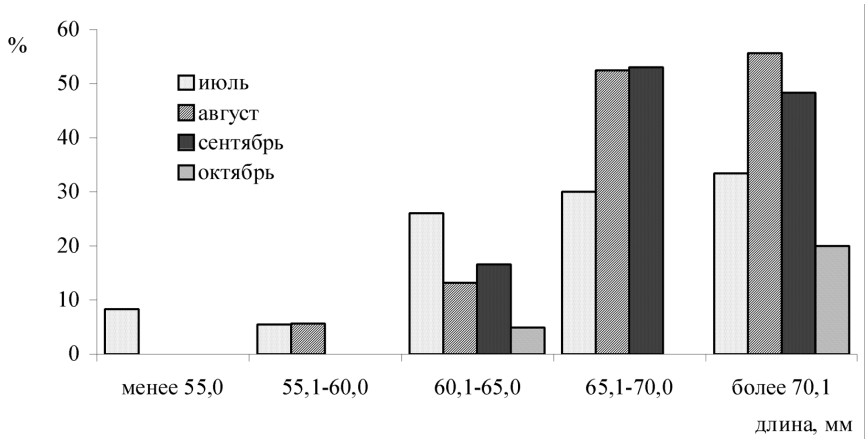


Рис. 4. Встречаемость рыбы в питании сеголетков нерки разных размерных групп во Второй речке

ми, а средний ИНЖ нерки в этом водоеме существенно уменьшался (табл. 1). В октябре он составил только 142 $^{0}/_{000}$.

Третья Речка. В рационе сеголетков, выловленных 18 августа 2008 г. в Третьей Речке, отмечены планктонные ракообразные (циклопы), куколки хирономид, имаго других насекомых и личинки рыб. В основном нерка питалась циклопами (97,3% по встречаемости и 65,8% от веса пищевого комка). Куколки хирономид присутствовали в питании 67,6 % рыб, их доля составила 19,5% от веса пищи. Имаго насекомых не имели большого значения (встречаемость 13,5%, доля в питании — 9,8%). В желудке одного сеголетка встречены личинки малоротой корюшки (табл. 1).

Река Майна (Первая Речка). В отличие от Второй Речки, в р. Майна сеголетки нерки нагуливаются в зоне смешения пресных и морских вод, поэтому в их питании помимо пресноводных организмов присутствуют представители эстуарного комплекса: амфиподы, мизиды, изоподы и полихеты.

В желудках двух годовиков (1+ лет) нерки, пойманных в только что прокопанном устье 13 июня 2011 г., были найдены гаммарусы, личинки хирономид, имаго воздушных насекомых и водяной клещ. Бокоплавы и хирономиды составили более 80% от веса пищевого комка.

В конце июля основным кормом для сеголетков нерки в р. Майна, как и в других водоемах, служили хирономиды (табл. 1). Ими питались более 90% сеголетков, а доля хирономид в пищевом комке составила 70,2 %. Вторыми по значимости были веслоногие ракообразные (43,6% по встречаемости и 10,6 % от веса пищи), третьими – многощетинковые черви (соответственно 25,6 и 9,6%).

В питании молоди, выловленной в конце августа 2004 г., преобладали копеподы (70,6% по встречаемости и 65,3 % от веса пищи), второе место занимали мизиды (соответственно 41,2 и 32,1%). Бокоплавы и имаго насекомых в сумме составили менее 3% веса пищевого комка. Сходное соотношение встречаемости этих компонентов питания отмечено у обыкновенной малоротой корюшки, сибирской ряпушки *Coregonus sardinella* и сеголетков тихоокеанской наваги *Eleginus gracilis* из смешанных уловов малькового невода. Среди мизид в желудках нерки встречены крупные особи длиной более 20 мм, размеры бокоплавов достигали 12 мм. Ими питались в основном сеголетки нерки крупнее 60 мм.

В сентябре 2006 г. представители эстуарного комплекса отмечены в питании только 9,5% сеголетков (табл. 1). Чаще других в желудках молоди из Первой Речки встречали ветвистоусых ракообразных (33,3%); копеподами питались 19,0 %, а личинками хирономид и ручейников — 17,7% сеголетков.

В отличие от 2006 г., в начале сентября 2009 г. большинство сеголетков питались хирономидами и другими насекомыми (встречаемость 72,2 и 55,6 %, доля в питании — 38,5 и 33,0%). У половины сеголетков в желудках встречены мизиды и бокоплавы (встречаемость 44,4 и 16,7 %, доля в питании — 22,0 и 5,5%).

Крупные сеголетки длиной 74–109 мм, выловленные в октябре 2008 г., питались полихетами, копеподами, гаммарусами, мизидами и изоподами (табл. 1). Основную долю пищевого комка составили гаммарусы (45,4%) и мизиды (27,3%).

В отличие от других нагульных водоемов в приустьевой части р. Майна ритмика питания и состав пищи молоди нерки связаны с приливо-отливными течениями. Так, средний ИНЖ сеголетков, выловленных во время прилива (выборки от 30.08.2004 и 19.10.2008), как правило, значительно больше, а доля рыб с пустыми желудками — меньше, чем в выборке молоди, пойманной в отлив (выборки от 31.07.2005,

07.09.2006 и 02.09.2009). Во время прилива в питании увеличивалась частота встречаемости солоноватоводных ракообразных. В отлив значительную роль играли пресноводные организмы — выносимые течением из озер личинки хирономид и ручейников, которых не встречали у молоди, пойманной во время прилива.

Спектр питания молоди в р. Майна наиболее разнообразен, однако коэффициент упитанности по Кларк у сеголетков, пойманных в р. Майна и Второй Речке в одно и то же время (выборки от 07.09.2006 и 07.09.2009), достоверно больше у рыб из Второй Речки. По-видимому, это обусловлено нестабильностью кормовой базы молоди в р. Майна и мозаичностью кормовых участков в этом водоеме.

Выводы

1. В питании молоди нерки, нагуливающейся в водоемах Мейныпильгынской системы, отмечены кишечнополостные, кольчатые черви, паукообразные (водяные клещи и пауки), ракообразные (кладоцеры, копеподы, амфиподы, мизиды, изоподы), хирономиды и другие насекомые (поденки, веснянки, ручейники, чешуекрылые, жуки, двукрылые), брюхоногие моллюски, молодь рыб (малоротой корюшки, трехиглой и девятииглой колюшек).

2. В нерестовых водоемах основу питания мейныпильгынской нерки составляют хирономиды, в нагульных — хирономиды и планктонные ракообразные.

3. Как и в нагульных водоемах из других частей ареала (Белоусова, 1974; Бугаев, 1995, 2010), у молоди мейныпильгынской нерки отмечена сезонность в смене пищевых объектов: в июле – августе сеголетки питаются преимущественно хирономидами, в сентябре – октябре в их пище преобладают планктонные ракообразные.

4. В пресноводной Второй Речке основу питания сеголетков нерки составляют хирономиды и планктонные ракообразные, реже — молодь рыб. В Первой Речке (р. Майна) в питании молоди значительную роль играют эстуарные виды ракообразных и полихеты.

5. Регулярное хищничество сеголетков мейныпильгынской нерки по отношению к другим видам рыб обусловлено не только низкой продуктивностью северных водоемов, но также массовостью и доступностью в определенный период личинок и мальков малоротой корюшки, трехиглой и девятииглой колюшек.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам бассейнового управления «Охотскрыбвод», работавшим в разные годы в Мейныпильгынской озерно-речной системе, а также А. Н. Кондратенко и А. Н. Крутову за помощь в проведении исследований.

Список литературы

Андриевская Л. Д. 1970. Питание молоди тихоокеанских лососей в Охотском море // Изв. ТИНРО. Т. 78. С. 105–115.

Белоусова С. П. 1974. Питание молоди красной в озере Азабачьем // Изв. ТИНРО. Т. 90. С. 81–92.

Бондаренко М. В. 1999. Полевое пособие по определению пищевых объектов рыб пелагиали дальневосточных морей России. М.: ВНИРО, 46 с.

Бонк Т. В., Голубь Е. В. 2006. Зоопланктонное сообщество оз. Пекульнейское (Чукотка) // Тез. докл. IX съезда гидробиол. об-ва РАН (Тольятти, 18–22 сентября 2006 г.). С. 52.

Бугаев В. Ф. 1992. Трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* р. Камчатка // Вопр. ихтиологии. Т. 32. Вып. 4. С. 71–82.

Бугаев В. Ф. 1995. Азиатская нерка. М.: Колос, 464 с.

Бугаев В. Ф. 2003. Уровни воспроизводства нерки *Oncorhynchus nerka* группировки «Е» (бассейн р. Камчатка) // Материалы IV науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 18–19 ноября 2003 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 23–27.

Бугаев В. Ф. 2007. Рыбы бассейна реки Камчатки (численность, промысел, проблемы). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 192 с.

Бугаев В. Ф. 2010. Нерка реки Камчатки (биология, численность, промысел). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 232 с.

Бугаев В. Ф., Маслов А. В., Дубынин В. А. 2009. Озерновская нерка (биология, численность, промысел). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 156 с.

Иванков В. Н. 1984. Проходная и жилая форма нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) // Биология проходных рыб Дальнего Востока. Владивосток: ДВГУ, С. 65–73.

Карпенко В. И. 1998. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО, 165 с.

Карпенко В. И., Максименков В. В., Пискунова Л. В., Шершнева В. И. 2002. Роль молоди лососей в прибрежных экосистемах северо-востока Камчатки // Исследования водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: сб. науч. тр. Вып. 6. С. 135–148.

Крогиус Ф. В., Крохин Е. М. 1948. Об урожайности молоди красной (*Oncorhynchus nerka* Walb.*)* // Изв. ТИНРО. Т. 28. С. 3–27.

Крогиус Ф. В., Крохин Е. М. 1956. Результаты исследований биологии нерки-красной, состояния ее запасов и колебаний численности в водах Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 7. Вып. 7. С. 3–20.

Крогиус Ф. В., Крохин Е. М., Меншуткин В. В. 1987. Тихоокеанский лосось – нерка (красная) в экологической системе оз. Дальнего (Камчатка). Л.: Наука, 198 с.

Макоедов А. Н., Куманцов М. И., Коротаев Ю. А., Коротаева О. Б. 2000. Промысловые рыбы внутренних водоемов Чукотки. М.: Психология, 204 с.

Максименков В. В., Коваль М. В., Урусова Л. Ф. 2003. Экспресс-метод для оценки состава пищи тихоокеанских лососей в море // Исследования водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: сб. науч. тр. Вып. 7. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО С. 244–250.

Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России: методическое пособие. 2003. М.: ВНИРО, 95 с.

Погодаев Е. Г., Куренков С. И. 2007. Интродукция кокани *Oncorhynchus nerka kennerlyi* (Suckley) в озера Камчатки // Вопр. рыболовства. Т. 8. № 3 (31). С. 394–406.

Руководство по разборке проб и определению таксономических групп макропланктона. 1984. Владивосток: ТИНРО, 62 с.

Сынкова А. И. 1951. О питании тихоокеанских лососей в камчатских водах // Изв. ТИНРО. Т. 34. С. 105–121.

Черешнев И. А., Шестаков А. В., Скопец М. Б., Коротаев Ю. А., Макоедов А. Н. 2001. Пресноводные рыбы Анадырского бассейна. Владивосток: Дальнаука, 336 с.

Черешнев И. А., Волобуев В. В., Шестаков А. В., Фролов С. В. 2002. Лососевидные рыбы Северо-Востока России. Владивосток: Дальнаука, 496 с.

Burgner R. L. 1991. Life history of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) // Pacific Salmon Life Histories. Vancouver: UBC Press, P. 313–393.

Hyatt K. D., Ramcharan Ch., McQueen D. J., Cooper K. L. 2005. Trophic triangles and competition among vertebrate (*Oncorhynchus nerka, Gasterosteus aculeatus)* and macro invertebrate *(Neomysis mercedis)* planktivores in Mariel Lake, British Columbia, Canada // Ecoscience. Vol. 12. № 1. P. 11–26.

УДК 597.553.2:597–146.512

ТЕМП ООГЕНЕЗА СМОЛТОВ НЕРКИ ОЗ. КУРИЛЬСКОЕ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОДЫ В 1996-2009 ГГ.

Городовская С.Б.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: gorodovskaya.s.b@kamniro.ru

Введение

Любые изменения внешних условий вызывают изменения в состоянии и поведении организмов, образующих популяцию. Конечным итогом этих процессов являются колебания качественных показателей и численности популяций рыб. Исследования, проведенные ранее, показывают, что наиболее «сложным» местом в физиологии рыб при меняющихся условиях среды являются значительные изменения в прохождении начальных звеньев репродуктивного процесса (Кошелев, 1984).

Изучение оогенеза у нерки самого крупного стада в Азии, воспроизводящейся в оз. Курильское было начато в 1970-х гг., М.Я. Иевлевой. Ею была выявлена индивидуальная и межгодовая изменчивость в состоянии клеток яичников периода превителлогенеза покатной молоди нерки, что послужило основанием для многолетних исследований темпа гаметогенеза. Климатические изменения в период 1996 по 2009 гг., в том числе изменения температуры воды и воздуха не могли не повлиять на скорость протекания процессов оогенеза. Нами был накоплен ряд данных, что позволяет провести анализ зависимости темпа оогенеза покатной молоди озерновской нерки от условий нагула в оз. Курильское.

Цель работы — оценка влияния условий нагула в оз. Курильское на темп оогенеза покатной молоди озерновской нерки возраста 2. в разные годы.

Материал и методика

Основу работы составили пробы гонад смолтов нерки, мигрирующие из оз. Курильское в 1996–2009 гг. Данные по численности поколений нерки и их размерам в возрастных группах предоставлены сотрудником лаборатории динамики численности В.А. Дубыниным. Показатели биомассы пищевых организмов в вегетационный период предоставлены сотрудником лаборатории гидробиологии Т.В. Бонк.

Курильское озеро — крупная кальдера, внутри которой расположилось кратерное озеро в южной части полуострова Камчатка, на территории Южно-Камчатского заказника. Площадь его составляет около 77 км^2 (третье по площади из всех озёр Камчатки и второе среди пресноводных озёр, уступает только Кроноцкому озеру), средняя глубина 195 м, максимальная глубина 316 м. Размах колебаний уровня 1,3 м (наивысшие уровни в мае–июне, низшие — в апреле). В озеро впадает несколько рек и ручьёв: Этамынк, Хакыцин, Выченкия, Кирушутк. Вытекает река Озёрная, впадающая в Охотское море. В оз. Курильское расположено самое значительное нерестилище нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) в Евразии. Оз. Курильское принадлежит к числу холодных олиготрофных озер (Миловская, 2006). Средняя температура воды у берегов в сентябре 7,6 С, максимальная 10,8 С. Оно медленно прогревается летом (в августе) у поверхности воды до 6–10 °С и на глубине 100 м (в октябре) до 2,5–3 °С. Сезон вегетации длится с июля по октябрь.

Молодь нерки ловили у истока р. Озерная в период ската в июне–июле. Фиксацию гонад в жидкости Буэна проводили на месте собора. Для гистологической обработки ежегодно отбирали яичники от 40 до 60 экз. самок молоди основной возрастной группы 2. Гистологическую обработку проводили по ранее принятой стандартной методике (Волкова, Елецкий, 1982). Гонады заливали в парафин с воском. Срезы толщиной 5–7 мкм готовили в продольном направлении и окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну. Всего приготовлено 1400 препаратов яичников покатников.

Развития яичников каждой особи рассматривали на основании изучения и просчета половых клеток первых трех ступеней периода превителлогенеза на продольных срезах 1–3-х препаратов с интервалом, исключающим повторное попадание одной и той же клетки. Учитывались и самые незрелые клетки на данном этапе развития яичников — мейоциты. Количество ооцитов одной ступени периода превителлогенеза выражается в процентах от всех просчитанных клеток на гистологическом микропрепарате от одной особи. Сумма исследованных ооцитов колебалось от 2500 до 3000 шт. в год.

Результаты и обсуждение

Оценка темпа созревания поколений нерки дана по состоянию гонад у смолтов возраста 2., т. к. молодь в возрасте 1. и 3. малочисленна и не превышает в сумме 6–10%. В качестве показателя скорости полового развития самок были использованы индивидуальные различия в количестве ооцитов 1–3-й ступеней периода превителлогенеза, а также мейоцитов (табл. 1). В данной таблице приведены показатели средней температуры, биомассы кормовых организмов, длина и масса покатников по годам ската.

Анализ биологических показателей и гистологических исследований микропрепаратов яичников молоди показал отсутствие зависимости степени развития гонад от размеров молоди. По темпу оогенеза крупные самки, масса тела которых была выше средней для ската данного сезона, не отличались от остальной молоди.

В период покатной миграции у молоди тихоокеанских лососей в яичниках присутствуют самые незрелые клетки — мейоциты и ооциты первых 4-х ступеней превителлогенеза. Мейоциты появляются после окончания митотических делений гонии последних порядков. У проходных лососей мейоциты имеют ядра диаметром около 10 мкм. Переход мейоцитов к ооцитам характеризуется появлением в ядрах нескольких ядрышек и пристенным их расположением. Диаметр ядра увеличивается до 18–20 мкм, слой цитоплазмы однородный, границы ооцитов четкие. Такое состояние ооцитов — первая ступень превителлогенеза характерна для всех проходных лососей (рис.1).

Ооцит второй ступени превителлогенеза определяется по участкам цитоплазмы, более интенсивно окрашенным железным гематоксилином по Гейденгайну. Прежде всего, они обнаруживаются в непосредственной близости от ядра и могут занимать значительную часть цитоплазмы. Такие участки имеют вид массивного «полумесяца», располагающиеся с одной стороны ядра.

Участки цитоплазмы, интенсивно воспринимающие гематоксилиновый лак — это зоны где происходит накопление РНК. Диаметр ядер ооцитов на данной стадии не менее 30 мкм (рис. 2).

Накопление РНК в цитоплазме по периферии ооцита соответствует 3-й ступени превителлогенеза. В дальнейшем область цитоплазмы, где происходит накопление РНК, обнаруживается на периферии ооцита и обозначается термином «периферическое кольцо» (рис. 3). Зона около ядра окрашивается значительно слабее остальной части цитоплазмы. На этой стадии развития ооциты могут длительно задерживаться в развитии.

Г.М. Персов (1965), описал развитие ооцита 4-й ступени в гонадах покатной молоди нерки, на которой происходит формирование желточного ядра. К этому времени цитоплазма вновь окрашивалась однородно (рис. 4). В цитоплазме можно было видеть одно образование, известное как желточное ядро. Часто оно появлялось у нерки еще в период 3-й ступени. У озерновской нерки ооциты 4-й ступени встречались единично (до 0,98% от общей численности ооцитов в 1966–1970 гг.) (Иевлева, 1970).

Таблица 1. Межгодовая изменчивость численности родителей, среднегодовой температуры воды, биомассы кормовых организмов, массы и длины покатников озерновской нерки

Год ската	Численность родителей, тыс. экз.	Кол-во ооцитов 3-й ступени, %	Мейоциты, %	Биомасса, корм. организ., мг/м^3	Сред. Т-воды в слое 0–100 °С м (май–октябрь)	Длина, см	Масса, г
1996	1000	8,7	61,25	19	3,1	8,8	5,7
1997	2200	3,4	68,59	46	2,6	7,2	3,5
1998	1050	11,2	52,73	28	2,2	9,3	6,7
1999	1755	12,6	46,97	30	2,1	8,9	5,6
2000	650	19,5	31,93	41	3,1	8,5	4,7
2001	620	20,6	37,4	77	–	9,3	6,7
2002	1190	19,6	22,12	136	4,1	9,9	8,2
2003	1050	35,6	27,9	44	5,0	9,4	6,9
2004	2110	40,7	29,7	81	–	9,7	7,8
2005	2635	51,7	12,0	144	5,2	10,3	9,6
2006	2200	54,5	7,5	166	6,5	9,0	5,7
2007	1300	51,1	11,0	128	5,0	8,9	5,6
2008	1535	50,5	12,8	79	4,3	9,3	6,4
2009	1250	40,7	18,9	53	4,5	10,6	10,6

При переходе самок молоди всех проходных лососей к жизни в море в их гонадах обнаруживают ооциты разных ступеней периода превителлогенеза. Различия в состоянии ооцитов в момент миграции в море у разных видов тихоокеанских лососей, могут объясняться разными причинами. У горбуши миграция начинается на ранней стадии онтогенеза, когда период превителлогенеза не успевает закончиться, это главным образом ооциты 2-й и 3-й ступени. У кеты наблюдается более медленный темп развития гонад в пресноводный период, встречаются в основном ооциты 1-й ступени. У самок семги в период покатной миграции ооциты находятся на 3-й ступени развития (Персов, 1966). У нерки и кижуча, кроме проходных, существуют и жилые формы, что накладывает свой отпечаток на ход всего гаметогенеза. Как правило, самки нерки и кижуча мигрируют с ооцитами 3-й, 4-й и 5-й ступенями превителлогенеза. Исключение составляют самки нерки, скатывающиеся из оз. Курильское.

У смолтов озерновской нерки 1996–2002 гг. наблюдалось высокое содержание мейоцитов (23,5–81,2%, в среднем — 46%) — самых незрелых клеток, а основной группой ооцитов периода превителлогенеза в яичниках были ооциты 2-й ступени. Самые зрелые ооциты в яичниках в данный период — ооциты 3-й ступени превителлогенеза, среднее количество которых находилось на низком уровне (14%) (рис. 5).

В 1996–2002 гг. при низкой и средней численности родителей (от 620 до 2200 тыс. экз.), покатная молодь нерки имела среднюю длину и массу тела 8,8 см и 5,9 г. (табл. 1). Температура воды в озере в слое 0–100 м в мае–октябре имела невысокие значения (средняя — 2,9 °С). Средние показатели биомасса кормовых организмов в озере в данные годы имели невысокие значения, хотя наблюдалось постепенное повышение с 19 до 136 мг/м^3. Молодь данных поколений нагуливалась в условиях низкой трофики. Низкая температура воды в озере и слабая кормность определяют замедленный темп полового развития смолтов.

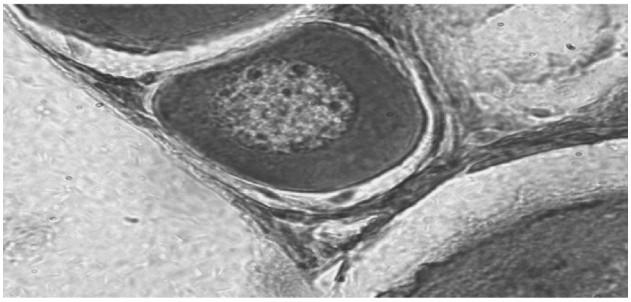


Рис. 1. Срез ооцитов молоди нерки. Ооциты 1-й ступени периода превителлогенеза: ооплазма однородно окрашена, в ядре несколько ядрышек. Ув.: 20×100

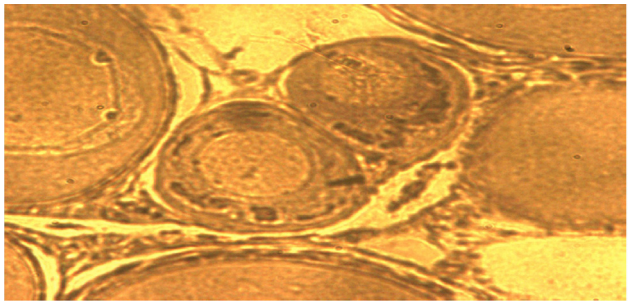


Рис. 2 Срез ооцитов 2-й ступени периода превителлогенеза: цитоплазма в месте концентрации РНК образует темный полумесяц. Ув.: 20×40

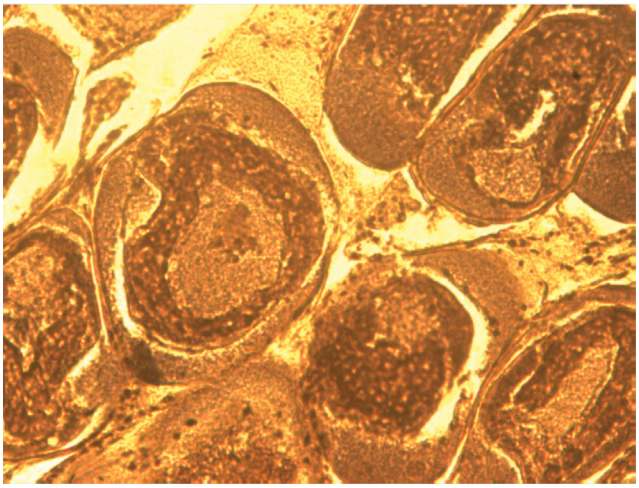


Рис. 3. Срез ооцитов 3-й ступени превителлогенеза: в цитоплазме окрашенная зона РНК — «периферическое кольцо», в центре ядро. Ув.: 20×40

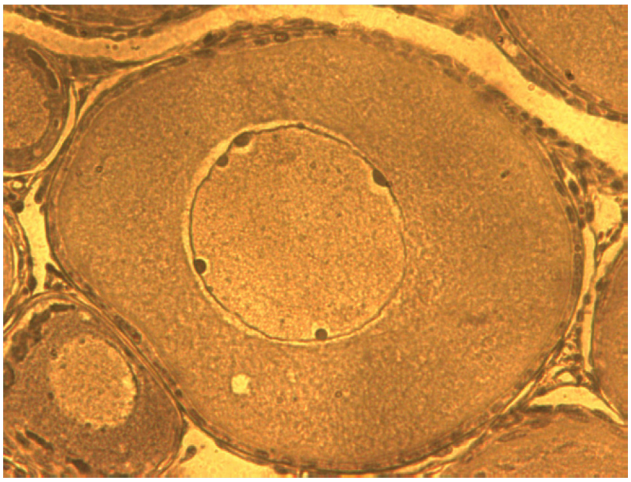


Рис. 4. Срез ооцитов 4-й ступени периода превителлогенеза: желточное ядро находится в однородно окрашенной цитоплазме. Ув.: 20×40

Пониженные температуры воды влияют на физиологическое состояние самок и приводят к задержке развития ооцитов, что вызывает увеличение доли самых незрелых клеток в яичниках. Воздействие температуры воды на скорость оогенеза нерки согласуется с данными в работах многих авторов (Персов, Сакун, 1962; Сакун, 1965; Иванков, 1985; Чмилевский, 1995; Городовская, 2008).

В 2003–2009 гг. значительно изменились условия нагула молоди в озере. Температура воды в озере постепенно повышалась (табл.1), этот фактор имеет большое значение в ускорении всех физиологических процессов, а, следовательно, и темпа развития яичников молоди лососей. В данный период произошло снижение количество мейоцитов — самых незрелых клеток в яичнике в среднем с 46 до 17%, а содержание ооцитов 3-й ступени превителлогенеза значительно возросло (в среднем до 46%) (рис. 6). Эти изменения указывали на ускорение процессов развития половых клеток в яичниках смолтов нерки.

В рассматриваемый период времени температура воды в озере увеличилась в среднем на 2,3 °С, что повлекло возрастание биомассы кормовых организмов. Биомасса кормового зоопланктона была максимальной за последние 8 лет и в некоторые годы превышала среднюю величину в 1,6–2,6 раза (Бонк, 2009), тогда же происходило повышение численности родителей до 2635 тыс. экз., как и численности молоди в озере. Даже при повышении численности нагуливающейся молоди в озере, смолты нерки имели значительные показатели средней длины и массы тела (9,6 см и 7,5 г.), что превысило средние величины прошлых лет.

Таким образом, в данный период температура воды в озере увеличилась, кормность водоема стабильно держалась на высоком уровне, что благоприятно сказалось на темпе развития яичников. И даже высокая численность поколений озерновской нерки не повлияла на темп оогенеза покатников.

Повышение температуры воды в озере оказывает благоприятное влияние на скорость полового развития молоди нерки. Так, в яичниках покатников озерновской нерки, начиная с 2003 г значительно изменилось количественное соотношение мейоцитов и ооцитов периода превителлогенеза по сравнению с предшествующим периодом. Если в 1996–2002 гг. основной группой ооцитов в яичниках покатников были ооциты 2-й ступени превителлогенеза, то, начиная с 2003 г. доля ооцитов 3-й ступени стала преобладающей. Любые изменения внешних условий вызывают изменения в состоянии и поведении организмов, образующих популяцию. Последнее обстоятельство должно определить, как темп созревания поколений, так и их выживаемость в морской период жизни. Ранее было показано (Мурза, Христофоров, 1991), что чем выше «стартовый» уровень развития ооцитов у смолтов, тем короче оставшийся «путь» их развития и тем меньше времени, необходимое для завершения оогенеза. В дальнейшем, это отражается на колебании качественных показателей и численности популяции рыб (Анохин, 1969).

Как было показано ранее (Кошелев, 1968, 1984), условия развития молоди на ранних этапах гаметогенеза позволяют судить об общей тенденции в изменении темпа оогенеза нерки, которая, отражается на физиологических процессах взрослых особей. При высоком темпе развития гонад, стабильном метаболизме и хорошей выживаемости рыб в морской период формируется высокая численность поколений озерновской нерки, что и произошло в последние годы.

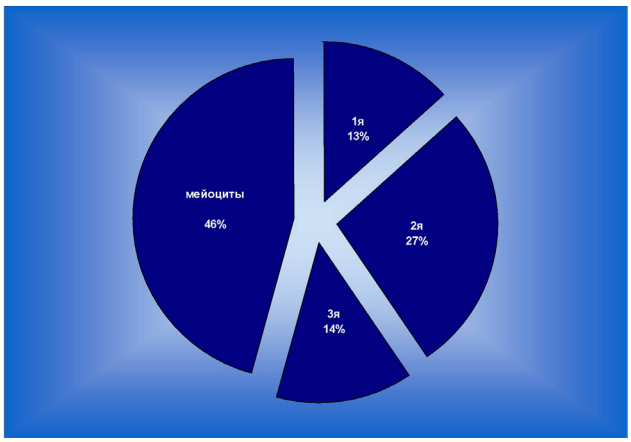


Рис. 5. Соотношение мейоцитов и клеток превителлогенеза в яичниках смолтов нерки оз. Курильское 1996–2002 гг. ската

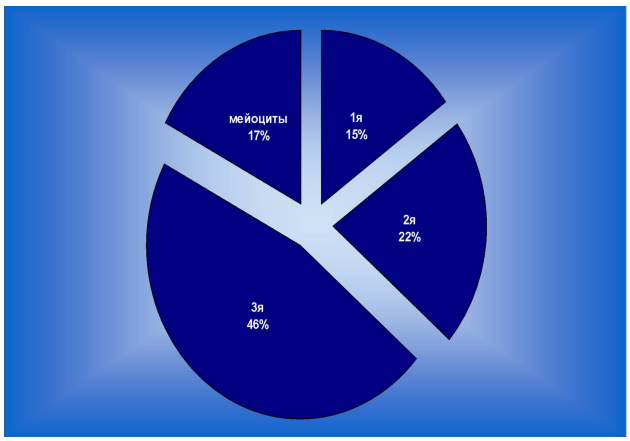


Рис. 6. Соотношение мейоцитов и клеток превителлогенеза в яичниках смолтов нерки оз. Курильское 2003–2009 гг. ската

Заключение

Многолетние исследования темпа оогенеза смолтов озерновской нерки (1996–2009 гг.) показали значительную индивидуальную и межгодовую изменчивость в состоянии клеток яичников периода превителлогенеза. Повышение температуры воды повлияло на скорость протекание процессов оогенеза покатников.

Молодь 1996–2002 гг. ската нагуливалась при невысоких значениях температура воды в озере (2,9 °С) и низких трофических условиях. У смолтов нерки данных лет наблюдалось повышенное содержание мейоцитов (46%) — самых незрелых клеток, а основной группой ооцитов периода превителлогенеза в яичниках были ооциты 2-й ступени превителлогенеза. Самые зрелые ооциты в яичниках в данный период — ооциты 3-й ступени, среднее количество которых находилось на низком уровне (14%). Низкие температуры влияют на физиологическое состояние самок и приводят к задержке развития ооцитов периода превителлогенеза и, как следствие, созревания гонад.

С 2003 по 2009 гг. значительно изменились условия нагула молоди в оз. Курильское. Температура воды увеличилась в среднем на 2,3 °С, что повлекло возрастание биомассы кормовых организмов. Биомасса кормового зоопланктона в некоторые годы превышала среднюю величину в 1,6–2,6 раза. В эти годы количество мейоцитов в яичниках снизилось (до 17%), а доля ооциты 3-й ступени превителлогенеза в яичниках смолтов значительно возросло (до 46%).

Изменения продолжительности развития половых желез у самок связаны с удлинением или сокращением сроков прохождения периода превителлогенеза, что и определяет в конечном итоге возрастную структуру нерестовой популяции. Таким образом, в ответ на изменения условий обитания, меняется скорость прохождения оогенеза, что позволяет популяции с высокой численностью оставаться устойчивой во времени.

Список литературы

Анохин Л.Е. 1969. Закономерности изменения плодовитости рыб. Москва. Изд.: Наука, 290 с.

Бонк Т.В. 2009. Видовой состав и обилие пелагического зоопланктона крупного олиготрофного озера Курильского в 2007–2008 гг. (Камчатка) // Матер. X съезда ГБО РАН (Владивосток, 28 сентября – 2 октября 2009 г.). Владивосток: Дальнаука. С. 48–49.

Волкова О.В., Елецкий Ю.К. 1982. Основы гистологии с гистологической техникой. Москва.: Медицина. 304 с.

Городовская С.Б. 2008. Влияние факторов среды на гаметогенез нерки р. Озерная (Западная Камчатка). Автореф. ... канд. биол. наук. М:., 25 с.

Иванков В.Н. 1985. Плодовитость рыб. Владивосток. Изд.: ДВГУ, 85 с.

Иевлева М.Я. 1970. Состояние гонад у молоди красной в период миграции из реки в море // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 73. С. 54–71.

Миловская Л.В. 2006. Влияние условий нагула молоди нерки в Курильском озере на структуру чешуи, размеры покатников и выживаемость поколений // Сб. науч. тр. Камчат.НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 8. С. 166–187.

Мурза И.Г., Христофоров О.Л. 1991. Определение степени зрелости гонад и прогнозирование возраста достижения половой зрелости у атлантического лосося и кумжи. Москва. Изд.: ВНИРО, 102 с.

Персов Г.М. 1965. Состояние половых желез у кеты и горбуши при переходе к морскому этапу жизни и темп их полового созревания // Сб. науч. тр. Мурм. морск. биол. ин–та. Вып. 9 (13). С. 95–105.

Персов Г.М., 1966. Ранний период гаметогенеза проходных лососей // Сб. науч. тр. Мурм. морск. биол. ин–та. Вып. 12(16). С. 7–44.

Персов Г.М., Сакун О.Ф. 1962. Состояние половых желёз у горбуши на ранних этапах её жизненного цикла в связи с акклиматизацией в бассейнах Белого и Баренцева морей // Уч. Зап. ЛГУ. № 311. Сер. биол. наук. Вып. 48. С. 92–108.

Сакун О.Ф. 1965. Возникновение изменений в гаметогенезе и половой цикл у горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) в новом ареале ее обитания // Вопр. Ихтиологии. Т. 5. Вып. 4 (37). С. 639–651.

Кошелев Б.В. 1968. Изменения скорости развития половых желез и ритмы созревания ооцитов у рыб как форма приспособления к различным условиям существования. // В кн.: Темп индивидуального развития животных и его изменения в ходе эволюции. Москва. Изд.: Наука. С. 38–65.

Кошелев Б.В. 1984. Экология размножения рыб. Москва. Изд.: Наука, 310 с.

Чмилевский Д.А. 1995. Влияние пониженной температуры на оогенез тиляпии *Oreochromis mossambicus*. 3. Воздействие на рыб в возрасте 30 и 60 суток после вылупления // Вопр. ихтиологии Т. 35. № 2. С. 266–272.

УДК 594.1

ФАУНА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ ШЕЛЬФА КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ

Данилин Д. Д.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: danilinbiv@mail.ru

Введение

Фауна двустворчатых моллюсков Командорских островов активно изучалась, начиная с конца позапрошлого века. Первая работа по двустворчатым моллюскам этого района была опубликована в 1883 году (Leche, 1883), вслед за ней вышли еще несколько работ (Dall, 1884; 1885; 1887). Много было сделано отечественными учеными в середине (Филатова, 1960, Кузнецов, 1963) и конце прошлого века (Скарлато, 1981, Буяновский, 1994; 1997; 1999 а; Каменев, 1990; 1995; Каменев, Надточий 2000). Двустворчатые моллюски являются постоянным объектом питания промысловых гидробионтов (Дулепова, 1990), поэтому организация рационального ведения промысла последних невозможна без знания кормовой базы и изменений, происходящих в ней. Несмотря на многочисленные предыдущие исследования, изучение современного состояния распределения популяций двустворчатых моллюсков на шельфе Командорских островов является актуальным по нескольким причинам, и, в том числе, в связи с восстановлением в последнее время популяции калана в прибрежной зоне Командорских островов. Двустворчатые моллюски составляют значительную часть бентоса, и изучение их фауны и распределения на шельфе необходимо для оценки продукционных свойств донных биоценозов, их важности, как ценных промысловых объектов шельфа, так и с точки зрения пищевой ценности для бентоядных промысловых гидробионтов. Последние исследования количественного распределения бентоса и двустворчатых моллюсков, в частности, в районе Командорских островов, были выполнены более 20-ти лет назад.

Материалом для данной работы послужили сборы бентоса и двустворчатых моллюсков, в том числе, проведенные экспедициями КамчатНИРО на шельфе Командорских островов. В основу положены данные бентосной съемки, выполненной в районе Командорских островов в сентябре 2011 года. Кроме этого, был обработан качественный материал, собранный весной 2009 года в этом же районе с помощью трубчатой драги. Все двустворчатые моллюски, упомянутые в данной работе, были найдены у Командорских островов в живом виде.

Целью данной работы является попытка описать распределение двустворчатых моллюсков, обитающих на мягких грунтах шельфа Командорских островов в настоящее время, и оценить современное состояние популяции двустворчатых моллюсков, как потенциальной кормовой базы для промысловых гидробионтов.

Материал и методика

Отбор проб осуществляли в соответствии со стандартными методиками (Руководство по …, 1983). Всего взято 26 проб, из них 17 количественных и 9 качественных. Количественные пробы отбирались с помощью дночерпателя «Океан-50», с площадью захвата 0,25 м^2. На каждой станции брали по две дночерпательные пробы. Точные координаты станций фиксировали с помощью судовой GPS. Качественные — с помощью гидробиологической драги, с шириной режущей кромки 1 м и трубчатой драгой. Бентосная дночерпательная съемка и съемка с использованием гидробиологической драги осуществлялась с борта судна КамчатНИРО — МРТК-316, качественные пробы трубчатой драгой отбирались с борта судна ПТР «Мороз». Первичный отбор проб проводился по стандартной гидробиологической методике. Собранную пробу промывали на борту судна, на промывочном столике с ячеей сит от 25 до 1 мм. Затем всю пробу фиксировали 4%-м нейтрализованным формалином. Крупных двустворчатых моллюсков определяли с помощью переносной лупы на борту судна. В лабораторных условиях пробы разбирали под бинокуляром МБС-10, двустворчатых моллюсков определяли, по возможности, до вида, пересчитывали, взвешивали и фиксировали в 75-градусном этиловом спирте. Вес животных определяли с помощью электронных весов с точностью до 1 мг. При определении двустворчатых моллюсков была использована система, принятая отечественными и американскими специалистами (Скарлато, 1981, Кафанов, 1991, Coan et al., 2000, Кантор, Сысоев, 2005). Карты распределения численности и биомассы двустворчатых моллюсков на обследованной акватории строили с помощью программы «КартМастер», версия 3.2.

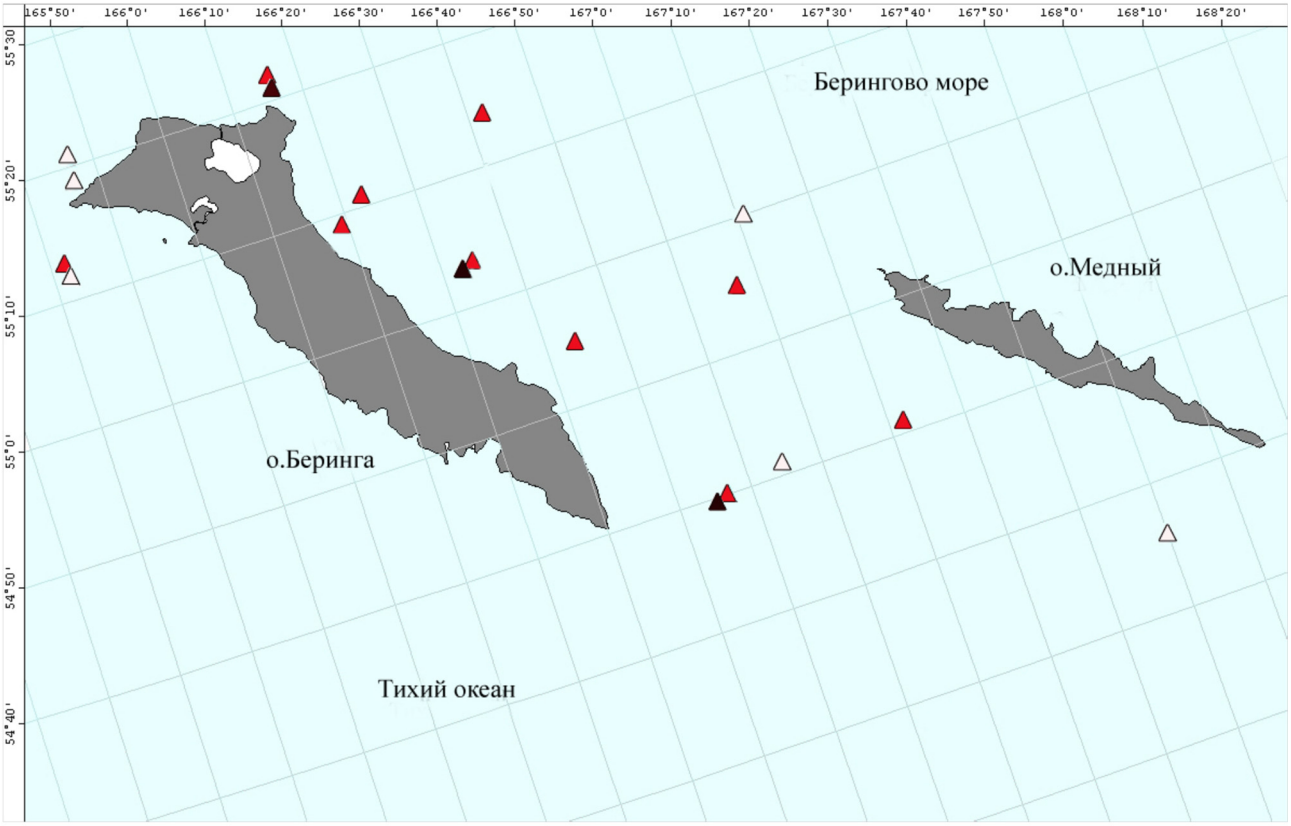


Рис. 1. Карта-схема района Командорских островов с указанием бентосных станций, выполненных в рейсах КамчатНИРО в 2009–2011 гг. Красные треугольники — дночерпательные станции, черные треугольники — гидробиологическая драга, белые треугольники — трубчатая драга

Результаты и обсуждение

Диапазон обследованных глубин при выполнении работ составил от 12 до 178 метров. На рис. 1 представлена карта-схема района исследований с указанием бентосных станций и орудий лова.

В процессе изучения найденных двустворчатых моллюсков был проведен анализ биогеографического состава найденных моллюсков, установлена их роль в общей биомассе бентоса, изучена зависимость распределения двустворчатых моллюсков от глубины и характера грунта. Для каждой бентосной станции была рассчитана средняя биомасса и численность двустворчатых моллюсков. Построены карты распределения численности и биомассы двустворчатых моллюсков на обследованной акватории.

Всего было сделано 26 подъёмов дночерпателя «Океан-50», но не на всех станциях удалось взять по две пробы, как планировалось. На двух станциях дночерпатель попадал на скальный грунт. В итоге было взято 17 дночерпательных проб. Диапазон обследованных глубин при выполнении работ составил от 12 до 178 метров. Во время съемки проводилась визуальная оценка и описание грунтов.

Двустворчатые моллюски были встречены практически на всей обследованной акватории, их численность изменялись от 498 экз./м^2 до 8 экз./м^2, а биомасса — от 202,5 г/м^2 до 1,44 г/м^2. Максимальная биомасса двустворчатых моллюсков была отмечена на глубине 56 метров на песчано-ракушечном грунте. Основу столь высокой биомассы составлял один вид — Astarte borealis (Schumacher, 1817*)*. Наибольшая численность отмечена на глубине 126 метров, на песчано-илистом грунте, в биоценозе с преобладанием *Axinopsida s*ubquadrata (A.Adams, 1862-b). Численность двустворчатых моллюсков здесь составила 498 экз./м^2, при сравнительно небольшой биомассе — 12,32 г/м^2. Распределение биомассы и численности двустворчатых моллюсков на шельфе Командорских островов в сентябре 2011 года представлено на рис. 2 и 3.

Из-за сложных грунтов на глубинах до 50 метров удалось взять только одну количественную пробу. Средняя численность двустворчатых моллюсков на глубине 12 метров составила 8 экз./м^2 при средней биомассе всего 2, 23 г/м^2. По биомассе в этом биоценозе, достигая показателей в 1,6 г/м^2, доминируют двустворчатые моллюски — сверлильщики (сем. Pholadidae), представитель *Zirfaea pilsbryi*

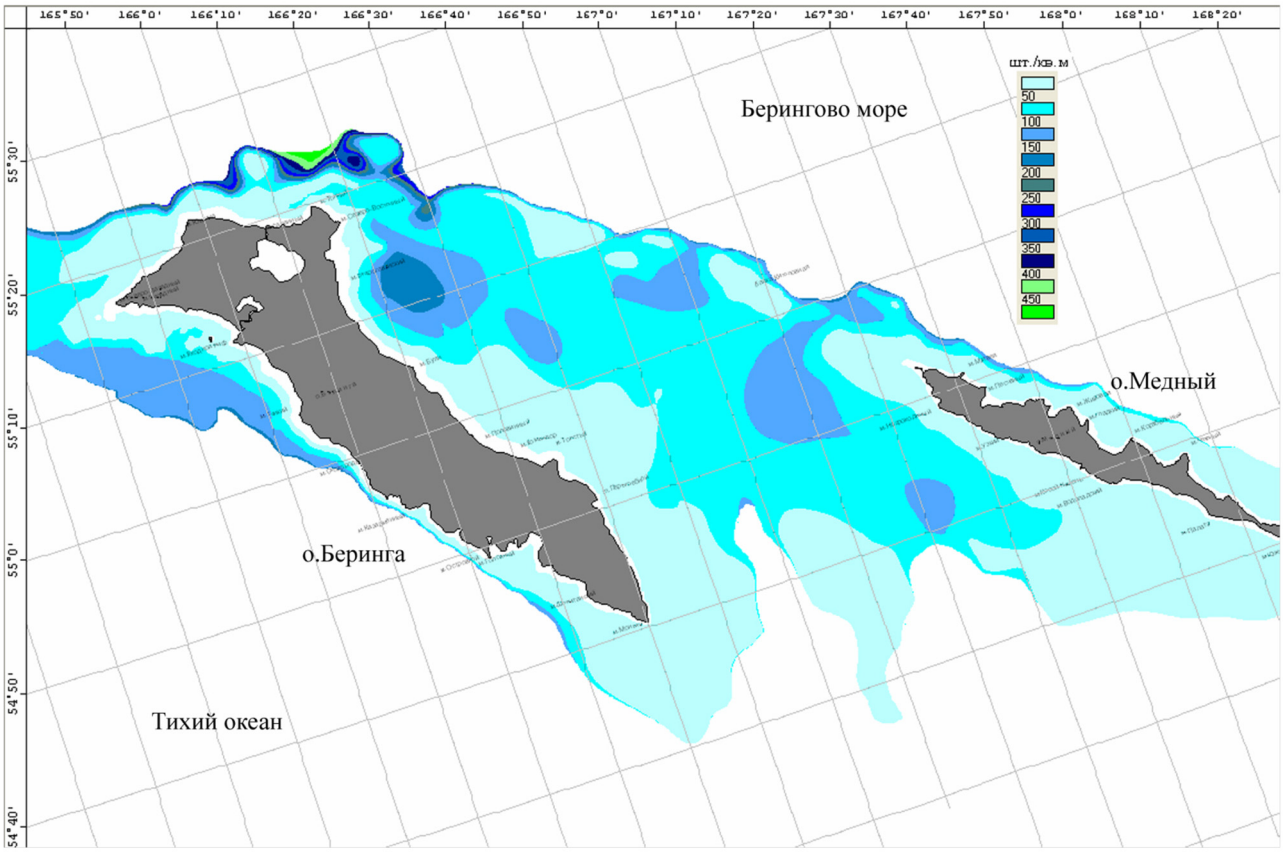


Рис. 2. Распределение численности двустворчатых моллюсков (экз./м^2) на шельфе Командорских островов в сентябре 2011 г. по данным дночерпательной съемки

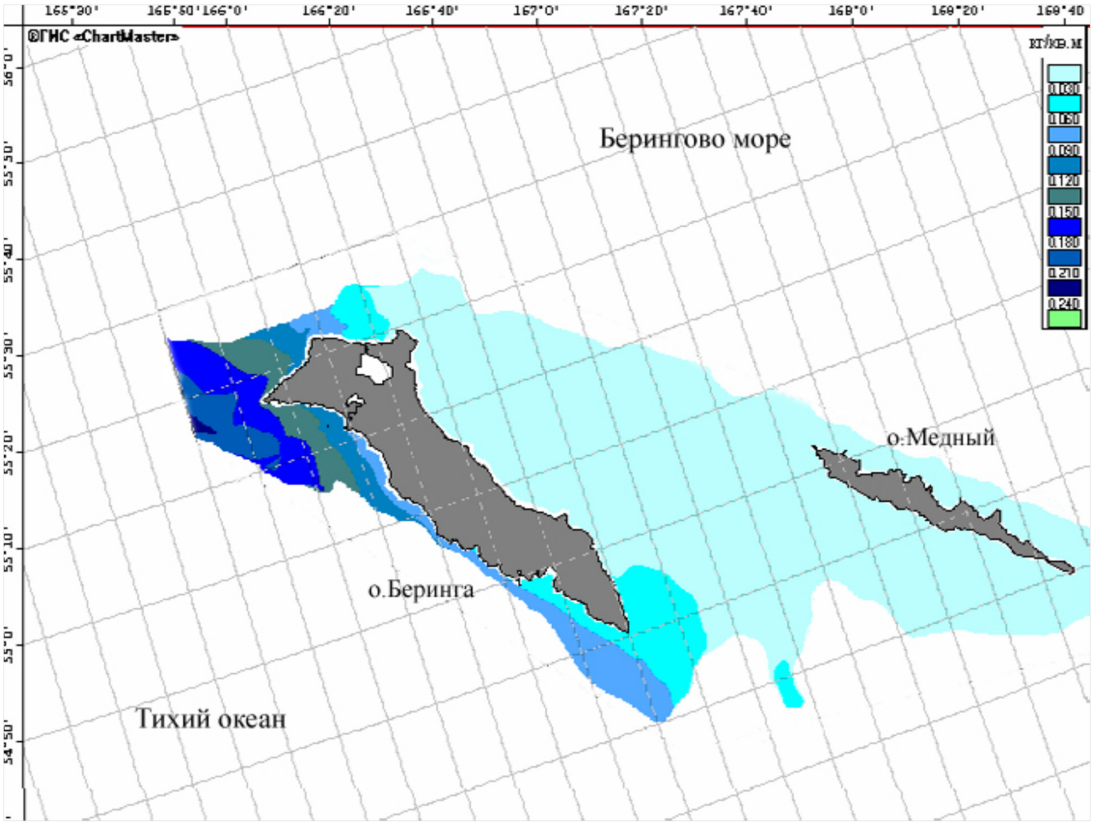


Рис. 3. Распределение биомассы двустворчатых моллюсков (кг/м^2) на шельфе Командорских островов в сентябре 2011 г. по данным дночерпательной съемки

(Lowe, 1931), а по численности (довольно невысокой — 4 экз/м^2), представитель семейства Lasaeidae — *Mysella kurilensis* (Scarlato et Ivanova, 1974).

В диапазоне глубин 50–100 метров двустворчатые моллюски доминируют на песчано-ракушечных грунтах на глубине 56 метров. В этом биоценозе доминируют двустворчатые моллюски — 54% общей биомассы, в основном, за счет молоди таких семейств, как: *Veneridae, Montacutidae, Astartidae*. Средняя биомасса составляет 202,52 г/м^2, более 90% биомассы приходится на долю *A. borealis* (Schumacher, 1817). Именно в этом диапазоне глубин при драгировании на изобатах 68–69 метров, было обнаружено скопление промысловых моллюсков *Clinocardium ciliatum* (Fabricius, 1780) и отмечена наибольшая численность *Mysella derjugini* (Gorbunov, 1952), редкого вида, ранее не встречавшегося в этом районе (Данилин, 2010). Доля двустворчатых моллюсков в общей биомассе бентосных животных на указанных глубинах представлена на рис. 4.

На глубинах от 100 до 150 метров средняя численность двустворчатых моллюсков составляет 206,7 экз./м^2, а средняя биомасса — 5,5 г/м^2. Наибольшей численности и биомассы двустворчатые моллюски в этом диапазоне глубин достигают на песчано-илистых грунтах на глубине 126 м, до 498 экз./м^2 при средней биомассе 12,3 г/м^2. По численности в этом биотопе доминируют *A. subquadrata* (A.Adams, 1862-b) и *Abra scarlatoi* (Kamenev, 2004), а по биомассе — *A. subquadrata* (A.Adams, 1862-b) и *Ennucula tenuis* (Montagu, 1808).

В диапазоне глубин 150-200 метров, на глубине 178 метров, на илистом грунте отмечена наибольшая численность бентосных организмов на командорском шельфе (2950 экз./м^2). Большую часть составляют представители класса *Polychaeta*. Двустворчатые моллюски на илистых грунтах являются второй по численности группой, в основном, за счет представителей семейства *Thyasridae* — 166 экз./м^2, а вот биомасса двустворок на этих грунтах и глубинах по результатам дночерпательных проб достаточно скромна — всего 1,45 г/м^2. Соотношение биомассы двустворчатых моллюсков с биомассой других групп бентоса на глубине 178 м представлено на рис. 5.

Анализ зависимости плотностных характеристик двустворчатых моллюсков в зависимости от типа грунта показал, что наибольшая биомасса моллюсков приурочена к песчаным грунтам с примесью ракуши. Здесь доминируют *A. borealis* (Schumacher, 1817) и *Liocyma fluctuosa* (Gould, 1841), достигая биомассы 183,04 и 18,96 г/м^2 соответственно. Наименьшая биомасса отмечена нами на плотных песках и жирных илах. Несмотря на диаметральное отличие в составе грунта, средняя биомасса двустворчатых моллюсков оказалась практически одинаковой — 1,44 и 1,45 г/м^2 соответственно. Хотя именно на жирных илах отмечено наибольшее разнообразие двустворчатых моллюсков — 8 видов.

Общий вклад биомассы двустворчатых моллюсков в общую биомассу донных животных, на всей обследованной акватории составляет около 20%. Сравнение биомассы двустворок с биомассами других обитателей дна Командорского шельфа представлено на рис.6.

Анализ распределения плотностных характеристик двустворчатых моллюсков на шельфе Командорских островов в сентябре 2011 года показал, что наибольшей биомассы двустворчатые моллюски

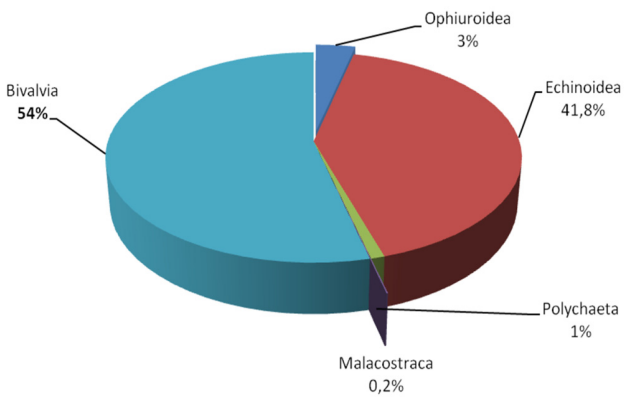


Рис. 4. Доля биомассы двустворчатых моллюсков в общей биомассе бентосных животных на песчано-ракушечном грунте на глубине 56 метров в сентябре 2011 г.



Рис. 5. Доля биомассы двустворчатых моллюсков в общей биомассе бентосных животных на илистом грунте на глубине 178 метров в сентябре 2011 г.

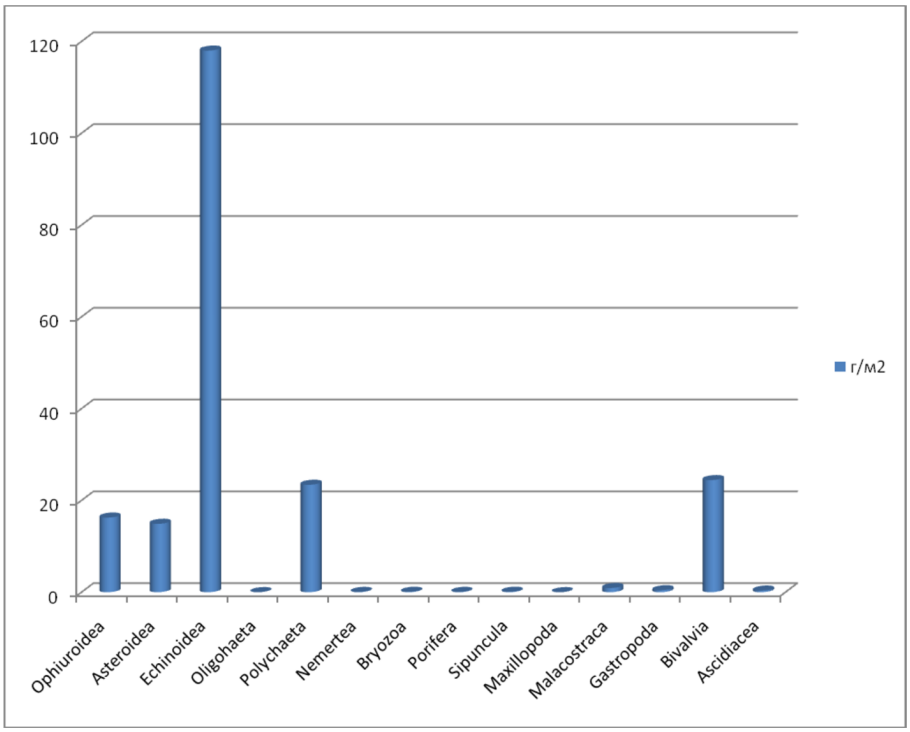


Рис. 6. Сравнение средней биомассы двустворчатых моллюсков с биомассами других массовых представителей бентоса шельфа Командорских островов в сентябре 2011 г.

достигают в северо-западной части шельфа острова Беринга, а наибольшая численность приурочена к северной части шельфа острова Беринга. В результате анализа собранного материала нами не было найдено многих видов двустворчатых моллюсков в живом виде, упоминаемых предыдущими исследователями и часто встречающихся в питании каланов. Возможно, что эти виды в настоящее время в результате хищничества калана стали настолько редки, что не попадаются в орудия лова.

Анализ биогеографического состава фауны найденных двустворчатых моллюсков показал, что большинство из них относится к бореально-арктическим и тихоокеанским бореальным видам.

Трофический состав фауны двустворчатых моллюсков, обнаруженных на шельфе Командорских островов, оказался следующим: на долю фильтраторов приходится 83%, на долю детритофагов — 14%, на долю хищников — 3%. Возможно, что большой процент фильтраторов обусловлен недостаточным охватом малых глубин, где обычно доминируют виды рода Macoma, являющиеся детритофагами.

Заключение

В результате обработки проб двустворчатых моллюсков, собранных на шельфе Командорских островов в диапазоне глубин 12–178 метров, найдено 36 видов, относящихся к 27 родам, 18 семействам и 8 отрядам. Впервые для этого района отмечены такие виды, как S. notabilis (Sowerby III, 1915), Mysella planata (Krause, 1885), M. derjugini Gorbunov, 1952, Cardiomya planetica (Dall, 1908). Найдено несколько живых видов двустворчатых моллюсков, ранее отмеченных в этом районе только по мертвым створкам. Найдены пять видов промысловых и потенциально промысловых двустворчатых моллюсков, среди них два вида сердцевидок — C. ciliatum (Fabricius, 1780) и S. notabilis (Sowerby III, 1915). Последний, по мнению некоторых исследователей, может быть перспективным для промысла, как сопутствующий вид (Буяновский, 1994). Средняя численность двустворчатых моллюсков на всей обследованной акватории составила по результатам съемки 147,2 экз./м^2, в основном, за счет мелких моллюсков, во взрослом состоянии не превышающих 5 мм при средней биомассе всего в 23,81 г/м^2. Такая низкая биомасса, на наш взгляд, объясняется двумя причинами: первая — недоучет глубоко зарывающихся форм на плотных песках; вторая — хищничество калана, активно выедающего моллюсков на доступных глубинах. Последнее предположение подтверждается тем, что состав пищи калана на Командорских островах за последнее столетие значительно изменился, сократилась доля ежей и двустворчатых моллюсков (Кор-

нев С.И. и др., 2012). Другое подтверждение этому — анализ состава пищи рыб, пойманных нами в обследованном районе, показал, что двустворчатые моллюски в питании бентосоядных рыб очень редки, в отличие от состава пищи этих же видов в других районах тихоокеанского побережья. В целом на обследованной акватории двустворчатые моллюски занимают по биомассе второе место после иглокожих, а в объеме кормового зообентоса — ведущее, так как практически все двустворчатые моллюски используются в пищу рыбами, промысловыми беспозвоночными и морскими млекопитающими.

Благодарности

Автор выражает благодарность сотрудникам КамчатНИРО Богданову А.В., Спирину И.Ю. принимавшим участие в полевых сборах и первичной обработке материалов; экипажу судна КамчатНИРО МРТК-316, активно помогавшему в сборе материалов в период рейса; Шагиняну Э.Р., Климову А.В., помогавшим в построении картографических материалов.

Список литературы

Буяновский А.И. 1994. Морские двустворчатые моллюски Камчатки и перспективы их использования. Москва: ВНИРО, 99 с.

Буяновский А.И. 1997. К фауне и экологии двустворчатых моллюсков (Bivalvia) мелководной зоны шельфа Командорских островов // Донная флора и фауна шельфа Командорских островов. Владивосток: Дальнаука. С. 242–253.

Буяновский А.И. 1999а. Динамика плотности, размерная структура и рост личинок двустворчатых моллюсков в лагуне Гладковская (о. Медный. Командорские острова) // Ruthenica. Т. 9 (2). С. 155–162.

Данилин Д.Д. 2010. Семейство Lasaeidae (Bivalvia) шельфа арктических морей России // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики. Комплексные исследования природы Шпицбергена: Матер. междунар. науч. конф. (Мурманск, 27-30 октября 2010 г.). Москва: ГЕОС. С 153–155.

Дулепова Е.П. 1990. Кормовые ресурсы и степень их использования бентофагами в шельфовых районах Камчатки // Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей Советского Союза. Л.: Наука. С. 163–176.

Корнев С.И., Никулин В.С., Мамаев Е.Г., Белонович О.А. 2012. Основные результаты исследований морских млекопитающих в 1960–2011 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 25. С. 219–240.

Кантор Ю.И., Сысоев А.В. 2005. Каталог моллюсков России и сопредельных стран. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 627 с.

Каменев Г.М. 1990. Биогеографическая характеристика и распределение двустворчатых моллюсков на шельфе Командорских островов // Биология морских беспозвоночных. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 44–52.

Каменев Г.М., Надточий В.А. 2000. Mendicula ferruginosa (Forbs, 1844) (Bivalvia, Thyasiridae) из дальневосточных морей России. // Ruthenica, 10 (2). С. 147–152.

Кафанов А.И. 1991. Двустворчатые моллюски шельфов и континентального склона северной Пацифики: Аннотированный указатель. Владивосток: ДВО АН СССР, 200 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. 1983. Л.: Гидрометеоиздат, 239 с.

Кузнецов А.П. 1963. Распределение донной фауны западной части Берингова моря по трофическим зонам и некоторые общие вопросы трофической зональности // Тр. ИО АН СССР. Т. 69. С. 98–177.

Скарлато О.А. 1981. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. Л.: Наука, 480 с.

Coan E.V., Valentich Scott P., Bernard F.R. 2000. Bivalve seashells of Western North America. Marine bivalve mollusks from Arctic Alaska to Baja California // Santa Barbara Museum of Natural History Monographs. No. 2, 764 p.

Dall W.H. 1884. Contributions to the history of Commander Islands. No. 3. Report on the Mollusca of the Commander Islands, Bering Sea, collected by Leonhard Stejneger in 1882 and 1883. Proceedings of the United States National Museum, 7 (442), P. 340–349.

Dall W.H. 1885. Report on the Mollusca of the Commander Islands, Bering Sea, collected by Leonhardo Stejneger in 1882 and 1883 // Proc. U.S. Nat. Mus. V. 7. P. 340–349.

Dall W.H. 1887 a. Report on Bering island Mollusca collected by mr. Nicholas Grebnitzki // Ibid. V. 9. P. 209–219.

Higo S., Callomon P., Goto Y. 1999. Catalogue and Bibliography of the Marine shell-bearing Mollusca of Japan. Osaka. Elle Scientific Publications, 749 p.

Kamenev G.M. 1995. Spesies composition and distribution of bivalve mollusks on the Commander Islands shelf. // malacological Review, 28 (1–2). P. 1–23

Leche W. 1883. Ofversight ofver de af Vcga-Expeditionen insamlade arktiska hafsmollusker. 1. Lamellibranchiata // Vega-Expeditionens vetenskapliga iakttagelser bearbetade af deltagone: resan och andra forskare utgifna af Nordenskjold. Stockholm. 1883. Bd. 3. S. 435–452.

УДК 597.553.2

ПРОХОДНАЯ МИКИЖА *PARASALMO MYKISS* WALBAUM (SALMONIDAE) В ПРИКУРИЛЬСКИХ ВОДАХ ТИХОГО ОКЕАНА

Демченко Л.О.[1], Шубин А.О.[2]

[1]Сахалинский Государственный Университет, г. Южно-Сахалинск
[2]ФГУП «СахНИРО», г. Южно-Сахалинск
Контактный e-mail: shub@sakhniro.ru

Введение

Лососи рода Parasalmo имеют амфипацифическое распространение и представлены комплексом видов, в число которых входит и микижа Parasalmo mykiss (Walbaum), 1792. В западной части Пацифики ее воспроизводство связано почти исключительно с естественными водоемами п-ова Камчатка. В восточной же ее части этот лосось распространен гораздо шире — от Аляски до Калифорнии, где воспроизводится как в естественных водоемах, так и на рыборазводных заводах (Савваитова и др., 1973; Павлов и др., 2001; Ожеро, Фули, 2009). В Северной Америке микижа известна и под названием «стальноголовый лосось» («стилхэд»), а на Камчатке — «камчатская семга». В водоемах п-ова Камчатка микижа характеризуется сложной внутривидовой структурой, будучи представлена мигрантными (типично проходной, проходной, эстуарной, речной эстуарной) и жилыми (речной, озерной и озерно-речной) формами. Биология азиатской микижи в пресноводный период ее жизни подробно изучена в реках Камчатки (Савваитова и др., 1973; Павлов и др., 2001), о морском периоде жизни проходной азиатской микижи до недавнего времени известно было очень мало (Черешнев, 2002). Впервые большой массив данных об этом периоде ее жизни представилась возможность собрать в 1996–2001 гг. при проведении мониторинговых работ по изучению анадромных лососей на путях их преднерестовых миграций в Исключительной экономической зоне России в прикурильских водах Тихого океана. Тогда было установлено, что кроме пяти традиционных для этого района видов тихоокеанских лососей рода Oncorhynchus, здесь распространен еще один вид лососей. От видов рода Oncorhynchus он отличался строением некоторых костей черепа, а так же полицикличностью. По совокупности признаков этот лосось был отнесен нами к роду тихоокеанских форелей Parasalmo и определен как микижа P. mykiss. Некоторые данные о ее морском периоде жизни по материалам, собранным в тот период опубликованы ранее (Коваленко, Шубин, 2000; Kovalenko, Shubin, 2000; Kovalenko et al., 2003; Коваленко и др., 2005). В 2002–2006 гг. изучение микижи в Тихом океане было продолжено. Цель настоящей работы — оценить распространение, численность, происхождение и биологическое состояние микижи в прикурильских водах Тихого океана по совокупности материалов за 1996–2006 гг.

Материал и методика

Материал собран в 1996–2006 гг. в 200-мильной Исключительной экономической зоне (ИЭЗ) России в прикурильских водах Тихого океана и в Охотском море. В Тихом океане учетные работы обычно проводили с 15–20 мая по 5–10 сентября, в Охотском море учет проведен только один раз, в августе 1999 г. Орудия лова — жаберные дрифтерные сети с ячеей 120–135 мм. Их устанавливали в темное время суток на 10–12 ч в слое 0–10 м. За период исследований в 43 судо-рейсах выполнено 2294 дрифтерных станций, о сетке которых можно составить представление по рис. 1.

Температуру поверхности океана в местах постановки сетей измеряли с помощью судовых дистанционных датчиков, расположенных на глубине 3–4 м от поверхности моря. Улов на усилие рассчитывали как число рыб, пойманных одной сетью длиной 50 и высотой 9 м. На биологический анализ взято 3454 экз. микижи. Оценку биологических показателей рыб проводили по общепринятым методам (Правдин, 1966). При проведении биологических анализов у рыб измеряли длину тела по Смиту (AC), общую массу тела и массу тела без внутренностей, определяли пол, гонадо-соматический индекс (ГСИ, в %). Длину измеряли с точностью до 1 см, массу тела рыб и гонад определяли методом индивидуального взвешивания на электронных весах фирмы "Marel" в морском исполнении с точностью до 10 и 1 г соответственно. По состоянию гонад рыб разделяли на три группы — незрелые, созревающие впервые и созревающих повторно (стадия зрелости VI–III). В качестве критерия для отнесения рыб к группе незрелых или созревающих использовали массу гонад, аналогично тому, как это было сделано ранее для нерки, кеты и чавычи (Takagi, 1961; Ito et al., 1974). Рыб, ранее участвовавших в нересте, идентифицировали по внешнему виду гонад, самок, в частности, по наличию остаточной икры в яичниках (от прошлого нереста), а затем и по нерестовой марке на чешуе (Чугунова, 1959; Мурза, Христофоров, 1991; Павлов и др., 2001). Возраст рыб определяли по чешуе, используя методические рекомендации Д.С. Павлова с соавторами (Павлов и др., 2001), а так же Ито и Ишиды (Ito, Ishida, 1998). Чешую просматривали под микроскопом МБС-9 и "Olimpus BX 51". Для оценки возрастного состава микижи просмотрена чешуя 2763 ее особей, по 5–10 чешуй с каждой из них в двух или трех кратной повторности, всего — около 30 тысяч чешуй. Полный возраст удалось определить у 2371 особей, длительность только морского периода ещё у 307 особей, «не читаемая» чешуя (разрушена пресноводная и морская зоны) была у 85 особей. У 187 особей микижи, имевших в желудках пищу определили видовую принадлежность объектов питания, их количество и размеры без взвешивания пищевого комка и его компонентов. Еще у 757 особей содержимое желудков обработано количественно-весовым методом (Руководство…, 1986).

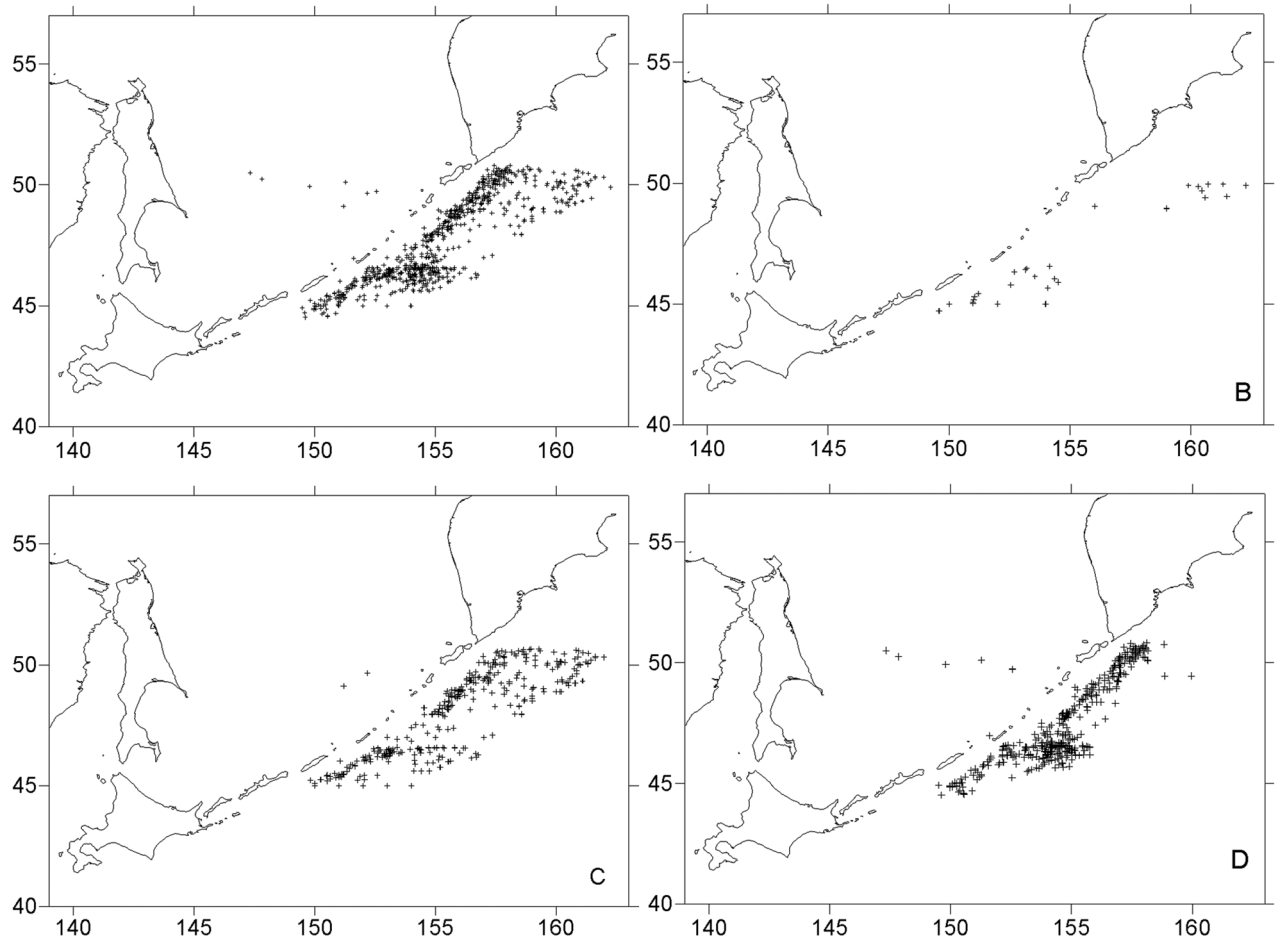


Рис. 1. Карта-схема мест поимки микижи в прикурильских водах Тихого океана и в Охотском море в 1966–2006 гг. (A), в том числе в мае–июне (B), в июле (C) и августе–сентябре (D)

Результаты и обсуждение

Распространение. В летний период микижа широко распространена по всей акватории ИЭЗ России в прикурильских водах Тихого океана: она наблюдалась от 44°30 до 50°50 с. ш. и от границы территориальных вод России у Курильских островов и до границы ИЭЗ на востоке. В мае и на протяжении большей части июня микижа в уловах обычно отсутствует. Регулярно в ИЭЗ РФ в прикурильских водах Тихого океана она начинает попадаться в уловах в последних числах июня или в первых числах июля при температуре воды на поверхности океана 5,5–7,8 С в районе расположенном к югу от 46° с. ш. Так, в мае она была отмечена только на одной станции (0,001% от станций, где отмечена микижа), в июне на 27 (3,4%), в июле уже на 364 (45,3%). В августе, по мере повышения температуры воды до 10–12°С, микижа распределялась по всей акватории района до 50°30° с. ш. включительно и отмечена на 382 станциях (47,5%), а в сентябре на 29 станциях (3,6%) (рис. 1). В целом в течение лета численность микижи в прикурильских водах Тихого океана возрастает — от общего количества выловленных рыб в 3454 экз. в мае поймано 0,03%, в июне 1,6%, в июле 35,1%, в августе 60,4% и в начале сентября 2,9%. При этом большая их часть (90%) поймана при температуре поверхности океана 8–12°С (рис. 2). В Охотское море микижа проникает не позже конца июля, так как уже 5–7 августа мы ловили ее в южной его части. Всего в Охотском море поймано 6 созревающих рыб — 3 самки (масса гонад 21–182 г, ГСИ 0,5–4,6%) и 3 самца (масса гонад 27–260 г, ГСИ 1,1–4, 5%). Все — при температуре поверхности моря 11–13°С. С конца июля микижа начинает проникать и в юго-западную часть Берингово море, а в августе она обычна у берегов юго-восточной Камчатки (Welch et al., 1998).

Численность. В период преднерестовых миграций в прикурильских водах Тихого океана тихоокеанских лососей уловы горбуши жаберными сетями достигают 60-80 экз./сеть, а кеты и нерки — 10–12 экз./сеть. В то же время уловы кижуча обычно не превышают 2–3 экз./сеть. Наиболее же низкие уловы, до 0,15–0,20 экз./сеть, характерны для чавычи, традиционно относимой к малочисленным видам (Цигир, 1999; Марковцев, 1999; Коваленко и др., 2000).

В 1996–2006 гг. микижа была отмечена нами на 804 станциях, ее встречаемость за этот период составила 35%. В межгодовом аспекте численность микижи изменяется, в одни годы ее больше, в другие меньше. При этом в июне уловы микижи составляли 0,002–0,015 экз./сеть, в июле 0,03–0,06 экз./сеть, а в августе 0,15–0,20 экз./сеть. Судя по величине улова на усилие численность микижи в прикурильских водах Тихого океана не велика, однако с учетом встречаемости, ее, подобно чавыче, следует относить к малочисленным, а не редким видам.

Экологические группы и происхождение. Почти все особи микижи, пойманные в прикурильских водах Тихого океана, имели на чешуе ясно выраженную широкую первую морскую зону роста и относились к группе типично проходных рыб. Вместе с тем, у некоторых ее особей структура первой морской зоны чешуи не соответствовала структуре типично проходных рыб. В Восточной Азии микижа воспроизводиться почти исключительно в реках п-ова Камчатка (Савваитова и др., 1973; Павлов и др., 2001), на нагул она уходит далеко в океан (Welch et al., 1990; Myerset al., 1990; Myerset al., 1993). Акваторию прикурильских вод Тихого океана микижа из водоемов Камчатки использует в двояких целях: для нагула и как транзитную — на пути к местам зимовки и обратно.

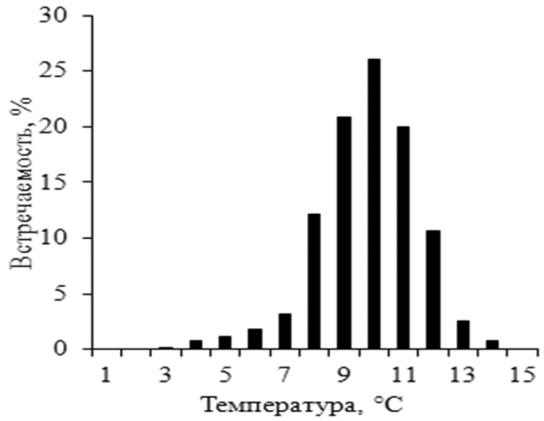


Рис. 2. Распределение встречаемости микижи в зависимости от температуры поверхности океана

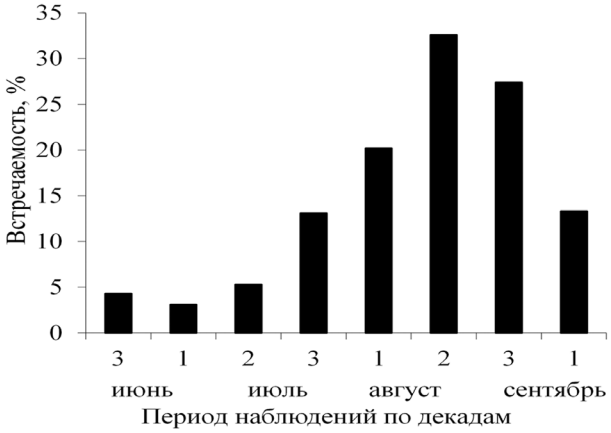


Рис. 3. Динамика встречаемости меченной микижи в июне–сентябре 1996–2006 гг.

В связи с этим, присутствие в летне-осенний период в прикурильских водах Тихого океана местной, камчатской микижи, несомненно. Это, прежде всего, созревающие, преднерестовые особи возрастных групп n.2+ и n.3+ (где "n" равно 2, 3 или 4 годам), которые мигрируют в реки п-ова Камчатка на нерест. Однако происхождение не всей микижи в этом районе связано с естественными водоемами Камчатки. Во второй половине июля 2000 г. нами впервые были пойманы две особи микижи, меченые ампутацией некоторых плавников — жирового (одинарная метка) и жирового в сочетании с брюшным плавником (двойная метка). В 2001 г. было поймано значительно больше таких рыб — 61 экз. В дальнейшем было поймано еще 640 экз. микижи, меченных ампутацией плавников. Около 75% этих рыб относились к возрастной группе 1.1+ и были незрелыми. Меченые особи появлялись в уловах обычно в конце июля, но большинство этих рыб было поймано в августе (рис. 3), когда их доля в отдельные дни достигала 70% улова микижи. Всего за период исследований выловлено 703 меченных ампутацией плавников особей микижи, что составило 20% от общего числа выловленных нами рыб.

Предположительно происхождение меченных особей было связано с рыборазводными заводами тихоокеанского побережья Северной Америке, где стилхэд является традиционным объектов рыборазведения и мечения. При этом часть особей, меченных ампутацией плавников, дополнительно метят кодированной проволочной, которая внедряется смолтам в рострум при их выпуске и по данным которой можно определить место и время мечения, размерно-весовые показатели особи на момент мечения. В июне меченая микижа обычно встречается в северной части Тихого океана далеко к востоку от Курильских о-вов (Myers et al., 1990; Myers et al., 1993; Fukuwaka et al., 2000; Fukuwaka et al., 2002), а в июле и августе она, возможно, появляется в ИЭЗ России в прикурильских водах Тихого океана. В связи с этим, 2003–2004 гг. у 58 особей микижи имеющих метку в виде ампутированных плавников, нами были взяты рострумы для анализа на наличие в них кодированной проволочки. При этом в 2003 г. 25 образцов были взяты от рыб, меченных ампутацией жирового плавника, а в 2004 г. 25 образцов от рыб, меченных ампутацией жирового плавника и 8 образцов от рыб, меченных двойной меткой.

Анализ, проведенный на специальном детекторе, показал, что все 8 рострумов от рыб, пойманных в 2004 г. и меченных двойной меткой, содержат кодированную проволочку, внедренную смолтам стилхэда весной 2003 г. на рыбоводных заводах в бассейне реки Снэйк (приток реки Колумбия) в штате Айдахо, США. Смолты были помечены в период с 18 апреля по 1 мая 2003 г, масса их тела при мечении составляла от 68 до 102 г. Подросшие меченные особи были выловлены в период с 10 по 29 августа 2004 г. в южной части прикурильских вод Тихого океана. Все они были незрелыми, относились к возрастной группе 1.1+. Длина тела рыб АС изменялась от 60 до 68 см, масса тела — от 2,07 до 3,11 кг (Myers et al., 2005).

Зрелость рыб. Типично проходная микижа созревает не ранее, чем после первого года проведенного в море, обычно же после второго или позже. После первого нереста часть микижи погибает (моноциклические особи), а часть (полициклические особи) вновь возвращается в море на нагул и затем нерестится повторно (Савваитова и др., 1973; Павлов и др., 2001). В связи с этим по состоянию гонад в морских водах микижа подразделяется на три группы. Первая — незрелые рыбы (стадия зрелости II), в основном это особи возрастной группы n.1+ (где "n" длительность пресноводного периода жизни). Вторая — рыбы, созревающих впервые (стадия зрелости III и IV), преимущественно это особи возрастных групп n.2+ и n.3+. Третья — рыбы возрастных групп n.3+ и n.4+ созревающие повторно (стадия зрелости VI–III).

Для разделения самцов микижи на незрелых и созревающих, проведен анализ распределение массы семенников у 485 и 460 ее особей, проведших в морской среде 1 и 2 полных года соответственно. В первой группе рыб масса семенников изменялась от 1 до 162 г, при этом меньше 10 г она была у 90% рыб. Во второй масса семенников изменялась от 1 до 160 г, но меньше 10 г она была лишь у 36% рыб. В связи с этим, на гистограммах распределения массы семенников граница между незрелыми и созревающими особями предположительно находится слева от значения 10 г. Для более точной ее идентификации рассмотрено распределение массы семенников в той же группе рыб проведших в морской среде 1 год, но, более детально. Для этого отобрано 448 особей с массой семенников до 20 г, среди которых 95% особей имели массу гонад до 5 г включительно и лишь 5% больше. Эту величину, в 5 г, мы и приняли у самцов микижи за пограничное значение между незрелыми и созревающими особями. Аналогичный анализ был проведен и для самок микижи, по результатам которого установлено, что среди 408 специально отобранных особей микижи возрастной группы n.1+ с массой гонад до 20 г, 97% имеют массу гонад до 10 г и лишь 3% больше. Эту величину, в 10 г, мы приняли у самок микижи за пограничное значение между незрелыми и созревающими особями.

Кроме различий по массе, гонады незрелых и созревающих рыб имеют и морфологические различия. Семенники незрелых рыб полупрозрачные, синие или коричневые, нитевидной или веретеновидной формы, не дифференцированы на тело и семяпровод, треугольные в сечении. Их краниальные концы заострены, максимальная ширина 4–8 мм. У созревающих рыб семенники ясно дифференцированы на тело и семяпровод, краниальные их концы закруглены. Длина тела семенников 170–250 мм, максимальная ширина 15–50 мм, они занимают от 55 до 90% полости тела. Окраска семенников различная, от синей или светло-коричневой, до розовой и белой, часто мозаичная — одна часть семенника окрашена, например, в синий цвет, другая в светло-коричневый. Яичники незрелых рыб ланцетовидные, плоские или треугольные в сечении. Их длина обычно 70–140 мм, реже 160–180 мм, максимальная ширина 4–10 мм, реже 12–18 мм, они занимают 25–50%, реже 60–80% длины полости тела. Общая оболочка яичника плотная, полупрозрачная, ооциты круповидные, бледно-желтого цвета, не различимы не вооруженным глазом или их диаметр составляет 0,2–0,5 мм, реже 0,6–0,8 мм, при этом ооциты плотно прилегают к яйценосным пластинкам. У созревающих самок яичники обычно лентовидные, занимают 60–100% полости тела, диаметр ооцитов 1–3 мм, реже 4–5,5 мм. В первом случае ооциты разно-размерные, плотно прилегают к яйценосным пластинкам, во втором — яйценосные пластинки начинают разрушаться и яичники приобретают рыхлую консистенцию. В целом гонады созревающей микижи характеризуются большим разнообразием размерно-весовых показателей и морфологии. Одной из причин этого является смешение в прикурильских водах Тихого океана микижи различного происхождения. Так, микижа местного, камчатского происхождения, находясь ближе к местам нереста, характеризуется большей зрелостью, североамериканской же микижи до мест нереста еще предстоит пересечь весь Тихий океан и она менее зрелая.

Большую часть летнего периода, с июня и по начало августа, в группировке микижи доминируют созревающие особи, что связано, видимо, с преобладанием в это время местных рыб, мигрирующих через прикурильские воды Тихого океана к местам нереста на п-ове Камчатка. С середины августа в группировке микижи доминирование переходит к незрелым особям, что мы объясняем "подтоком" незрелой микижи возрастной группы 1.1+ с восточной части ее ареала. В свою очередь среди созревающей микижи постоянно доминировали самки, причины чего, на наш взгляд, две. Первая. Самки микижи созревают быстрее самцов — среди 1907 просмотренных нами самок созревающих особей выявлено 1351 или 71%, в то время как среди 1399 самцов созревающих особей обнаружено только 654 или 47%. Поскольку большая часть созревающих особей микижи в прикурильскх водах Тихого океана скорее всего местного, камчатского происхождения, то и концентрация созревающих самок в ее группировке в этом районе выше, чем самцов. На это указывает и доминирование среди рыб естественного происхождения возрастных групп 3.2+, 4.2+, 3.3+ и 2.2+ (70% от всех особей этой группы). Вторая. В соотношении полов в группировке микижи самки доминировали постоянно, что, в свою очередь, связано, видимо, с селективностью сетей — созревающие самцы в среднем несколько крупнее самок и поэтому хуже улавливаются сетями с ячеей 120–135 мм. Аналогичное явление — более низкую уловистость относительно крупных рыб такими же сетями, — мы наблюдали и в отношении чавычи (Коваленко и др., 2000).

Небольшая часть созревающей микижи, около 2% от всех созревающих особей, характеризуется необычно высокой зрелостью. Среди самцов это особи с семенниками кремового, розового или бело-розового цвета массой от 160 до 300 г занимающих 90–100% полости тела, ГСИ у таких рыб составляют 4,0–5,5%. Среди самок — особи с массой яичников 400-500 г занимающих 100% полости тела. Диаметром ооцитов у таких самок 4,5–5,5 мм, яйценосные пластинки начинают разрушаться, яичники приобретают рыхлую консистенцию. Так, 8 июня 2006 г. в координатах 45°01 с. ш., 150°59 в. д. была поймана самка, имевшая яичников массой 390 г (ГСИ 13%), которые занимали всю полость тела при диаметре ооцитов 5–5,5 мм (длина тела 68 см, масса тела 3,62 кг, возрастная группа 3.2+). У отдельных особей наблюдались даже текучие

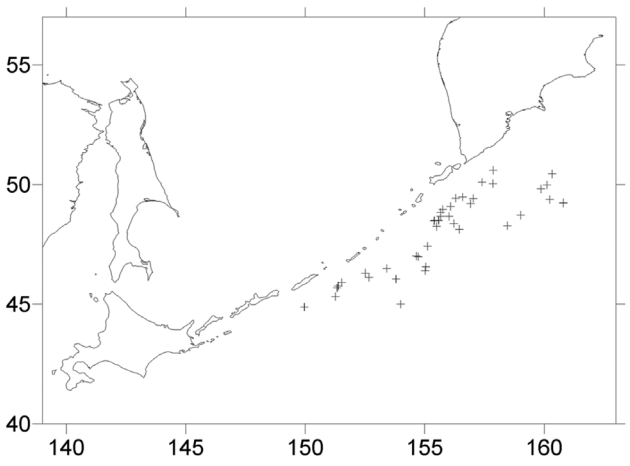


Рис. 4. Распространение после нерестовых особей микижи в прикурильских водах Тихого океана в 1996–2006 гг.

гонады: 26 июля 1999 г. в координатах 49°15 с. ш., 157°12 в. д. поймана текучая самка с массой яичников 500 г (ГСИ 17,9 %, длина тела 69 см, масса тела 3,60 кг, возрастная группа 3.2+); 31 августа 2005 г. в координатах 47°24 с. ш., 154°,10 в. д. был пойман текучий самец с массой семенников 170 г (ГСИ 5,0%, длина тела 71 см, масса тела 3,76 кг, возрастная группа 2.2+). Отметим, что особи, характеризующиеся необычно высокой зрелостью попадались не только в конце июля и августа в районе средних и северных Курильских о-вов, но и в начале июня в районе южных Курильских островов. Нельзя исключить, что эти особи будут нереститься не в традиционные сроки, ближайшей весной, а уже осенью в год их поимки.

Часть созревающей микижи возрастных групп 3.3+, 3.4+ и 4.3+ уже мела нерест после второго или третьего года жизни в море. Таких особей было поймано 53, в том числе 32 в июле, 19 в августе и 2 в сентябре. По акватории прикурильских вод Тихого океана после нерестовые особи были распределены довольно широко — от 51° до 46° с. ш. (рис. 4) и, следовательно, после нереста микижа может уходить в океан далеко от родных берегов.

Возрастной состав. Типично проходная микижа естественного воспроизводства в пресных водах живет от 2 до 5 лет, обычно 3 года (Савваитова и др., 1973; Павлов и др., 2001), особи искусственного разведения подращиваются в пресной воде 1 год. В морской среде микижа живет от 1 до 7 лет, обычно 3–4 года. В связи с длительным пресноводным и морским периодом жизни микижи в различных их сочетаниях, для ее группировки в прикурильсих водах Тихого океана характерен сложный возрастной состав. В группу особей заводского происхождения отнесено около 639 экз. (27% от всех особей, у которых определен полный возраст), в том числе 581 экз. (91%) с метками в виде ампутированных плавников и 51 экз. (9%) без меток, но с не дифференцированной на годовые зоны пресноводной частью чешуи. Особи заводского происхождения представлены четырьмя возрастными группами: 1.1+, 1.2+, 1.3 и 1.4+. При этом, самой многочисленной является группа, проведшая в морской среде 1 год — 476 экз. (74,5%), а малочисленными, проведшие в море 3 и 4 года — 6 и 4 экз. (0,9 и 0,2%) соответственно (табл. 1). Подобное соотношение численности возрастных групп связано, на наш взгляд, с тем, что не все особи возрастных групп 1.2+ и, тем более 1.3+ и 1.4+, доходят в своих летних миграциях до прикурильских вод Тихого океана: в связи с созреванием и предстоящим нерестом значительная их часть поворачивает на восток сразу после зимовки. Длина тела рыб возрастной группы 1.1+ изменяется от 55 до 77 см, масса тела от 1,48 до 4,62 кг, средняя 63 см и 2,52 кг соответственно, распределение этих показателей носит нормальный характер. Соотношение полов в группе близко к 1:1, при этом размерно-весовые показатели самцов и самок практически одинаковы. Большинство особей группы (95%) являются незрелыми, рыб, уже имевших нерест, нет. На второй год жизни в море заводская микижа интенсивно растет: в июле и августе в приросте чешуи текущего года насчитывается от 10 до 36, в среднем 27 склеритов. Длина тела рыб возрастной группы 1.2+ изменяется от 62 до 87 см, масса тела от 2,60 до 6,80 кг, средняя 73 см и 4,24 кг соответственно, распределение этих показателей близко нормальному. В соотношении полов доминируют самки (66%), самцы несколько крупнее самок, в среднем на 2 см и 0,23 кг. Большинство особей рассматриваемой группы (74,3%) являются впервые созревающими, при этом среди самок созревающих особей значительно больше (86,3 %), чем сам среди самцов (51%). На третий год жизни микижи в море ее рост заметно замедляется: в июле и августе в приросте чешуи текущего года насчитывается от 8 до 26, в среднем всего лишь 15 склеритов. Рыб, уже имевших нерест, в рассматриваемой возрастной группе не отмечено. Заводских особей микижи, которые остаются в

Таблица 1. Возрастной состав группировки микижи в прикурильских водах Тихого океана в 1996–2006 гг.

№ п/п	Возрастная группа	N, экз.	Встречаемость, %
1	1.1+	476	20
2	1.2+	156	6,6
3	1.3+	6	0,3
4	1.4+	1	0,04
5	2.1+	28	1,2
6	2.2+	52	2,2
7	2.3+	5	0,2
8	2.4+	1	0,04
9	3.1+	389	16,4
10	3.2+	915	38,6
11	3.3+	92	3,9
12	3.4+	3	0,1
13	4.1+	93	3,9
14	4.2+	136	5,7
15	4.3+	9	0,4
16	5.1+	5	0,2
17	5.2+	3	0,1
18	3.6+	1	0,04
Всего:		2371	100

океане на нагул на четвертое и пятое лето мало — всего 6 и 1 соответственно или 0,9 и 0,2 % от всех выловленных заводских рыб. Все они отличались большими размерно-весовыми показателями (длина тела 81–87 см, масса тела 5,20–8,01 кг) и имели минимальное, 3–5, число склеритов в приросте чешуи текущего года. Половина особей возрастной группы 1.3+ были незрелыми.

Большую часть особей, у которых определен полный возраст, составляли рыбы естественного происхождения (1732 экз. или 73%). В пресной воде они провели от 2 до 5 лет. При этом особи, проведшие в пресных водах 2 года, образовывали 4 возрастные группы (2.1+, 2.2+, 2.3+ и 2.4+), 3 года — 5 возрастных групп (3.1+, 3.2+, 3.3+, 3.4+ и 3.6+), 4 года — 3 возрастные группы (4.1+, 4.2+ и 4.3+) и 5 лет — 2-е возрастные группы (5.1+ и 5.2+). Всего, таким образом, у микижи естественного воспроизводства отмечено 14 возрастных групп с минимальной длительностью жизни в 3 года и максимальной в 9 лет. Основу группировки (94%) составляют особи, проведшие 3–4 года в пресных водах и 1-3 полных года в морской среде и формирующие 5 возрастных групп (3.1+, 3.2+, 3.3+, 4.1+ и 4.2+), среди которых самыми многочисленными являются возрастных групп 3.1+ и 3.2+ (75,3%). При этом обращает на себя внимание доминирование среди них особей, проведших в морской среде 2 полных года (возрастная группа 3.2+), а не 1, как у рыб заводского происхождения (возрастная группа 1.1+) (табл. 1). Мы объясняем это тем, что будучи не зрелой, большая часть рыб возрастной группы 3.1+ остается на нагул в Тихом океане не входя в прикурильские его воды. Особи же возрастной группы 3.2+ в большей своей части являются преднерестовыми, поэтому они в массовом порядке и входят в прикурильские воды Тихого океана, акватория которых используется ими как транзитная на пути к местам нереста в реках п-ова Камчатка. Остальные 9 возрастных групп малочисленные (6%), в них входит от 0,05 до 3% всех особей естественного воспроизводства. Длина тела рыб возрастной группы 3.1+ изменяется от 45 до 74 см, масса тела от 1,30 до 5,50 кг, средняя 59 см и 2,36 кг соответственно, распределение показателей длины и массы тела носит нормальный характер. Соотношение полов в группе близко к 1:1, при этом самцы заметно крупнее самок, особенно по длине тела. Большинство группы (83,6 %) составляют незрелые особи и в ней отмечена линь одна особь, уже имевшая нерест. На второй год жизни в море микижа интенсивно растет: в июле и августе в приросте чешуи текущего года насчитывается от 8 до 37, в среднем 22 склерита. У некоторых рыб с середины-конца августа на чешуе уже начинает закладываться второе морское годовое кольцо. Длина тела рыб возрастной группы 3.2+ изменяется от 54 до 87 см, масса тела от 2,24 до 7,99 кг, средняя 72 см и 4,24 кг соответственно, распределение показателей длины и массы тела близко нормальному. В соотношении полов наблюдается доминирование самок (63,7%,), при этом самцы крупнее самок, в среднем на 4 см и 0,50 кг. Большинство особей в группе (91,2%) являются впервые созревающими, среди самок созревающих особей больше (96%), чем среди самцов (82%). На третий год жизни в море рост рыб замедляется: в июле и августе в приросте чешуи текущего года насчитывается от 3 до 14, в среднем 9 склеритов. Если в группе 1.2+ особей, уже имевших нерест не наблюдалось, то в группе 3.2+ таких рыб отмечено 7 или 0,8 % от общего их числа. Все они пойманы в период от середины июля и до конца августа. Наличие таких рыб мы объясняем близостью акватории прикурильских вод Тихого океана к местам нереста микижи на п-ове Камчатка: отнерестившись весной в реках полуострова, она к середине или концу лета может вполне успеть откочевать в эти воды.

Сравнительный анализ размерно-весовых показателей микижи различных возрастных групп показывает следующее. Микижа заводского происхождения в первый-второй год жизни в море по линейному и весовому росту обгоняет "диких" особей. Исключение составляют лишь "дикие" особи возрастной группы 4.1+, которые по весовому росту аналогичны заводским особям. Последнее связано, возможно, с тем, что смолты, проведшие в пресной воде четыре года по своим размерам близки заводским. Линейный рост "диких" особей микижи в первый-второй год жизни не зависит от длительности пресноводного периода их жизни. При этом особи, проведшие в пресных водах 2 и 3 года, по весовому росту отстают от особей, проведших в пресных водах 4 года. Для "дикой" микижи основных возрастных групп характерен широкий размах колебаний размерно-весовых показателей. В возрастной группе 3.1+ они перекрываются с таковыми в 3.2+, а ее, в свою очередь, с 3.3+. В связи с этим в смешанных группировках микижи по размерно-весовым показателям возможно с большой вероятностью выделять возрастную группу 3.1+, но невозможно разделять 3.2+ и 3.3+.

Питание. В пресноводный период жизни микижа является факультативным хищником, поедающим бентос (насекомых, моллюсков), жуков, воздушных насекомых и даже грызунов, переплывающих че-

рез реки, в ее желудках также обнаруживаются листья и ягоды растений. Но основу ее питания составляют все же рыбы — молодь *Oncorhynchus* sp., *Salvelinus* sp., колюшка и другие, доля которых возрастает у крупных особей. Наиболее активное питание микижи наблюдается в после нерестовый период (Крашенинников, 1949; Максимов, 1971; Савваитова и др., 1973; Павлов и др., 2001). В море основу питания микижи так же составляет рыба. У особей, добытых летом 2000 г. в Охотском море в желудках были обнаружены по 1–2 сельди *Clupea pallasii* длиной 17–24 см (Черешнев и др., 2002). По нашим данным по характеру питания в морской период жизни мкижа является активным хищником, основу ее пищевого комка составляют эпи- и мезопелагические рыбы и кальмары. Из рыб в желудках микижи отмечена молодь терпуга Pleurogrammus sp. и мальки пестрого получешуйника Гилберта *Hemilepidotus gilberti*. Длина тела молоди терпуга обычно составляла 4,5–12 см и в некоторых желудках ее насчитывалось до 35 экз.. Иногда длина тела потребленного терпуга достигала 27 см (возрастная группа 1+). Мальки получешуйника имели длину тела от 2,5 до 3,0 см. На юге района в желудках микижи часто встречалась сайра *Cololabis saira* — по 2–3 экз. с длиной тела 22–34 см, иногда —- анчоус Engraulis japonicus. Единично в желудках микижи встречалась тарлетонбеания *Tarletonbeania crenularis* и другие миктофиды с длиной тела от 5 до 20 см, а так же трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus*. Кальмары представлены камчатским кальмаром Gonatus kamtschaticus и кальмаром Бартрама *Ommastrephes Bartrami*. Первые имели мантию длиной от 3,5 до 12 см, редко до 18 см и заглатывались целиком, а кальмар Бартрама был представлен только откушенными щупальцами. Кроме кальмаров в желудках микижи иногда отмечали и молодь осьминогов. Встречаемость рыб в желудках микижи составляла 65–95, в среднем 69%, кальмаров 35–42, в среднем 36%. Кроме рыб, кальмаров и осьминогов в желудках микижи отмечены ракообразные, воздушные насекомые, преимущественно осы и пчелы, редко бабочки, остатки водорослей, а так же несъедобный мусор — кусочки коры хвойных деревьев, древесины и пенопласта. Масса пищевого комка изменялась от 1 до 359 г, в среднем 71 г, индекс наполнения желудка — от 4 до 628, в среднем 173 о/ооо. Наибольшим индекс наполнения был в тех случаях, когда пищевой комок состоял из 2–3 особей сайры или взрослых кальмаров, а наименьшим, когда содержал ракообразных, воздушных насекомых, водоросли или несъедобный мусор. Исключением была лишь один случай, когда при массе пищевого комка в 72 г он полностью состоял из воздушных насекомых представленных 110-ю пчелами. Эта особь микижи была поймана 5 сентября 2003 г. в 200-х км к востоку от острова Итуруп в координатах 44°51 с. ш., 150°30 в. д. У значительной части микижи, от 27 до 66%, в среднем 58%, желудки не содержали пищу, что связано, видимо, с ночным временем ее поимки.

Заключение

Кроме пяти видов рода *Oncorhynchus* в ИЭЗ России в прикурильских водах Тихого океана широко распространен и еще один вид проходных лососей из тихоокеанских форелей — микижа. Микижа, подобно кижучу, термофильный вид, на зимовку в океан она уходит от берегов восточной Азии дальше, чем горбуша, кета, нерка и чавыча. Соответственно и возвращается она к ним позже всех видов лососей рода Oncorhynchus, получая наибольшее распространение в прикурильских водах Тихого океана во второй половине июля и августе. Одна часть микижи использует эту акваторию как транзитную на пути к местам нереста на Камчатке, другая — как нагульную. По численности микижа сравнима с чавычей, и является не редким, а малочисленным видом. В прикурильских водах Тихого океана микижа имеет двоякое происхождение — из естественных водоемов п-ова Камчатка и с рыборазводных заводов тихоокеанского побережья Северной Америки. Последние, достигая прикурильских вод Тихого океана, совершают одни из самых протяженных миграций среди лососевых рыб. Группировка микижи представлена незрелыми и созревающими особями, последние подразделяются на впервые созревающих и созревающих повторно. К группе незрелых предложено относить самцов и самок, имеющих массу семенников и яичников 5 и 10 г соответственно. А к группе созревающих — самцов и самок с массой семенников и яичников > 5 и >10 г соответственно. Небольшая часть созревающей микижи характеризуется необычно высокой зрелостью, возможно, что эти особи будут нереститься не как обычно, ближайшей весной, а уже в год поимки. В этом случае у микижи следует признать наличие сезонных рас. Азиатская микижа, уже имевшая нерест, широко распространена по всей акватории прикурильских вод Тихого океана, что существенно дополняет представления о протяженности ее после нерестовых миграций. Аналогичные особи североамериканского происхождения в рассматриваемом районе не отме-

чены. Размерно-весовые показатели микижи изменяются в широких пределах, что связано со сложной ее возрастной структурой. Группировка "дикой" микижи состоит из 14-ти, а заводской из 4-х возрастных групп. Среди "диких" рыб доминируют созревающие особи возрастной группы 3.2+, что связано с близостью районов их поимки к местам нереста. Среди рыб заводского воспроизводства доминируют незрелые особи возрастной группы 1.1+, что объясняется удаленностью районов их поимки от мест нереста. По характеру питания в морской среде микижа является типичным хищником, схожим в этом отношении с чавычей. Основу ее пищевого комка составляют рыбы и кальмары.

Список литературы

Крашенинников С.П. 1949. Описание земли Камчатки. М.-Л.: Главсевморпуть, 308 с.

Кохменко Л.В. 1972. Питание микижи *Salmo mykiss* Walb. в некоторых водоемах Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 12. Вып. 2. С. 320–327.

Коваленко С.А., Шубин А.О. 2000. О преднерестовой и нагульной миграции камчатской семги (*Salmo mykiss* Walb.) в прикурильских водах Тихого океана и Охотском море // Вопр. рыболовства. Т. 1. Ч. 1. № 2–3. С. 179–181.

Kovalenko S.A., Shubin A.O. 2000. Distribution and some biological characteristics of mikizha (*Parasalmo mykiss*) in May-August 1996–2000 in the Kuril Island waters of Pacific Ocean and the waters of Okhotsk Sea // Doc. NPAFC. № 508, 13 p.

Коваленко С.А., Шубин А.О., Руднев В.А. Чавыча в уловах дрифтерных сетей // Рыбное хозяйство. 2000. № 5. С. 28–29.

Kovalenko S.A., Shubin A.O., Khorevin L.D., Rudnev V.A., Tarasyuk E.V., Chupakhin V.M., Ivanova I.M., Ignatyev Yu.I., Nemchinova I.A. 2003. Distribution and structure of *Parasalmo mykiss* grouping in the near-Kuril waters of Pacific Ocean and Okhotsk Sea // Doc. NPAFC. № 667, 15 p.

Коваленко С.А., Шубин А.О., Немчинова И.А. 2005. Распределение и биологическая характеристика микижи *Parasalmo mykiss* (Salmonidae) в прикурильских водах Тихого океана и в Охотском море // Вопр. ихтиологии. Т. 45. № 1. С. 70–80.

Максимов В.А. 1971. Биология размножения пресноводной восточнокамчатской микижи Salmo mykiss Walb. из бассейна р. Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 11. Вып. 1. С. 50–57.

Мурза И.Г., Христофоров О.Л. 1991. Определение степени зрелости гонад и прогнозирование возраста достижения половой зрелости у атлантического лосося и кумжи (методические указания). Л.: ГосНИОРХ, 102 с.

Марковцев В.Г. 1999. Российско-японские переговоры по лососям // Рыб. хоз-во. № 4. С. 28–29.

Ожеро З., Фули Д.Н. 2009. Атлас «Тихоокеанские лососи»: первая картографическая оценка состояния лососей в Северной Пацифике. Владивосток, 166 с.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищепромиздат, 376 с.

Павлов Д.С., Савваитова К.А., Кузищин К.В, Груздева М.А., Павлов С.Д., Медников Б.М., Максимов С.В. 2001. Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии. М.: Научный мир, 200 с.

Руководство по изучению питания рыб. 1986. Владивосток: ТИНРО, 32 с.

Савваитова К.А., Максимов В.А., Мина М.В., Новиков Г.Г., Кохменко Л.В., Мацук В.Е. 1973. Камчатские благородные лососи. Изд-во Воронежского университета, 119 с.

Чугунова Н.И. 1959. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Изд-во АН СССР, 164 с.

Черешнев И.А., Волобуев В.В., Шестаков А.В., Фролов С.В. 2002. Лососевидные рыбы северо-востока России. Владивосток: Дальнаука, 495 с.

Цигир В.В. 1999. Промысел чавычи, кижуча и нерки в водах Японии // Рыб. хоз-во. № 4. С. 29–30.

Fukuwaka M., Urawa S., Ono I., Tanaka H, Davis N., Walker R. 2000. Recoveries of high-seas tags in Japan in 1999, and tag releases and recoveries of fin-clipped salmon from Japanese research vessel surveys in the North Pacific Ocean in 2000 // NPAFC Doc. № 482, 12 p.

Fukuwaka M., Urawa S., Hirasawa K., Tanaka H., Davis N. Walker R. 2002. Recoveries of high-seas tags in Japan in 2001, and tag releases and recoveries of fin-clipped salmon from Japanese research vessel surveys in the North Pacific Ocean in the summer of 2002 // NPAFC Doc. № 621, 11 p.

Ito J., Takagi K., Ito S. 1974. The identification of maturing and immature chinook salmon, Oncorhynchus tshawytscha (Walbaum) in the offshore stage and some related information // Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. No. 11. P. 67–75.

Ito Soto-o, Ishida Y. 1998. Species identification and age determination of pacific salmon (Oncorhynchus spp.) by scale patterns // Bulletin of the National Research Institute of Seas Fisheries. No. 35. P. 131–154.

Myers K.W., Walker R.V. 1990. Known ocean ranges of stocks of Pacific salmon and steelhead as shown by tagging experiments, 1956-1989 // INPFC Doc. FRI-UW-9009, 57 p.

Myers K.W., Harris C.K., Ishida Y., Margolis L., Ogura M. 1993. Review of the Japanese driftnet salmon fishery in the Western North Pacific Ocean and the continent of origin of Salmonids in the area // Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. No. 52, 86 p.

Myers K.W., Davis N.D., Celewycz A.G., Farley E.V., Jr., Morris J.F.T., Trudel M., Fukuwaka M., Kovalenko S. and Shubih A. 2005. High seas salmonid coded-wire tag recovery data, 2005 // NPAFC Doc. № 905, 42 p.

Takagi K. 1961. The seasonal change of gonad weight of sockeye and chum salmon in North Pacific Ocean, especially with reference to mature and immature fish // Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab. Bull. No. 23. P. 17–34.

Welch D.D., Ishida Y., Nagasawa K., Eveson J.P. 1998. Thermal limits on the ocean distribution of Steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) // NPAFC Bull. No. 1. P. 396–404.

УДК 594.124

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА МИДИИ MYTILUS TROSSULUS IVALVIA: MYTILIDAE) В БУХТЕ ВЕСЁЛАЯ ТАУЙСКОЙ ГУБЫ ОХОТСКОГО МОРЯ

Жарников В.С.

ИБПС ДВО РАН, г. Магадан

Контактный e-mail: 1zharnikov@mail.ru

Введение

Первые эксперименты по культивированию тихоокеанской мидии в Тауйской губе начали проводить с 2009 г (Жарников, 2010). Технология выращивания мидий отрабатывалась на установках различного типа: длинная линия и круговые — с диаметром круга 1, 2, и 3 м (Жарников, 2011а).

Важным этапом культивирования и пополнение молодью литоральных популяций мидий, является оценка состояния и времени естественного воспроизводства, о чем можно судить по результатам нереста моллюсков (Мотавкин, Вараксин, 1983). Репродуктивный цикл тихоокеанской мидии представляет собой сложный процесс, протекающий при определенных условиях, среди которых температура воды играет существенную роль (Зотин, Озернюк, 2004).

Существенное влияние на процессы размножения и роста оказывает район обитания моллюсков: различные области литорали, сублитораль, эстуарная зона, отличающиеся гидрологическими условиями (Кулаковский, Сухотин, 1986; Кулаковский, 2000). Для дальнейшего совершенствования технологии выращивания, восстановления и пополнения запасов тихоокеанской мидии в Тауйской губе необходимо изучить период размножения и выживания личинок *M. trossulus.* В настоящее время проблема исследования воспроизводства мидий является наиболее актуальной.

Цель работы — изучить численность, размерный состав и сроки пребывания в планктоне пелагических личинок тихоокеанской мидии в бух. Веселая Тауйской губы.

Материал и методика

Материалом послужили данные планктонных сборов мидий, собранных в бухте Веселая Тауйской губы с июля по сентябрь в 2011 г. (рис. 1). Отбор проб планктона проводили сетью Джеди (площадь входного отверстия 0,1 м^2, ячея фильтрующего конуса 0,168 мм) в горизонте дно-0 м на трех станциях с 5-дневной дискретностью. Глубина в районе расположения станций не превышала 15 м по полной воде. Пробы планктона (всего 72) обрабатывались на свежем материале по методике В. А. Куликовой и Н. К. Колотухиной (1989). После идентификации личинок мидий (DeBoyd, Kevin, 1996) просчитывали их количество в камере Богорова, пересчитывали на 1 м^3 воды и определяли среднюю их численность каждые 10 дней. Все личинки двустворок измеряли под микроскопом с помощью окуляр-микрометра с точность до 25 мкм. Температура воды регистрировалась термохронами.



Рис. 1. Карта-схема района исследований. 1 — станции отбора проб личиночного планктона

Результаты и обсуждение

В 2011 г. первые личинки мидий обнаружены в планктоне бух. Веселая 6 июля, при температуре поверхностного слоя воды 11,5°С в количестве 7 экз/мі, при длине раковины 75–100 мкм. К концу первой декады июля концентрация личинок в планктоне на станциях колебалась от 7 до 22 экз/м^2. Во второй половине июля при максимальной температуре поверхности воды 14,7 °С (средняя за декаду 12,7 °С) численность велигеров и великонхов в планктоне достигала 339 экз/м^2 (рис. 2). В этот период длина их раковин варьировала от 100 до 250 мкм, с переменным преобладанием личинок разных размеров. В третьей декаде июля при повышении температуры воды до 15,6 °С (рис. 2) их количество в планктоне возрастала до 807 экз./м^2. Максимальная длина великонхов в этот период достигала 275 мкм (21 экз/м^2) (рис. 3).

В первой декаде августа наблюдался резкий подъем численности личинок, за счет увеличения ве-

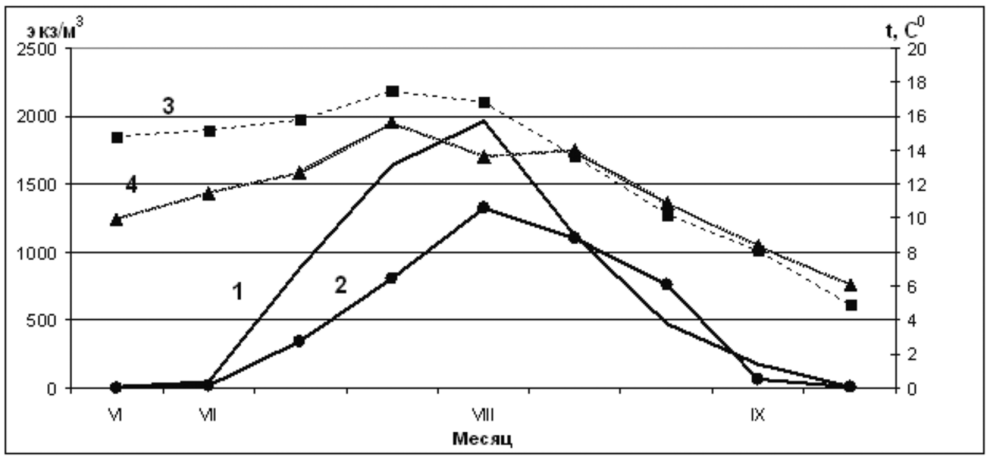


Рис. 2. Сезонные изменения численности личинок 1 — в 2009 г.; 2 — в 2011 г. Температура воды 3 — в 2009 г.; 4 — в 2011 г.

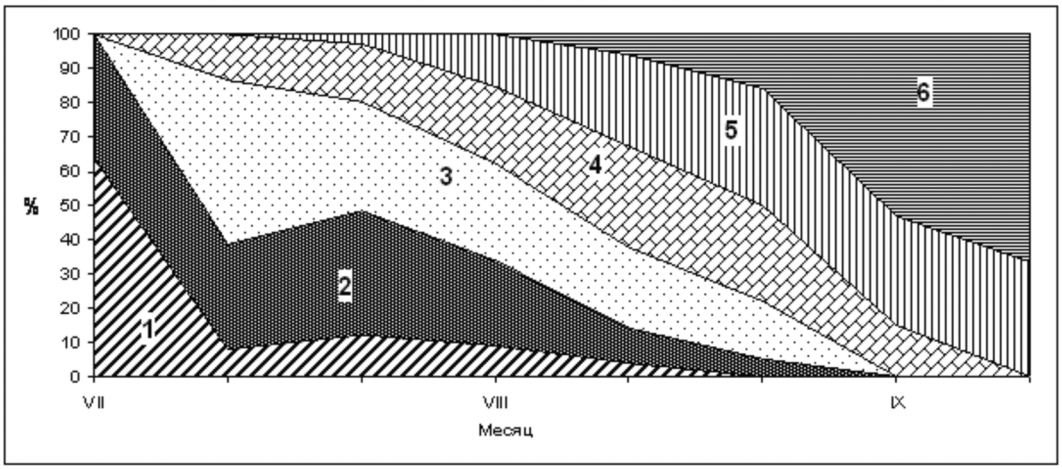


Рис. 3. Сезонные изменения размерного состава личинок *M. trossulus* в планктоне в 2011 г. 1 — 75–100 мкм; 2 — 100–150 мкм; 3 — 150–200 мкм; 4 — 200–250 мкм; 5 — 250–300 мкм; 6 — 300–350 мкм

ликонхов в планктоне с длиной раковины 200–300 мкм (37,8%). Максимальное количество личинок — 1320 экз./м^2 отмечалось в планктоне в период с 1 по 5 августа при температуре поверхности воды — 13,6 °С. Мелкие велигеры (с длиной раковины 75–150 мкм) составили 33,8% (346 экз./м^2), личинки размером 150–250 мкм — 50,7% (769 экз./м^2), педивелигеры (более 250 мкм) — 15,5% (205 экз/м^2).

Во второй декаде августа численность личинок на разных стадиях развития в планктоне колебалась от 998 до 1123 (средняя 1099) экз./м^2. В третьей декаде августа с понижением температуры воды с 13 до 8,5°С наблюдалось снижение численности личинок до 762 экз/м^2. Размеры личинок в этот период варьировали от 150 до 350 мкм. В сентябре в планктоне наблюдалось сокращение количества велигеров от 66 экз/м^2 — в начале месяца до единичных особей к концу (см. рис. 2), при этом не было обнаружено личинок с длиной раковины менее 275 мкм (см. рис. 3).

Лето в 2011 г. характеризовалось как холодное. Температура поверхности воды была на 2–3 °С ниже по сравнению с 2009 г (см. рис. 2). В 2011 году в бух. Веселая нерест мидий начался на 10 дней позднее, чем это происходило 2009 г (Жарников, 2011б). В 2011 г. массовый нерест мидий проходил в сжатые сроки — с 1 по 10 августа при прогреве воды 13,8–14 °С. Однако в целом нерест был растянут, свидетельством чего было длительное присутствие велигеров *M. trossulus* в планктоне. Максимальная численность личинок мидий в холодный в 2011 г. была значительно ниже (1320 экз./м^2) по сравнению с 2009 г. (2125 экз./м^2). Таким образом, полученные данные подтверждают положение о том, что массовое появление личинок приурочено к моменту наибольшего прогрева воды (в 2009 г. 17°С, 2011 г. 14 °С). Добавим, что в августе 2011 г. отмечается значительное количество крупных личинок мидий, находящиеся в стадии оседания, причем их было выше, по сравнению с 2009 г. В литературе есть данные, указывающие на то, что личинки мидии могут задерживать метаморфоз при отсутствии подходящего субстрата для оседания (Verwey, 1952; Bayne, 1964; Максимович, Ведёрников, 1986).

Во второй декаде августа размеры (длина раковины) личинок мидий в планктоне варьировали от 100 до 350 мкм. В целом, индивидуальная продолжительность личиночного развития у *M. trossulus* в бухте Веселая составила 35–40 суток, не смотря на то, что личинки в планктоне регистрировались на протяжении 2,5 месяца. Анализ динамики численности личинок в планктоне бух. Веселая показал наличие одного максимума, регистрируемого в первой декаде августа в 2009 и 2011 гг.

Заключение

Результаты планктонных съемок, проведенных в 2009 и 2011 гг. показали, что сроки наступления нереста и появление первых личинок мидий в бух. Веселая Тауйской губы зависит от температуры прогрева воды в июне-июле. Динамика численности личинок характеризовалась наличием одного ярко выраженного максимума, регистрируемого в первой декаде августа. Интервал между временем появления ранних велигеров в планктоне и моментом начала их оседания на субстрат составляет 35–40 суток. Оседание педивелигеров на различные субстраты начинается к концу первой декады августа, когда размеры достигают 250–350 мкм. С 21 августа по 20 сентября количество личинок в планктоне, готовых к оседанию, сокращается с 762 экз/м^2 до 9 экз/м^2. В II декаде сентября личинки мидии встречаются только на двух станциях. Согласно нормативным дынным, район следует считать перспективным для сбора спата мидий, если численность личинок в планктоне не менее 500 экз/м^2 (Временная…, 1984, 1988). В целом концентрация личинок тихоокеанской мидии в бух. Весёлой в течение июня-сентября двух исследуемых лет (2009, 2011 гг.) была достаточно высокой для успешного сбора спата. На основании полученных результатов можно заключить, что бух. Весёлая является наиболее благоприятным районом для выставления подвесных коллекторов в целях восстановления и пополнения их запасов в процессе выращивания тихоокеанской мидии.

Список литературы

Временная инструкция по биологии культивирования тихоокеаской устрицы. 1984. Владивосток: ТИНРО, 25 с.

Временная инструкция по биологии культивирования съедобной мидии. 1988. Владивосток: ТИНРО, 36 с.

Дроздов А.Л., Заварзина Е.Г., Куликова В.А. 1983. Эмбриональное и личиночное развитие мидии Грея // Биология мидии Грея. № 1. С. 35–41.

Жарников В.С. 2010. Рост мидии *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) в садках и на плавучих коллекторах в Тауйской губе Охотского моря // Вестник СВНЦ ДВО РАН. № 2. С. 70–74.

Жарников В.С. 2011а. Динамика численности и размерного состава личинок мидий *Mutilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) в Тауйской губе Охотского моря. // Вестник СВНЦ ДВО РАН. № 4. С. 101–104.

Жарников В.С. 2011б. Рост мидии (*Mytilus trossulus* Gould, 1850) на плавучих экспериментальных установках радиального типа в бух. Весёлая Тауйской губы. // Геология, география и биологическое разнообразие Северо-Востока России: Материалы Дальневосточной региональной конференции, посвященной памяти А.П. Васьковского и в честь его 100 летия. Магадан: СВНЦ ДВО РАН. С. 127–128.

Зотин А.А., Озернюк Н.Д. 2004. Особенности роста мидии обыкновенной *Mytillus edulis* Белого моря // Изв. РАН. Сер. Биол. № 4. С. 1–6.

Кулаковский Э.Е. 2000. Биологические основы марикультуры мидий в Белом море. - СПб.: Изд. ЗИН РАН. Исслед. фауны морей. Т. 50 (58), 168 с.

Кулаковский Э.Е., Сухотин А.А. 1986. Рост мидии в Белом море в естественных условиях и в условиях марикультуры // Экология. № 2. С. 35–43.

Куликова В.А., Колотухина Н.К. 1989. Пелагические личинки двустворчатых моллюсков Японского моря. Методы, морфология, индентификация. Владивосток: Препринт. №. 21 ИБМ ДВО АН СССР, 60 с.

Максимович Н.В., Ведёрников В.М. 1986.Экология личинок Mytilus edulis L. в губе Чупа (Белое море) // Экологические исследования донных организмов Белого моря. - Л.: ЗИН Ан СССР. С. 30–35.

Мотавкин П.А., Вараксин А.А. 1983. Гистофизиология нервной системы и регуляция размножения у двустворчатых моллюсков. М.: Наука, 206 с.

Bayne, B.L. 1964. Primary and secondary settlement in *Mytilus edulis* L. (Mollusca) // J. Anim. Ecol. Vol. 33. P. 513–523.

DeBoyd L.S. and Kevin B.J. 1996. Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae, 164 p.

Verwey J. 1952. On the ecology of distribution of cockle and mussel in the Dutch Waddensea, their role in sedimentation and the source of their food supply // Arch. Ned. Zool. V. 10. P. 171–239.

УДК 597.553.2

КИЖУЧ *ONCORHYNCHUS KISUTCH* (WALBAUM) БАССЕЙНА Р. ПАЛАНА (СЕВЕРО-ЗАПАД КАМЧАТКИ)

Зорбиди Ж.Х.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: zorbidi.g.h@kamniro.ru

Введение

Широкое распространение азиатского кижуча обусловливает разнообразие сроков нереста, пресноводной среды обитания, потребляемой пищи и наличие разных экоформ. Приспособляемость к разным экологическим условиям обеспечивает, вероятно, его высокую выживаемость. Довольно сложную внутривидовую структуру имеет камчатский кижуч. Повсеместно на Камчатке встречаются раносозревающие и поздносозревающие особи, а также две расы — летняя и осенняя (ранняя и поздняя по срокам нереста), которые, в свою очередь, включают множество экотипов: малых и крупных водотоков, ключевых и озерно-речных нерестилищ.

На западном побережье реки, куда заходят на нерест более или менее многочисленные стада кижуча, расположены в основном южнее 57-параллели. В водоемах, протекающих севернее, численность кижуча, как правило, невелика, за исключением рек Тигиль, Воямполка и в отдельные годы р. Палана. Стадам кижуча, запасы которых относительно малы, не уделялось должного внимания, авиаучет производителей проводился и проводится нерегулярно. Это относится преимущественно к популяциям северных районов обеих побережий Камчатки. По материалам А.Г. Остроумова (1993), в таких реках доминируют нерестилища речного типа. Ключевых нерестилищ значительно меньше, чем в водоемах средней и южной части западного побережья Камчатки и располагаются они преимущественно в верховьях рек и их притоках. Стадо кижуча р. Палана представляет определенный интерес, поскольку является одним из

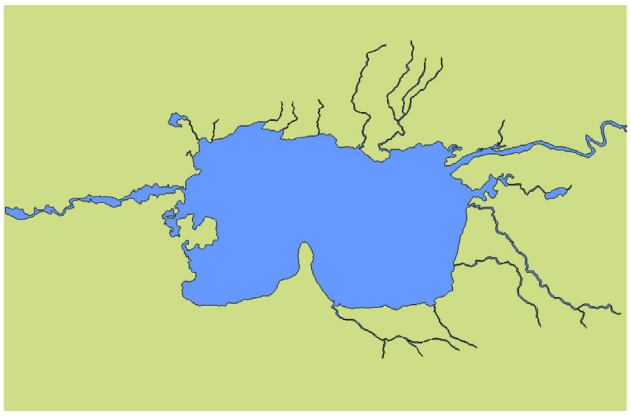


Рис. 1. Карта-схема оз. Паланское и р. Верхняя Палана

самых северных популяций, относящихся к озерно-речному комплексу. По многим биологическим параметрам он сходен с таковым озерно-речного комплекса бассейна р. Налычева (юго-восток Камчатки).

Материал и методика

Материал, касающийся биологических характеристик производителей, собирался в приустьевой зоне р Палана. Сборы молоди кижуча производились в бассейне оз. Паланское (рис. 1). Бассейн озера занимает третье место в Камчатском крае по уровню воспроизводства запасов нерки. Площадь водосбора озера 623,7 км^2, максимальная глубина 28 м. Сезонная динамика уровня воды носит ярко выраженный двухвершинный характер. Весенний подъем уровня начинается, вероятно, в конце мая - начале июня, и продолжается до конца июня. Максимальные уровни наблюдаются в последней декаде июня и могут достигать в некоторые годы 116 см. В июле и августе наблюдался продолжительный спад уровня до отметки 20–30 см, затем до минимальных значений перед наступлением ледостава с последней декады сентября (Николаев, 1993; Остроумов, 1993). Самый многочисленный вид в этом районе — нерка. Кроме нерки в его бассейне размножаются горбуша и кижуч. Нерестилища нерки и кижуча речного и ключевого типа находятся на участках главным образом верхнего течения, где расположено оз. Паланское, в р. Верхняя Палана и ее притоках.

Систематические исследования в бассейне р. Палана начали проводиться с 2004 г. Поэтому в работе использованы данные, собранные в период нерестового хода кижуча 2004–2011 гг., приведены сведения за 1995 г., 2001 г. и материалы по биологии молоди кижуча, пойманной в оз. Паланское в июне-сентябре 2009–2011 гг. (229 экз.).

Полному биологическому анализу подвергнуто 822 экз. половозрелого кижуча (возрастной и половой состав, размеры, масса и плодовитость). У молоди определяли возраст и просчитывали количество склеритов на чешуе, отмечали размерно-массовые показатели и проводили анализ питания разных возрастных категорий с использованием применяемых в ихтиологии методик (100 экз.). Количественная характеристика питания представлена индексами наполнения желудков. Видовой состав пищевых организмов определен сотрудниками КамчатНИРО Т.Н.Травиной и Н.В. Ярош.

Результаты и обсуждение

Динамика нерестовых подходов. Судя по официальным данным численность паланского кижуча невелика. В течение 1991–2007 гг. вылов колебался примерно от 1 до 10 т, но фактически он, вероятнее всего, выше, учитывая, что обычно в сентябре местное население заготавливало рыбу для личного потребления, и этот лов не контролировался. В 2008–2010 годах объем добычи значительно возрос и составлял соответственно 42,5; 30,5 и 17 тонн, в 2011 г. — 5,14 тонн. Площадь нерестилищ кижуча, включая нижнее течение р. Палана составляет 3,16–3,67 га (Остроумов, 1993). По данным А.Г. Остроумова в бассейн озера заходило до 10 тыс. особей раннего и до 5 тыс. особей позднего кижуча. По материалам авиаучетных работ в 2007 г. на нерест пропущено до 81тыс. штук кижуча, в 2009 г.— 23 тыс., а в 2010 г. — 11,5 тыс. экз. (рис. 2). Заход производителей происходит во второй половине августа, в отдельные годы — в третьей декаде месяца и продолжается до ноября, нерест — с сентября по декабрь. Массовый ход кижуча приходится на сентябрь. В самом озере кижуч не нерестует.

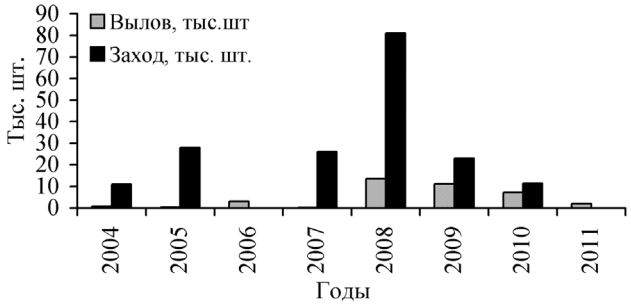


Рис. 2. Вылов и пропуск на нерест кижуча р. Палана

Учитывая, что для озера и рек, впадающих в него, характерны низкие зимние температуры и относительно невысокий снежный покров, выживаемость кижуча на ряде нерестилищ из года в год может быть низкой.

После периода низкой численности с конца 1990-х годов до 2004 г., когда добыча кижуча колебалась в пределах 0,55–4,1 тонн, в настоящее время наблюдается увеличение нерестовых подходов. Так, если средний вылов в 1991–2005 гг. составлял 4,2 т, то в 2006–2011 гг. — 17,0 т. Увеличение численности нерестовых подходов кижуча в эти годы отмечено и у кижуча североохотоморских популяций. По мнению Д.В. Макарова (2011) это обусловлено благоприятными зимними условиями — отсутствием экстремально низких температур на нерестилищах, при которых происходит промерзание нерестовых гнезд во время эмбрионально-личиночного развития. Повышение урожайности поколений кижуча р. Палана, кроме того, может быть связано с высокой выживаемостью молоди в море.

Возрастной состав и соотношение полов. Кижуч, как и другие виды тихоокеанских лососей с длительным пресноводным периодом, характеризуется сложным возрастным составом. Для азиатского кижуча известно 10 возрастных групп (Коновалов, Щербинин, 1973; Зорбиди, 2010а), у кижуча Британской Колумбии — 8. До последнего времени мы считали, что на Камчатке нерестовые стада кижуча включают также до восьми возрастных категорий — 1.1+, 2.1+, 3.1+, реже — 1.2+, 2.2+, 1.0+, 2.0+, 3.0+ (Зорбиди, 2010б). Однако среди производителей кижуча р. Палана в 2009 и 2010 годах встречено по одному экземпляру кижуча (4.1+), прожившего в реке до ската в море 4 года (рис. 3, 4).

Структура чешуи этого кижуча отличается от таковой из других водоемов западной Камчатки, прежде всего малым количеством морских склеритов, особенно во второй год жизни в море (5–6 склеритов), и широкой пресноводной зоной — до 40 и более склеритов. Кроме этого паланский кижуч по возрастному составу отличается от других стад западного побережья Камчатки высокой долей рыб с 3-мя (3.1+) пресноводными годами на чешуе (табл. 1).

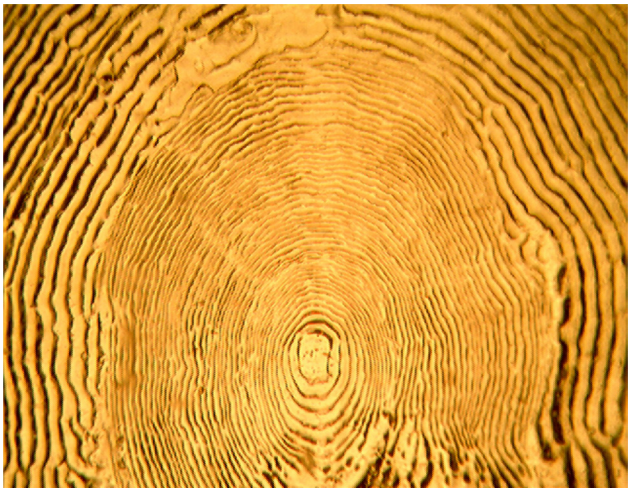


Рис. 3. Чешуя кижуча р. Палана (пресноводная зона), 4 речных года

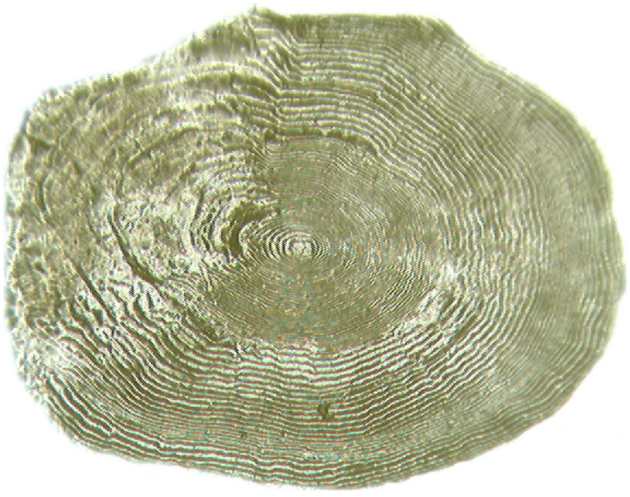


Рис. 4. Чешуя кижуча в возрасте 4.1+ р. Палана 2010 г.: самец, длина 63,5 см; масса 2,82 кг

Таблица 1. Соотношение возрастных групп кижуча в стаде р. Палана

Годы	Возраст					Доля самцов, %	Количество, экз.
	1.1+	2.1+	3.1+	4.1+	2.2+		
1995	27,3	69,1	3,6	–	–	67,0	57
2001	11,5	81,6	4,2	–	2.7	72,3	148
2005	32,7	61,2	6,1	–	–	73,5	52
2006	38,9	58,3	2,8	–	–	73,1	108
2007	28,0	64,0	8,0	–	–	76,0	50
2008	25,6	66,7	7,7	–	–	74,4	78
2009	24,2	64,0	11,3	0,5	–	64,9	185
2010	13,0	79,6	5,6	1,8	–	66,0	53
2011	41,8	54,9	3,3	–	–	57,1	91
Среднее 1995–2010	**27,3**	**66,9**	**5,8**	–	–	**69,3**	822

Обычно, чем севернее расположена река, тем больше в стаде рыб, проживших в пресной воде два года. В р. Палана количество таких особей в отдельные годы достигает более 81%, а с 3-мя речными годами (3.1+) до 11%. В совокупности доля рыб старшего возраста (2.1+, 3.1+,2.2+) в отдельные годы может достигать более 88% (2001 г.). Высокая численность кижуча, задерживающегося на три года в пресной воде характерна для рек, в бассейнах которых расположены озера. В этом плане стадо р. Палана, в бассейне которой расположено оз. Паланское, сходно с таковым озерно-речной системы Налычева (юго-восток Камчатки). Возможно, это вызвано тем, что молодь кижуча перед скатом в море задерживается в озере в силу каких-то причин на длительный срок. Следует отметить, что и у паланской нерки возрастной состав также несколько отличается от других стад западного побережья Камчатки (Бугаев, 2011).

Соотношение полов в целом для большинства нерестовых стад кижуча западной Камчатки за последние два-четыре года претерпело существенные изменения, выразившиеся в увеличении доли самок у некоторых популяций (Зорбиди, 2010а). В целом же для камчатского кижуча характерно некоторое численное преобладание самцов в нерестовых стадах, но доля их редко превышает 60% за путину. Для нерестовых стад кижуча р. Палана характерна постоянная стабильно высокая численность самцов (65–76%), особенно в 2005 и 2007 годах. Только в 2011 г. произошло некоторое снижение их доли до 57% (табл. 1).

Для обеспечения нормального воспроизводства соотношение полов должно оставаться на определенном уровне. Во всяком случае, известно, что экстремально низкое и высокое (более 70%) количество самцов в популяциях одинаково неблагоприятно отражается на эффективности нереста.

Размерно-весовая характеристика. На основании результатов проведенного анализа многолетнего материала более крупные рыбы обычно присутствуют на периферии видового ареала — о. Сахалин, о. Шумшу, северо-восток Камчатки (Волобуев и Рогатных, 1982; Кловач, 2003; Зорбиди Ж.Х., 2010а). В средней части ареала — в большинстве районов на Камчатке, где воспроизводятся достаточно многочисленные популяции, параметры также закономерно увеличиваются с юга на север, хотя возможны и иные варианты. Так, производители кижуча в р. Хайрюзова (северо-запад Камчатки) не отличаются высокими показателями. Размеры особей этого стада колеблются в среднем по годам от 56,7 см до 58,см, масса от 2,4 кг до 2,95 кг (табл. 2). Но у кижуча р. Палана, расположенной значительно севернее р. Хайрюзова, показатели выше: 58,3–62,6 см и 2,7–2,92 кг (в 2001 г. — 68,2 см и 3,82 кг).

Наличие устойчивых тенденций к снижению размеров и массы кижуча, проявившееся на западном побережье после 2003–2004 гг. свидетельствуют, как уже отмечалось (Зорбиди, 2010б), о постоянном воздействии условий морского периода жизни, в частности во время пребывания в эстуариях рек и нагула в океане. В меньшей степени это относится к рыбам северо-западного региона. Снижение биологических показателей кижуча р. Палана произошло после 2008 г. (рис.5).

После достижения максимальных значений в 2001 г. длина и масса производителей кижуча р. Палана снизились и в последствии незначительно превышали таковые особей южнее расположенных

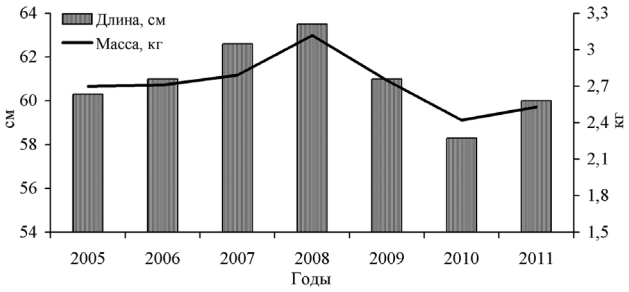


Рис. 5. Динамика размерно-массовых показателей кижуча р. Палана

Таблица 2. Средние показатели длины и массы кижуча рек северо-западного побережья Камчатки

Показатели	Годы								
	1995	2001	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Р. Хайрюзова									
Длина, см	56,7± 0,90	–	58,0± 0,40	57,7± 0,45	62,6± 0,66	57,1± 0,40	57,1± 0,32	56,7± 0,50	57,1± 0,45
Масса, кг	2,40± 0,12	–	2,82± 0,07	2,64± 0,07	2,79± 0,09	2,95 ± 0,08	2,76± 0,06	2,80± 0,08	2,95± 0,15
Р. Палана									
Длина, см	60,7± 0,68	68,2± 0,62	60,3± 0,98	60,4± 0,80	62,6± 0,17	63,5± 0,50	61,0± 0,55	58,3± 0,70	60,0± 0,71
Масса, кг	2,92± 0,06	3,82± 0,10	2,71± 0,12	2,67± 0,10	2,79± 0,12	3,12 ± 0,08	2,75± 0,07	2,42± 0,20	2,53± 0,10

водоемов. Динамика средневзвешенных размерно-массовых показателей в какой-то мере может быть связана с изменчивостью возрастного состава стад, что и наблюдается у кижуча р. Палана — самцы и особи старшего возраста, как правило, крупнее (табл. 3). Но, несмотря на то, что нерестовые стада северных популяций состоят преимущественно из рыб старшего возраста, все же достаточно заметного преобладания в размерах тела кижуча не отмечается.

Изменчивость размерно-массовых показателей трудно объяснить только динамикой возрастного состава, поскольку не всегда особи старшего возраста, особенно в популяциях высоких по численности, обладают большими размерами тела.

Плодовитость. Абсолютная индивидуальная плодовитость (АП) кижуча варьирует в широких пределах. У самок кижуча р. Большая (юго-запад) АП колеблется от 1235 до 10835 икринок, а средняя абсолютная плодовитость (АП) с 1971 по 2007 гг. составила 4551 ± 33 икринок. Эта цифра заметно выше, чем индивидуальная абсолютная плодовитость самок «более северных» рек. При этом в северных реках западного побережья Камчатки (Хайрюзова, Палана) плодовитость самок колеблется в незначительных пределах, особенно у кижуча р. Палана (2632–6030). Максимальные значения АП лишь немногим более 6000 шт. икринок, а среднемноголетняя плодовитость — 4120 икринок. В межгодовом аспекте плодовитость рыб, как и другие биологические характеристики, подвержена значительной изменчивости. В исследуемый период наблюдается тенденция к снижению средней АП самок кижуча р. Палана, как и в других стадах западной Камчатки. Так на северо-западе Камчатки у самок р. Хайрюзова АП в 2010 г. снизилась до 3520 шт. икринок (средняя 3739), а в стаде р. Палана до 2816 шт. икринок (средняя АП 4137). В 2011 г. АП несколько возросла, но не достигла многолетнего значения (табл. 4).

Таблица 3. Длина и масса самцов и самок кижуча р. Палана

Годы	Возраст						Пределы колебаний массы, кг	Пределы колебаний длины, см
	1.1+		2.1+		3.1+			
	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки		
2001	65,6 / 3,42	64,8 / 3,49	70,0 / 4,06	66,4 / 3,56	71 / 4,39	–	55,0–75,5	2,57–5,45
2005	55,8 / 2,21	63,3 / 3,0	60,5 / 2,69	62,8 / 2,98	67,8 / 3,85	62,0 / 3,5	56,5–75,0	1,12–3,82
2006	58,2 / 2,40		62,8 / 2,89		64,0 / 3,27		48,0–71,0	1,22–3,73
2007	61,9 / 2,66	59,3 / 2,67	62,9 / 2,82	63,0 / 2,67	62,8 / 3,00	66,5 / 3,27	54,0–71,0	1,90–3,51
2008	60,2 / 2,55	60,9 / 2,81	64,1 / 3,23	66,0 / 3,47	68,2 / 3,78	62,0 / 3,06	52,0–70,5	1,58–4,22
2009	59,2 / 2,49		61,3 / 2,78		63,2 / 3,13		48,5–70,5	1,53–4,10
2010	58,3 / 2,38	54,3 / 1,90	59,2 / 2,59	57,2 / 2,14	61,0 / 2,92	–	49,0–67,0	1,51–3,52
2011	58,0 / 2,24	57,2 / 2,27	62,6 / 2,86	59,1 / 2,42	68,2 / 3,44	–	49,0–72,0	1,72–4,27

Примечание. Над чертой длина тела, см; под чертой масса тела, кг

Таблица 4. Абсолютная индивидуальная плодовитость кижуча р. Палана

Годы	Средняя АП	Пределы колебаний	Количество, экз.
2001	4889	3845–6030	39
2005	4205	2813–5400	20
2006	3805	2632–4650	48
2007	3811	2744–4658	32
2008	4356	3569–5680	40
2009	3651	1264–5616	59
2010	2816	1800–4232	15
2011	3476	2296–4598	39
Среднее	4120	1264–6030	292

Подобное отмечается и у североохотского кижуча (Макаров, 2011). Формирование конечной плодовитости определяется величиной потенциальной плодовитости, зависящей от роста молоди в пресной воде, и скоростью роста в течение первого года жизни в море. Абсолютная индивидуальная плодовитость тесно коррелирует с массой тела самок и их длиной. Уменьшение приростов в море и, соответственно, длины и массы тела кижуча западной Камчатки обусловило соответствующие изменения в абсолютной плодовитости самок. Не исключение в этом плане и стадо р. Палана. Значительное изменение в размерно-массовых показателях рыб в 2010–2011 гг. повлекло и снижение величины АП, которое проявилось у самок всех возрастных категорий (рис. 6).

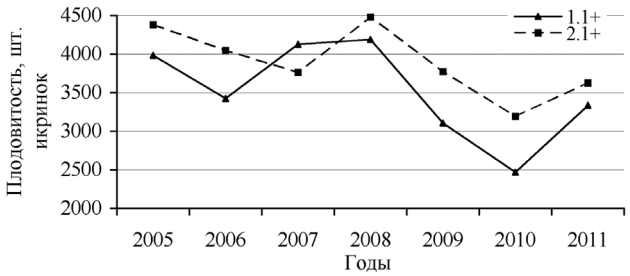


Рис. 6. Изменчивость индивидуальной плодовитости самок кижуча двух возрастных категорий

Материалы за 2005–2011 гг. в целом свидетельствуют о более высокой плодовитости самок возраста 2.1+, тогда как особи, прожившие в пресных водах три года, как правило, имеют меньшую индивидуальную плодовитость.

Биология молоди кижуча оз. Паланское. Молодь кижуча из озера Паланское мигрирует в море в возрасте 1–4 года. Основная часть молоди скатывается в возрасте 2 года, смолты возраста 4+ встречаются как исключение. В период взятия проб в конце июня – начале сентября в 2009–2011 гг. основная часть молоди уже скатилась, поскольку миграция смолтов кижуча в реках северо-запада обычно начинается в третьей декаде мая – первой декаде июня и завершается в конце июля – начале августа. Некоторая часть скатывающейся молоди может задерживаться в предустьевой зоне на длительное время и выход в море продолжается до середины августа (Кириллова, 2009). В пробах из оз. Паланское присутствовала молодь кижуча разного возраста длиной от 3,0 см до 15,6 см и массой от 340 мг до 38,6 г. По материалам А.И. Смирнова (1975) чешуя лососей начинает закладываться при длине мальков 35–40 мм и массе 300–350 мг. По нашим данным у молоди рр. Авача и Плотникова закладка происходит при длине от 37 до 41 мм (табл. 5). В бассейне этих рек среди молоди 40–41 мм существует три группы с разным количеством склеритов на чешуе: только центральная пластинка, центральная пластинка и 1–2 склерита, центральная пластинка и 3–4 склерита. Разный темп образования склеритов в дальнейшем сохраняется.

Таблица 5. Размеры (мм) и число склеритов на чешуе молоди кижуча

Длина рыб, мм	Количество рыб, экз.	Центральная пластинка отсутствует, %		Только центральная ластинка, %		Центральная пластинка 1–2 склерита, %		Центральная пластинка 3–4 склерита, %	
		1	2	1	2	1	2	1	2
30	8	100	100	–	–	–	–	–	–
35	25	100	–	–	–	–	–	–	–
36	25	100	–	–	100	–	–	–	–
37	20	80,0	–	20,0	50	–	50	–	–
38	32	18,8	–	78,1	–	3,1	80	–	20
39	28	–	–	32,1	13	67,9	87	–	–
40	42	–	–	38,0	17	57,2	83	4,8	–
41	46	–	–	37,0	–	50,0	71	13,0	29
42	48	–	–	–	–	41,7	30	58,3	70
43	42	–	–	–	–	57,1	21	42,9	79
44	38	–	–	–	–	52,6	14	47,4	86
45	44	–	–	–	–	45,5	–	54,5	100
46	40	–	–	–	–	50,0	8	50,0	92
47	61	–	–	–	–	32,8	–	67,2	100
48	33	–	–	–	–	–	–	100	100
49	44	–	–	–	–	27,3	–	72,7	100
50	25	–	–	–	–	20,0	–	80,0	100

Примечание. 1— Реки Плотникова, Авача; 2 — оз. Паланское

Несколько по иному, скорее всего, при меньших размерах молоди, происходит закладка чешуи у кижуча оз. Паланское. Во всяком случае, от 50 до 87% молоди при длине 37–39 мм уже имеет 1–2 склерита на чешуе, при длине 38–41 мм до 29% у молоди на чешуе 3–4 склерита, а при 45–50 мм практически у 100% молоди сформировано 3–4 склерита (табл. 5). А.П. Шершнев (1973) отмечал, что у мальков кеты индивидуальные отклонения длины тела, при которой происходит образование чешуйной пластинки, могут быть значительными — от 33 мм до 45 мм. У большинства мальков кижуча оз. Паланское при длине тела 36 мм чешуйная пластинка была уже сформирована.

Обычно в пресных водах Камчатки в любое время года можно встретить молодь кижуча различных размерных и возрастных групп, занимающих часто один и тот же биотоп, с разным количеством склеритов на чешуе одновозрастных особей (Зорбиди, Полынцев, 2000). Такая вариабельность размерно-возрастного состава обусловлена рядом причин, из которых главной, несомненно, можно считать растянутость сроков нереста производителей кижуча. Наибольшее количество пресноводных склеритов насчитывается у жилой формы. У молоди проходного кижуча за год формируется преимущественно от 5 до 16 склеритов (реже 17–18), причем максимальное — у рыб р. Камчатка. В основном же на западном побережье у годовиков 6–12 склеритов. Материалы по молоди из озера укладываются в эти пределы. У сеголеток в августе — от 1 до 6 склеритов, в приросте у двухлеток (1+) в июне насчитывается 1–2 склерита, в сентябре от 1 до 7 склеритов.

По нашим данным высокая разнокачественность молоди по возрасту и длине наблюдается в оз. Паланское в конце июня – начале июля (рис. 7).

В это время в пробах присутствовали мальки (чешуя не сформирована, 2,9%), сеголетки (0+: 26,5%) ,у которых до 5 склеритов на чешуе, двухлетки (1+: 26,5%), двухгодовики и трехлетки (2+: 44,1%). Высокая доля молоди возраста 2+ соответствует и возрастному составу производителей. В августе доля сеголеток увеличилась до 66,5%, двухлеток — до 32,9%, двухгодовики (два пресноводных года без прироста) — 0,6%. Численно преобладала молодь длиной 4–5,5 см. Основная часть рыб старшего возраста (2+) и более крупной молоди, судя по рисунку 7, к августу скатывается в основное русло реки. Возможно, определенная часть затем не покидает пресной воды и задерживается в приустьевой зоне до следующей весны.

В сентябре в озере остаются преимущественно две возрастные категории молоди — 0+ и 1+, но разнокачественность ее по размерам и массе возросла по сравнению с предыдущим месяцем. Кривая размерного ряда, представленная на рисунке 7, имела три вершины — группы молоди длиной в среднем 4,5 см; 6–6,5 см и 8,5 см. Коэффициент вариации, отражающий вариабельность длины и массы рыб, в сентябре достиг соответственно 21,4 и 82,8, тогда как в августе — 19,6 и 58,0. Результаты анализа биологических показателей молоди представлены в таблице 6.

У кижуча оз. Паланское довольно значительны пределы колебаний длины тела, массы и коэффициентов упитанности в рамках одного возрастного класса. По своим биологическим параметрам молодь р. Палана в целом мельче, чем в водоемах юго-западной Камчатки и менее упитанна, но, как и в других районах воспроизводства, в летнее время упитанность сеголеток выше, чем двухлеток, хотя не всегда превосходит упитанность трехлеток (2+).

Условия среды в период нагула и зимовки в озерно-речной системе Паланское по-видимому таковы, что вызывают задержку большей части молоди в пресной воде на два–три года. Разно-

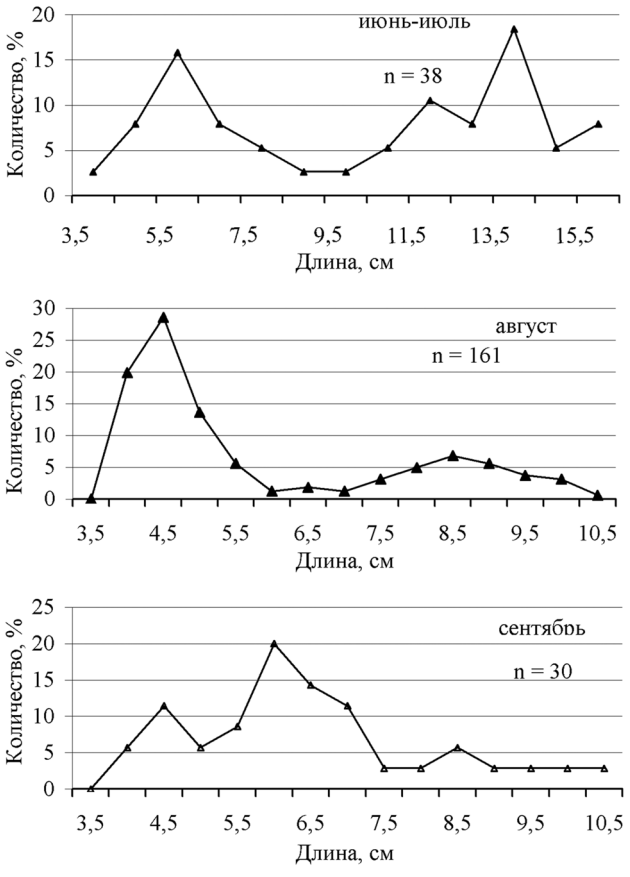


Рис. 7. Размерный ряд молоди кижуча оз. Паланское в июне – сентябре

качественность молоди в дальнейшем сказывается на уровне ее естественной смертности, темпе роста, формировании потенциальной плодовитости и времени ската. Кроме того, высокая вариабельность молоди по длине и массе снижает пищевую конкуренцию молоди за счет перехода на питание кормовыми организмами разной величины и разных систематических групп.

Исследуя питание молоди кижуча оз. Паланское (100 экз.), обращали внимание на изменчивость состава пищевого комка у особей разного возраста в течение июня – сентября. Доля рыб с пустыми желудками не превышала 7%. Повсеместно главной и обильной пищей для сеголеток кижуча в водоемах Камчатки являются хирономиды; в летнее и осеннее время преимущественно куколки и имаго, как наиболее массовый и доступный корм. Однако в оз. Паланское личинки и куколки хирономид сколько-нибудь заметной роли в питании кижуча не играют. Максимальное количество личинок хирономид в одном желудке и их доля в пищевом комке отмечены у двухлетней молоди в августе —13,1 экз. и 19,4% соответственно. Их видовой состав не столь разнообразен, как в реках юго-запада или юго-востока Камчатки: всего обнаружено 14 видов. В среднем на один желудок приходилось от 0,3 до 13 личинок, тогда как в оз. Азабачье (восточная Камчатка) в сентябре насчитывалось до 37 экземпляров. Встречаемость личинок хирономид в пище молоди уменьшается к сентябрю с 8-и (июнь) до двух видов. Состав пищи молоди кижуча зависит в этот период в основном от наличия наиболее доступного сезонного корма в водоеме, каковым являются имаго хирономид, имаго поденок и прочие насекомые, попавшие в воду (табл. 7–9).

В пищевом рационе сеголеток кроме указанных объектов значительное место по весу занимали имаго ручейников (в пробах при облове сачком) и поденки (личинки и имаго). С возрастом состав пищевого

Таблица 6. Характеристика молоди кижуча оз. Паланское*

Дата	Конец июня – начало июля			Август			Сентябрь	
Возраст	0+**	1+	2+	0+	1+	2.	0+	1+
Длина АС, см	5,33±0,17	10,0±1,0	13,7±0,35	4,35±0,07	8,0±0,23	9,0	5,0	7,3±0,2
	4,4–5,9	6,2–13,8	7,9–11,8	3,60–6,0	6,2–11,2		3,9–6,3	55,9–10,4
Вес тела, г	1,71	12,3	24,4	1,06	5,72	6,34	1,61	5,33
	0,82–2,38	2,25–24,1	14,5–38,6	0,61–2,64	2,31–10,1		0,61–3,22	2,75–15,2
К. упит.	1,10	1,01	0,94	1,24	1,03	0,87	1,18	1,26
	0,88–1,29	0,91–1,30	0,80–1,26	1,09–1,54	0,76–1,15		1,09–1,35	1,17–1,35
Доля в пробах, %	29,4	26,5	44,1	66,5	32,9	0,6	46,7	53,3
Всего рыб, экз.	10	9	18	108	46	2	14	16

Примечание. * — над чертой — среднее значение показателя, под чертой — пределы варьирования признака. ** — в том числе мальки.

Таблица 7. Состав пищи молоди кижуча оз. Паланское в июне *

Пищевые компоненты	0+			1+			2+		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Личинки хирономид	5,5	5,2	25	0,3	1,1	33	–	–	–
Куколки хирономид	2,0	10,5	50	0,1	0,2	22	0,5	0,1	50
Имаго хирономид	12,5	32,2	50	3,9	11,5	67	3,0	0,3	100
Веснянки	–	–	–	0,2	16,7	33	–	–	–
Личинки поденок	0,3	11,6	25	0,1	5,6	22	–	–	–
Имаго поденок	0,3	9,3	25	3,7	47,2	78	0,5	1,0	50
Личинки ручейников	–	–	–	0,2	3,8	33	–	–	–
Имаго ручейников	1,0	12,8	50	–	–	–	0,5	1,2	50
Водяные клещи	4,0	0,8	75	0,3	0,0	22	–	–	–
Прочие насекомые	3,6	17,6	50	1,1	13,9	78	2,5	2,5	50
Сненка	–	–	–	–	–	–		82,3	50
3-х иглая колюшка	–	–	–	–	–	–		2,4	50
Яйца насекомых	–	–	–	–	–	–		10,2	50
Индекс наполнениежелудков, $^0/_{000}$		207			172			395	

Примечание. * — здесь и далее 1 — среднее количество организмов в 1 желудке; 2 — доля по массе; 3 — частота встречаемости.

Таблица 8. Состав пищи молоди кижуча оз. Паланское в августе

Пищевые компоненты	0+ (обловы сачком)			0+ (невод)			1+ (невод)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Личинки хирономид	5,0	2,6	48	3,3	1,9	30	13,1	19,4	71
Куколки хирономид	0,0	0,1	4	–	–	–	–	–	–
Имаго хирономид	76,4	56,4	100	6,5	11,7	75	0,3	0,7	14
Веснянки (личинки)	0,1	0,6	8	–	–	–	–	–	–
Личинки поденок	0,0	0,0	4	–	–	–	–	–	–
Имаго поденок	1,3	4,4	40	1,7	24,3	45	0,4	9,3	43
Личинки ручейников	–	–	–	0,2	1,8	10	1,1	15,8	100
Имаго ручейников	3,5	23,0	84	0,2	4,8	15	1,7	13,3	57
Водяные жуки	0,1	0,1	12	0,2	0,8	15	–	–	–
Прочие насекомые	4,1	3,0	44	2,6	21,0	60	7,7	41,5	86
Олигохеты	0,1	0,0	4	–	–	–	–	–	–
Нематоды	19,4	9,7	88	0,3	0,1	5	–	–	–
Сненка	–	–	–	0,0	32,9	15	–	–	–
Детрит	–	–	–	0,0	0,7	5	–	–	–
Индекс наполнениежелудков, $^0/_{000}$		600			269			119	

Таблица 9. Состав пищи молоди кижуча оз. Паланское в сентябре

Пищевые компоненты	0+ (невод)			1+ (невод)		
	1	2	3	1	2	3
Личинки хирономид	0,7	0,8	21	–	–	–
Куколки хирономид	2,6	4,7	43	0,1	0,1	6
Имаго хирономид	1,5	1,2	43	2,1	2,1	44
Веснянки (личинки)	0,1	0,9	7	–	–	–
Личинки поденок	0,7	12,9	7	–	–	–
Имаго поденок	1,7	6,3	36	2,3	11,4	63
Личинки ручейников	0,2	1,3	21	–	–	–
Имаго ручейников	0,3	3,6	29	0,1	0,5	6
Водяные жуки	–	–	–	1,2	1,9	31
Водяные клопы	–	–	–	0,1	0,9	6
Водяные клещи	–	–	–	0,1	0,0	6
Прочие насекомые	11,9	68,1	64	7,3	72,3	69
Нематоды	0,2	0,2	14	–	–	–
Икра лососей	–	–	–	0,1	10,7	6
Неопределенные остатки	–	–	–	0,1	0,1	6
Индекс наполнениежелудков, $^0/_{000}$		363			244	

комка несколько меняется. У двухлеток пищевой спектр включал, кроме воздушных насекомых, в июне сненку, в августе-сентябре — веснянок, поденок и ручейников (личинки, имаго). Причем доля личинок ручейников в желудке достигала по весу 15,8 %, хотя обычно их значение, как и веснянок, увеличивается в зимнее время при снижении доступности других кормовых организмов.

Среди сеголеток наблюдались группы активно питающейся особей (облов сачком, средняя длина 4,2 см), у которых индексы наполнения желудков составляли в среднем $600^0/_{000}$ и группа молоди примерно тех же размеров (4,5 см) с меньшей интенсивностью питания — $269^0/_{000}$ (облов неводом).

Заключение

Межгодовая численность нерестовых подходов кижуча р. Палана колеблется в широком диапазоне — от 11,8 тыс. экз. в 2004 г. до 94,7 тыс. экз. в 2008 г. При этом наблюдается и рост объемов его добычи (особенно в 2008–2010 гг.). Если за период 1991–2005 гг. средний вылов составлял 4,2 т, то в 2006–2011гг. в среднем 17 т, что, возможно, связано с благоприятными зимними условиями и повышением выживаемости в период эмбрионально-личиночного развития и в море. Наибольшие нерестовые подходы и вылов кижуча зафиксированы в 2008 г. В настоящее время происходит снижение

численности нерестовых подходов. Вместе с этим отмечается уменьшение размеров тела, массы производителей и абсолютной плодовитости самок.

Молодь кижуча озерно-речной системы Паланское задерживается в пресной воде перед скатом на 2–3 года. Соотношение возрастных групп в водоеме примерно то же, что и в нерестовых стадах. Наибольшая разнокачественность молоди по возрасту наблюдается в конце июня – начале июля, когда в водоеме присутствуют особи всех возрастных категорий. Существует довольно ярко выраженная разнокачественность сеголеток кижуча в оз. Паланское по размерно-массовым показателям, упитанности и интенсивности питания.

По характеру питания в августе выделяются две группы сеголеток. У сеголеток, пойманных сачком, преобладали имаго хирономид и имаго ручейников которые вместе составляли до 80% веса пищевого комка. У сеголеток из малькового невода — основной объект питания сненка и имаго поденок. При этом индексы наполнения желудков соответственно достигали $600^0/_{000}$ и $269^0/_{000}$. Очень незначительна в пищевом рационе доля куколок и личинок хирономид — излюбленного корма сеголеток и двухлеток кижуча.

Скорее всего, кормовая база озера относительно бедна в сравнении с таковой водоемов юго-запада Камчатки. Косвенным свидетельством тому является наличие в пищевом спектре молоди в июне-августе личинок ручейников, как вынужденного корма в летнее время.

Список литературы

Бугаев В.Ф. 2011. Азиатская нерка — 2 (биологическая структура и динамика численности локальных стад в конце XX —начале XXI вв.). Петропавловск-Камчатский: Изд-во «Камчатпресс», 380 с.

Волобуев В.В., Рогатных А.Ю. 1982. Некоторые данные о структуре популяций кижуча *Oncorhynchus kisutch (Walbaum)* материкового побережья Охотского моря // Биология пресноводных животных Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 64–68.

Зорбиди Ж.Х. 2010а. Кижуч азиатских стад. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 306 с.

Зорбиди Ж.Х. 2010б. Многолетние тенденции в изменении численности нерестовых подходов и структуры стад камчатского кижуча // Сб. науч. тр. Камчат. НИИ. рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 16. С. 68–83.

Зорбиди Ж.Х., Полынцев Я.В. 2000. Биологическая и мофологическая характеристика молоди кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) Камчатки // Сб. науч. тр. Камчат. НИИ. рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 5. С. 80–93.

Кириллова Е. А. 2009. Покатная миграция молоди кижуча *Oncorhynchus kisutch* (закономерности и механизмы): Автореф. дисс. … канд. биол. наук. Москва, 22 с.

Кловач Н.В. 2003. Экологические последствия крупномасштабного разведения кеты. М.: Изд-во ВНИРО, 164 с.

Коновалов С.М., Щербинин Г.Я. 1973. Возрастная структура тихоокеанских лососей // Журнал общей биологии. Т. 34. № 6. С. 837–853.

Макаров Д.В. 2011. Динамика численности и биологическая структура популяций североохотоморского кижуча в 2000–2010 гг. // Бюллетень № 6 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Изд-во «ТИНРО-центр». С. 97–102.

Николаев А.С. 1993. Озеро Паланское (лимнологический очерк) // Сб. науч. тр. Камчат. НИИ. рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 2. С. 3–20.

Остроумов А.Г. 1993. Нерестовый фонд лососей (*Oncorhynchus*) в бассейне озера Паланского //. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ. рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 2. С. 100–116.

Смирнов А.И. 1975. Биология размножения и развития тихоокеанских лососей. М.: МГУ, 333 с.

Шершнев А.П. 1973. Рост молоди кеты и горбуши в ранний морской период жизни // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 91. С. 37–48.

УДК 597.553.2

МАТЕРИАЛЫ ПО БИОЛОГИИ ПРОХОДНЫХ ГОЛЬЦОВ Р. ЖУПАНОВА

Тиллер И.В.

ФГУП « КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский

Контактный e-mail: tiller.i.v.@kamniro.ru

Введение

Река Жупанова с притоками является важным рыбохозяйственным лососевым водоемом высшей категории. Река находится на восточном побережье Камчатки и впадает в Кроноцкий залив. Длина водотока составляет 242 км, площадь водосбора 6980 км^2. В нижнем течении находится огромный мелководный лиман, простирающийся на юг от устьевого участка на 12 км. Наиболее крупными притоками являются реки Шелковка, Кедровая, Ольховая, Таловая, Гаванка (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1966) В русле и, особенно, в притоках реки расположены основные нерестовые площади лососей. В р. Жупанова воспроизводятся все виды тихоокеанских лососей, кроме симы. Гольцы являются неотъемлемой частью ихтиофауны любого водоема Камчатки, в том числе и реки Жупанова. Проходная форма мальмы и кунджа являются объектами промысла. Объемы добычи проходных гольцов в реке (50–60 т) ставят их в один ряд с тихоокеанскими лососями по значимости в промысле. Однако до сих пор неизвестны хотя бы приблизительные промысловые запасы гольцов р. Жупанова и прогноз вылова дается по экспертной оценке на основании промысловой статистики. К сожалению, несмотря на довольно длительный срок промышленного освоения запасов тихоокеанских лососей и гольцов р. Жупанова, биологические материалы очень скудны, особенно по гольцам. В данной работе приведены практически первые сведения по биологии и структуре популяций проходной мальмы и кунджи.

Материал и методика

В работе использованы материалы сборов 2004, 2007–2009 гг. Исследованию подвергнуто 695 экз. мальмы и 199 экз. кунджи. Общее распределение материала приведено в текущих таблицах. Обработка произведена стандартными ихтиологическими методами. У рыб измерены длина, масса тела полная и без внутренностей. Возраст рыб определен по отолитам, которые подвергались предварительной шлифовке. Рассчитан темп роста молоди мальмы.

Результаты и обсуждение

Мальма (*Salvelinus malma*). В р. Жупанова обитают как жилая, так и проходная форма мальмы *Salvelinus malma*. Общеизвестно, что проходная форма после рождения живет в реке несколько лет, после чего мигрирует в море на нагул. Нагул длится в море от полутора до двух месяцев, после чего мальма возвращается в реку на зимовку. Впоследствии она совершает такие миграции ежегодно. Сроки ската в море зависят в основном от времени вскрытия льда на реках. Так, в северных районах покатная миграция начинается примерно в середине мая и продолжается до конца июня. В южной части полуострова мальма уходит в море уже в апреле–мае. Примерно в эти же сроки происходит покатная миграция мальмы в р. Жупанова. По ряду причин пока не установлено начало ската, но сроки его окончания определены достаточно точно. На протяжении двух лет контрольные обловы показали, что скат мальмы в целом заканчивается к 7 июня, причем миграция заканчивается не постепенно, а сразу. В контрольных уловах в это время содержится практически одна молодь, следовательно, половозрелые особи заканчивают скат в более ранние сроки.

Возраст, в котором проходная мальма впервые скатывается в море, колеблется в широких пределах. Минимальный возраст ската один год отмечен П.К.Гудковым (1990) в р. Чаун арктического побережья Чукотки. Смолты девятилетнего возраста обнаружены в реках охотоморского побережья (Гудков, Скопец, 1987). Основная масса молоди из этих рек впервые скатывается в возрасте 3–4 и 4–5 лет (Волобуев, 1975; Гудков, Скопец, 1987; Черешнев, Штундюк, 1987; Черешнев и др. 1989). У мальмы о. Сахалин О.Ф.Гриценко и А.А.Чуриков (1976) отмечают возраст смолтов от 3 до 7 лет. В р. Хайлюле проходной голец впервые начинает мигрировать в море в возрасте двух лет, но количество двухгодовалых покатников в уловах относительно невелико. За четырехлетний период наблюдений добыто лишь

несколько экземпляров в 1979 г. Основная масса впервые скатывающейся молоди в пробах имела возраст 4–5 лет, максимальный возраст смолта шесть лет (Тиллер, 2003).

По данным К.А.Савваитовой (1961) в р. Паратунке, впадающей в Авачинскую бухту, молодь живет до ската 3–5 лет. Таким образом, в возрастном составе покатной молоди гольца в реках Камчатки насчитывается шесть возрастных групп.

Возрастная структура молоди проходной мальмы р. Жупанова в целом насчитывает пять групп (рис.1).

Покатная молодь проходной мальмы на Камчатке подразделяется на две категории: смолтов или впервые скатывающихся в море рыб и, так называемого, «тысячника», который уже имел один выход в море (Тиллер, 2003). В данном случае мы имеем дело со второй категорией молоди. Как видно из рисунка 1, возрастная структура покатной молоди на протяжении двух лет остаётся практически неизменной, что дает основание считать основными возрастными группами покатников пяти и шестигодовалых рыб. У покатного и анадромного «тысячника» наблюдаются значительные различия в возрастном составе. Во-первых, у последнего отсутствует группа рыб в возрасте 7 лет, во-вторых, резко возрастает относительная численность четырехгодовиков и снижается доля шестигодовиков. Такое изменение возрастного состава «тысячника» объясняется тем, что все семигодовики и значительная часть шестигодовиков после морского нагула переходят в группу созревающих рыб и мигрируют в составе половозрелой части популяции. Увеличение относительной численности четырехгодовалых рыб происходит за счет пополнения из группы смолтов, скатившихся на первый морской нагул.

В половозрелой части популяции в уловах в целом отмечено семь возрастных групп с максимальным возрастом 10 лет (рис. 2)

Возрастной состав уловов не остается постоянным, из года в год он претерпевает изменения, которые зависят от соотношения пополнения и убыли. Колебания численности отдельных поколений этих составляющих определяют изменчивость возрастного состава уловов рыб (Никольский, 1974). Однако, небольшой ряд наблюдений не позволяет провести полноценный анализ возрастной структуры уловов мальмы р. Жупанова. Тем не менее сравнивая диаграммы за разные годы можно заметить, что их правые части абсолютно идентичны, то есть ситуация примерно та же, что и с молодью. Семи-вось-

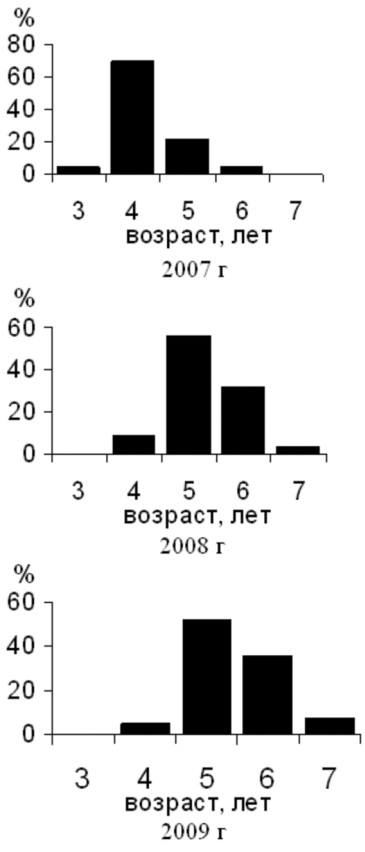


Рис. 1. Возрастной состав молоди проходной мальмы р. Жупанова. 2007 г — анадромная, 2008–2009 гг. — покатная

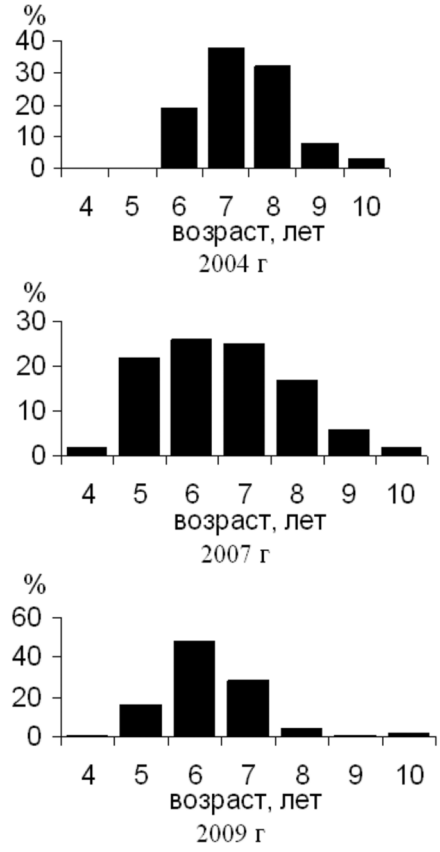


Рис. 2. Возрастной состава в образцах уловов половозрелой проходной мальмы р. Жупанова

милетние особи в двух случаях составляют модальную группу в возрастной структуре. Четырех-пятилетние рыбы в уловах, как правило, являются отражением селективности орудий лова.

В ихтиологических исследованиях нередко используют метод определения коэффициента мгновенной общей смертности по возрастному составу. Этот коэффициент характеризует относительную степень уменьшения численности стада рыб в данный момент по той или иной причине. Одной из причин, влияющих на величину этого коэффициента, является воздействие флюктуаций численности той или иной возрастной группы на показатель общей численности популяции (Бивертон, Холт, 1958, Засосов, 1970). Для рыб, у которых такие флюктуации довольно значительны, например, для наваги и сельди, чтобы исключить влияние этого фактора, значения численности возрастных групп усредняются за многолетний период. У мальмы такие колебания невелики, относительно многочисленное поколение составляет всего 35–45 % от общей численности облавливаемой части популяции (Тиллер, 1986). Применив метод Бивертона-Холта (1958) по данным натуральных логарифмов был построен полулогагифмический график (рис. 3).

По оси абсцисс откладываются значения возраста в годах, по оси ординат — натуральные логарифмы индекса численности особей по возрастным группам. По нанесенным точкам проводится прямая или ломаная линия регрессии, характеризующая по углу наклона темп убыли. Тангенс этого угла представляет собой мгновенный коэффициент общей смертности. Годовая убыль определяется по формуле:

$$\varphi=\mathbf{1}-e^{-z},$$

где φ — общая годичная убыль.

Величина мгновенной общей смертности **Z** составила 1,27, а средняя годовая убыль — 0,72. Значение годовой убыли можно определить также по формуле, предложенной Ф.И. Барановым (1970):

$$\varphi=N/S,$$

где N — численность возрастной группы в процентах, для которой определяется убыль;

S — Общая сумма процентов возрастных групп, начиная с возраста, для которого определяется убыль.

Найденная годовая убыль в среднем за три года составила 0,68. Таким образом, разница в значении годовой убыли мальмы р. Жупанова, определенная двумя способами, составила 0,04, что на наш взгляд, является незначительной величиной. В среднем годовая убыль составила 0,70.

При решении вопроса о влиянии промысла на состояние запасов необходимо знать и величину смертности от естественных причин. Для этой цели был использовано уравнение А.А. Зыкова и В.А. Слепокурова (1983):

$$\varphi=al^2+bl+c$$

Здесь φ — величина естественной убыли, l — длина рыбы, a, b, c — коэффициенты.

Полученный этим методом коэффициент естественной убыли оказался равным 0.60. Столь высокая величина естественной смертности, объясняется относительно коротким репродуктивным периодом у мальмы. При массовом созревании в шесть лет продолжительность жизни составляет десять лет. Таким образом, при относительно низкой воспроизводительной способности мальмы нужно очень осторожно относится к эксплуатации ее промысловых стад.

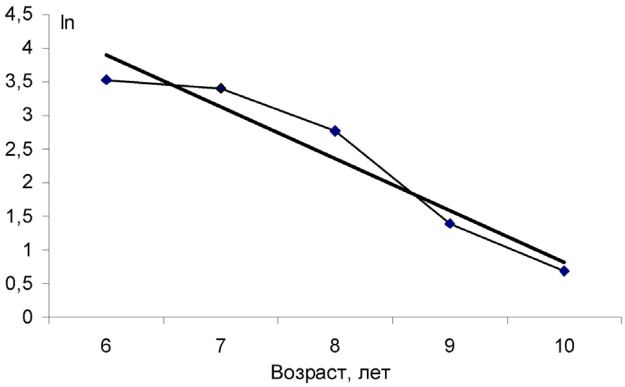


Рис. 3. Определение мгновенной общей смертности натуральным логарифмом численности рыб по возрастным группам

Максимальные размеры половозрелой мальмы р. Жупанова за исследуемый период составили 62 см. Распределение мальмы р. Жупанова по длине представлено на рис. 4.

Данное распределение показывает наличие трех размерных групп в популяции мальмы р. Жупанова. Из них особи от 20 до 28 см представляют собой молодь, следующая группа от 28 до 35 см — впервые созревающие рыбы и, наконец, половозрелая часть популяции, нерестившаяся два и более раз. Размерно-весовые характеристики половозрелых рыб представлены в таблицах 1–3.

Данные таблиц показывают большой размах размерно-весовых показателей по возрастам и, как следствие этого, значительную трансгрессию длины и массы в смежных возрастных группах. Средние значения длины и массы, а также упитанности по возрастам за 2004, 2007 гг. в целом разнятся незначительно, что говорит о достаточно устойчивых условиях обитания мальмы. Значительные отличия у мальмы по этим показателям в 2009 г. в возрастных категориях 6+ – 8+ объясняется на наш взгляд тем, что образцы добыты в конце покатной миграции, когда основная масса половозрелых рыб скатилась в океан.

Размерно-весовые характеристики молоди, как и у взрослых, также значительно трансгрессируют, и разница в средних показателях в целом невелика (таблица 4–6).

К сожалению, сравнивать размерно-весовые показатели анадромной и покатной молоди представленных в таблицах является некорректным, так как это рыбы разных поколений. Тем не менее, несмотря на отсутствие различий в линейных размерах, видна заметная разница в массе и упитанности в одновозрастных группах катадромных и анадромных рыб.

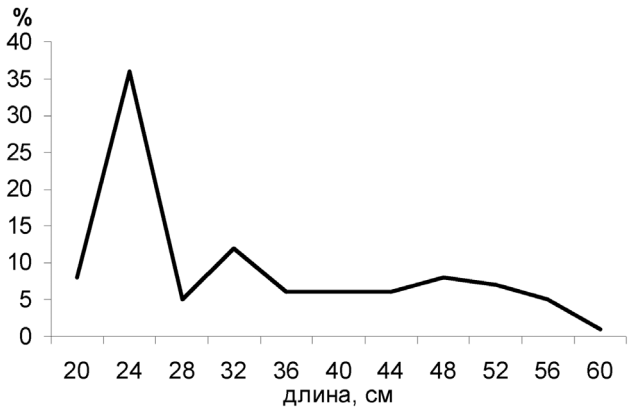


Рис. 4. Распределение мальмы р. Жупанова по длине

Значительно меньшие размеры четырехгодовалых покатников в 2008 г. по сравнению с 2009 г. объясняются, по-видимому, тем, что в этой группе рыб присутствовали покатники первого ската. Расчет темпа роста молоди показал, что концу первого года жизни мальма достигает размеров от 3 до 4 см, причем рыбы тем мельче, чем в более позднем возрасте они скатятся (табл. 7).

Таблица 1. Биологические показатели половозрелой части популяции проходной мальмы р. Жупанова в 2004 г.

Возраст	Длина, см	Масса, кг	Упитанность	N
6+	40,4±0.88	0,73±0.04	0,98±0.0	15
	36,0 – 51,0	0,58 – 1.15	0,78 – 1,18	
7+	43,4±0.68	0,86±0.03	0,94±0.03	30
	40,0 – 53,0	0,69 – 1.30	0,64 – 1,13	
8+	49,2±0.88	1,14±0.06	0,84±0,04	25
	44,0 – 58,0	0,83 – 1,90	0,40 – 1,07	
9+	54,8±1.58	1,56±1.10	0,86±0,04	6
	48,0 – 59,0	1,26 – 1,95	0,74 – 1,04	
10+	56,0	1,60	0,78	
	48,0 – 62,0	0,95 – 2,15	0,72 – 0,81	

Таблица 2. Биологические показатели половозрелой части популяции проходной мальмы р. Жупанова в 2007 г.

Возраст	Длина, см	Масса, кг	Упитанность	N
4+	31,0	0,36	1,12	2
	30,0 – 32,0	0,29 – 0,44	1,00 – 1,25	
5+	32,2±0,40	0,39±0,01	1,07±0,02	29
	28,0 – 38,0	0,27 – 0,63	0,96 – 1,25	
6+	39,8±1,05	0,70±0,05	0,99±0,02	19
	32,0 – 50,0	0,37 – 1,43	0,78 – 1,13	
7+	45,2±1,23	1,05±0,08	0,99±0,02	26
	29,5 – 54,0	0,31 – 1,72	0,77 – 1,25	
8+	50,6±0,80	1,27±0,08	0,93±0,02	17
	42,0 – 55,0	0,40 – 1,79	0,79 – 1,11	
9+	56,5±0,67	1,88±0,13	0,93±0,04	6
	55,0 – 59,0	1,47 – 2,24	0,79 – 1,04	
10+	51,0	1,21	0,78	2
	48,0 – 54,0	0,98 – 1,44	0,75 – 0,80	

Однако к моменту ската их линейные размеры выравниваются, следовательно, побудительной причиной первого ската в море является не достижение определенного возраста, а размеров.

В половой структуре мальмы р. Жупанова среди взрослых рыб в 2004, 2007 гг. преобладали самцы, что не характерно для камчатской мальмы и только в 2009 г наблюдалось привычное соотношение полов (табл. 8).

В половом составе молоди, как обычно, наблюдается значительный перевес самок. Создается впечатление, что в 2004, 2007 гг. по неизвестным причинам была повышенная смертность самок.

Таблица 3. Биологические показатели половозрелой части популяции проходной мальмы р. Жупанова в 2009 г.

Возраст	Длина, см	Масса, кг	Упитанность	N
4+	32,0	0,260	0,74	1
5+	31,9±0,41	0,265±0,09	0,74±0,009	22
	29,0–37,0	0,178–0,366	0,65–0,82	
6+	33,3±0,24	0,302±0,06	0,74±0,005	61
	30,5–38,0	0,216–0,406	0,68–0,85	
7+	34,8±0,57	0,344±0,17	0,72±0,009	36
	31,0–43,0	0,204–0,667	0,60–0,84	
8+	36,1±0,33	0,335±0,16	0,69±0,016	5
	34,0–36,0	0,296–0,392	0,65–0,74	
9+	55,0	1,210	0,67	1
10+	41,3	0,543	0,68	3

Таблица 4. Биологические показатели анадромной молоди проходной мальмы р. Жупанова в 2007 г.

Возраст	Длина, см	Масса, кг	Упитанность	N
3+	20,9	0,103	1,03	4
	19,5 – 23,0	0,080 – 0,130	0,93 – 1,18	
4+	23,1±0.20	0,145±0.004	1,08±0,01	64
	20,0 – 26,0	0,100 – 0,210	0,90 – 1,29	
5+	23,9±0.47	0,154±0,009	1,04±0,02	19
	21,0 –30,0	0,110 – 0,280	0,88 – 1,15	
6+	23,4	0,136	1,00	4
	22,0 – 24,5	0,130 – 0,140	0,88 – 1,13	

Таблица 5. Биологические показатели покатной молоди проходной мальмы р. Жупанова в 2008 г.

Возраст	Длина, см	Масса, кг	Упитанность	N
4	17,7±1,10	0,052±0,009	0,74±0,02	15
	13,0 – 24,5	0,019 – 0,107	0,62 – 0,86	
5	23,4±0,22	0,105±0,002	0,74±0,005	92
	14,0 – 27,0	0,023 – 0,152	0,62 – 0,93	
6	24,3±0,23	0,115±0,003	0,73±0,006	52
	17,0 – 29,5	0,043 – 0,205	0,63 – 0,88	
7	23,9	0,188	0,78	5
	22,5 – 27,0	0,098 – 0,161	0,79 – 0,83	

Таблица 6. Биологические показатели покатной молоди проходной мальмы р. Жупанова в 2009 г.

Возраст	Длина, см	Масса, кг	Упитанность	N
4	24,8	0,118	0,70	5
	23,0–26,0	0,092–0,142	0,67–0,74	
5	25,3±0,20	0,135±0,04	0,74±0,05	65
	20,5–29,0	0,070–0,289	0,65–0,85	
6	26,4±0,34	0,152±0,006	0,74±0,02	49
	19,0–31,0	0,023–0,224	0,65–0,91	
7	27,3±0,72	0,166±0,010	0,74±0,007	10
	24,0–30,5	0,115–0,224	0,71–0,78	

Таблица 7. Темп роста молоди проходной мальмы р. Жупанова

Возраст	Длина рыб в n лет						
	1	2	3	4	5	6	7
5	3,8	8,1	12,7	18,4	23,1	–	–
6	3,6	7,5	11,7	15,2	18,7	24,3	–
7	3,2	6,5	10,0	13,4	16,2	19,4	22,8

Таблица 8. Половой состав в уловах проходной мальмы р. Жупанова

Доля самок, %	Год					
	половозрелые			молодь		
	2004	2007	2009	2007	2008	2009
	33	37	67	60	63	61
N	79	101	127	91	164	135

Кунджа (Salvelinus leucomaenis). Один из видов р. Salvelinus — азиатский эндемик кунджа распространен в бассейнах Японского, Охотского и Берингова морей. Наиболее полно изучена кунджа из южной части ареала — Сахалина и Курильских островов (Андреев, Дулепов, 1971; Гриценко, 1969; Иванков, Броневский, 1975; Рухлов, 1980; Савваитова, 1964, 1966; Kimura, 1974, 1977). Сведения о кунджe тихоокеанского побережья Камчатки практически отсутствуют.

На Камчатке кунджа распространена мозаично. Этому способствует наряду с относительно низкой ее численностью в значительной степени избирательность мест нереста и зимовки. Предпочитает реки с относительно спокойным течением и обширными лиманами. Наиболее обычна в притоках, несущих тундровую воду (Гудков, 1991). Поэтому она более многочисленна в реках западного побережья Камчатки, имеющих в основном тундровое питание, нежели в восточных. Анадромная миграция растянута с начала июля до сентября. Протяженных морских миграций, видимо, не совершает. В отличие от мальмы, кунджа в период нагула в большей степени предпочитает прибрежье, заходя по приливу в лиманы рек. Нерестилища и места зимовки в реках находятся недалеко от устья, в нижнем, редко в среднем течении.

Кунджа имеет сравнительно невысокое тело (16–19%) и довольно крупную голову (19–22%). У старых рыб, как и мальмы, хорошо развит крюк на нижней и выемка на верхней челюсти. Половой диморфизм выражен незначительно (Волобуев, Никулин,1975). По данным В.В. Волобуева (1983) кунджа материкового побережья Охотского моря по некоторым морфометрическим признакам имеет незначительное отличие от сахалинской. Различия недостоверны. С камчатской кунджей сравнения не проводились, но, вероятно, значительных отличий также не будет. От мальмы кунджа легко отличается желто-зеленоватой окраской и крупными белыми пятнами по бокам тела.

Кунджа в водоемах западного побережья Камчатки в основном живет 10+, 11+ лет, хотя встречаются и более старые особи. В оз. Паланском добыт экземпляр в возрасте 15+ лет.

В р. Жупанова возрастной состав уловов состоит из десяти групп от четырех до тринадцати лет (рис. 5).

Наиболее представленными в уловах являются особи в возрасте 6 лет. Также довольно значительную долю занимают семи и восьмилетние рыбы. Всего эти три возрастные группы составляют около 80% в образцах уловов. В целом возрастная структура уловов кунджи похожа на таковую мальмы. Кунджа старше 10 лет представлена единичными экземплярами.

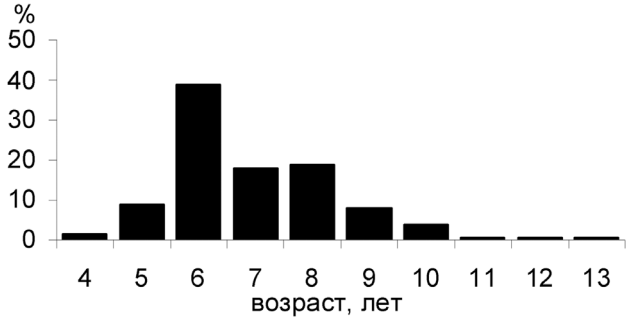


Рис. 5. Возрастной состав уловов кунджи р. Жупанова

Длина кунджи колебалась от 33см до 85 см. Средние размеры составили 46–48 см. Максимальный вес достигал 7,3 кг, при средней величине 1,72 кг. Высокие средние показатели длины и массы кунджи свидетельствуют о том, что запасы этого вида в р. Жупанова осваиваются не в полной мере. Размерно-весовые характеристики и упитанность кунджи представлены в таблице 9.

Таблица 9. Биологические показатели кунджи р. Жупанова в 2007 г.

Возраст	Длина, см	Масса, кг	Упитанность	N
4	33,2	0,45	1,12	2
	32,5–34,0	0,40–0,50	1,08–1,17	
5	40,3±0,88	0,85±0,05	1,18±0,02	18
	33,0–45,5	0,44–1,23	1,04–1,32	
6	43,1±0,55	1,05±0,04	1,15±0,01	78
	32,0–53,0	0,39–1,92	0,89–1,33	
7	49,4±0,81	1,57±0,08	1,17±0,01	36
	32,0–60,0	0,56–2,80	1,03–1,36	
8	56,9±0,66	2,37±0,09	1,16±0,09	38
	49,0–67,0	1,46–4,04	1,05–1,34	
9	60,3±1,03	2,90±0,17	1,20±0,03	17
	54,0–69,0	1,99–4,48	0,98–1,58	
10	69,9±1,43	4,39±0,29	1,17±0,04	7
	65,0–76,0	3,38–5,60	1,04–1,37	
11	76,0	4,33	0,92	1
12	83,0	5,96	0,94	1
13	85,0	7,29	0,97	1

Размерно-весовые характеристики кунджи также как и мальмы довольно сильно трансгрессируют, однако в старших возрастных группах трансгрессия менее значительна. В половом составе кунджи также как и у проходной, мальмы преобладали самки, их доля в 2007 г. составила 56%.

Заключение

По материалам четырех лет получены предварительные данные по биологии проходной мальмы р. Жупанова. Половозрелая часть популяции насчитывает семь возрастных категорий. Максимальный возраст 10+ лет. Молодь живет в пресной воде от трех до семи лет. Скат в море происходит в апреле-мае. Заканчивается в первых числах июня. Взрослые особи достигают размеров свыше 60 см. Молодь скатывается в море по достижении длины 22–24 см. Высокая величина естественной смертности, объясняется относительно коротким репродуктивным периодом у мальмы. При массовом созревании в шесть лет продолжительность жизни составляет десять лет.

Таким образом, при относительно низкой воспроизводительной способности мальмы нужно очень осторожно относится к эксплуатации ее промысловых стад. Кунджа достигает значительных размеров и массы — 85 см и 7,3 кг, при средних показателях 49,5 см и 1,72 кг. Максимальный возраст кунджи в 2007 г составил 13 лет.

В размерно-весовом составе мальмы и кунджи наблюдается значительная трансгрессия, которая менее существенна в старших возрастных группах. Широкий диапазон размеров гольца и кунджи одного возраста можно рассматривать как приспособление для расширения и лучшего освоения кормовой базы в целях ослабления пищевой конкуренции. Это позволяет одновозрастной группировке осваивать более разнообразные корма. Механизм такой изменчивости лежит в разновременности ската молоди гольца в море. Колебания длины и массы тела гольца происходят в основном за счет изменений условий нагула в море. Для половой структуры обоих видов в целом характерно преобладание самок.

Список литературы

АндреевВ.Л. Дулепов В.И. Кунджа южных Курильских островов // Гидробиологический журнал. 1971. Т. 7. № 6. С. 72–79.

Баранов Ф.И. Об оптимальной интенсивности рыболовства. Избранные труды. Т. 3. М. Пищевая прмышленность. 1970. С. 115–129

Бивертон Р.,Холт С. Обзор методов определения смертности облавливаемых популяций рыб. М. 1958, 57 с.

Волобуев В.В. Некоторые особенности биологии проходного гольца (р.Salvelinus) р.Тауй // В сб. Гидробиологические исследования внутренних водоемов северо-востока СССР. Владивосток, 1975. С. 321–336.

Волобуев В.В. Экология м структура популяций кунджи материкового побережья Охотского моря // Биологические проблемы Севера. Тез. X Всес. Симпоз. Ч. 2. Магадан. 1983. С. 156–157.

Волобуев В.В., Никулин О.А. О биологии кунджи *Salvelinus leucomaenis* (Pallas) Монтыклейского залива //Гидробиологические исследования внутренних водоемов северо-востока СССР. Владивосток. 1975. С. 354–375

Гриценко О.Ф. Материалы по биологии кунджи *Salvelinus leucomaenis* (Pallas) из рек Сахалина // Тр. молодых ученых ВНИИ мор. рыб. хоз–ва и океанографии. 1969. Вып. 1. С. 112–123.

Гриценко О.Ф., Чуриков А.А. Биология гольцов р. Salvelinus и их место в ихтиоценозах заливов северо-восточного Сахалина. 1. Миграции, возраст, рост, созревание// Вопр. ихтиологии. Т. 16. вып. 6(101). 1976. С. 1012–1021.

Гудков П.К. Материалы по биологии проходной мальмы *Salvelinus malma* бассейна р. Чаун. (Арктическое побережье Чукотки) // Вопросы ихтиологии. Т. 30. Вып. 3. 1990. С. 404–415.

Гудков П.К. Материалы по биологии кунджи *Salvelinus leucomaenis* бассейна Охотского моря // Вопр. ихтиологии.1991. Т. 31. Вып. 6. С. 898–909.

Гудков П.К., Скопец М.Б. К вопросу о структуре популяций и некоторых особенностях биологии проходной мальмы *Salvelinus malma* (Walbaum) бассейна Охотского моря // Биология пресных вод Дальнего Востока. Владивосток ДВО АН СССР. 1987. С. 79–88.

Засосов А.В. Теоретические основы рыболовства. М. Пищевая промышленность. 1970. 291 с.

*Зыков А.А., Слепокуров В.А.*Уравнение для оценки естественной смертности рыб // Рыбное хозяйство. 1983. № 3. С. 36–37.

Иванков В.Н. Броневский А.М. Неотения у кунджи *Salvelinus leucomaenis* (Pallas)// Гидро биологический журнал.1975. Т.11. № 6. С. 90–92.

Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб// М. Пищевая промышленность.1974, 444 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 20. Камчатка // Гидрометеоиздат. Ленинград. 1966, 257 с.

Рухлов Ф.Н. О нерестующей кунджe Сахалина // Гидробиологический журнал. 1980. Т. 16. № 1. С. 89.

Савваитова К.А. О внутривидовых биологических формах *Salvelinus alpinus* L. Камчатки// Вопросы ихтиологии. Т. 1. Вып. 4(21). 1961. С. 695–706.

Савваитова К.А. Кунджа (*Salvelinus leucomaenis* (Pallas) озер Южного Сахалина // Сб. науч. тр. Озера Южного Сахалина и их ихтиофауна. М. Изд–во МГУ. 1964. С. 154–167.

Савваитова К.А. Кунджа (*Salvelinus leucomaenis* (Pallas) некоторых озер о. Кунашир из группы Курильских островов // Вестник МГУ. Сер 16. Биология. № 4. 1966. с. 35–42.

Тиллер И.В. Материалы по биологии проходной мальмы р. Хайлюля (Камчатка) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып.2. Владивосток. Дальнаука.2003. С. 469–477.

Тиллер И.В Возраст и особенности роста проходного гольца *Salvelinus alpinus* complex в реках Камчатки // Вопросы ихтиологии. Е.26. Вып. 6. 1986. С. 990–997.

Черешнев И.А., Штундюк Ю.В. К изучению биологии гольцов (Salvelinus, Salmonidae) бассейна р.Анадырь. Материалы по систематике и биологии проходного гольца-мальмы Salvelinus malma. Биология пресноводных рыб Дальнего Востока. Владивосток. ДВНЦ АН СССР, 1987 - с. 55–78.

Черешнев И.А., Гудков П.К., Нейман М.Ю. Первые данные по биологии проходной мальмы Salvelinus malma (Walb) (Salmonidae) бассейна р. Чегитунь (арктическое побережье Восточной Чукотки). Вопросы ихтиологии, т. 29, вып. 1, 1989, с. 68–83.

Kimura S. On the eggs, alevins, and fry identified as the anadromous Char *Salvelinus leucomaenis* // Jap. J. Ichthyol. 1974. V. 21. № 2. P. 85–91.

Kimura S. On the spawning behaviour and early life history of the gogi-char S*alvelinus leucomaenis* (Pallas) // Sci. Bull. Fac. Agr. Lyushu Univ. 1977. V.32. № 2–3. P. 125–140.

УДК 595.384.2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ЧИСЛЕННОСТЬ ШЕЛЬФОВЫХ ВИДОВ КРАБОВ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2010 Г. В РОССИИСКОМ СЕКТОРЕ ЧУКОТСКОГО МОРЯ

Федотов П.А.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: fedotov@tinro.ru

Введение

В российском секторе Чукотского моря среди крабов наиболее массовыми видами являлись краб-стригун опилио и краб-паук хиас.

Стригун опилио *Chionoecetes opilio* — один из обычных обитателей шельфа и верхней части материкового склона, наиболее широко распространен в арктическо-бореальной области. А.Я Бирштейн и Л.Г. Виноградов (1953) охарактеризовали его как низкоарктический тихоокеанско-гляциальный вид. Позже он был отнесен к низкоарктическо-бореальной фауне (Слизкин, Сафронов, 2000). Имеются мно-

гочисленные публикации о различных аспектах его биологии и динамике численности в разных районах ареала. Однако на севере ареала, где донные траловые съемки проводились всего один раз (24.08–02.09.1997), многие стороны биологии краба-стригуна опилио изучены недостаточно, количество публикаций невелико (Слизкин, Федотов, Хен 2007; Федотов, 2011А, 2011Б; Чучукало, Надточий, Федотов, Безруков 2011). По биологии краба-паука хиаса в дальневосточном регионе какие-либо публикации отсутствуют.

В данной работе сделана попытка показать некоторые особенности биологии стригуна опилио и краба-паука хиаса в российском секторе Чукотского моря. Кроме того, определить численность стригуна опилио, как потенциального объекта промысла.

Материал и методика

Материалом для исследования послужили данные, полученные при выполнении донной траловой съемки в российском секторе Чукотского моря в период с 07 сентября по 16 сентября 2010 г. В качестве орудия лова при проведении донной траловой съемки на НИС "ТИНРО" использовался трал ДТ 27,1/24 с 10 мм мелкоячейной вставкой, горизонтальное раскрытие — 16 м. Продолжительность тралений составляла 30 минут. Коэффициент уловистости трала был принят равным 1,0. Всего в районе проведения работ была выполнена 38 контрольных станций.

Сбор и обработка биологических материалов осуществлялись по стандартным гидробиологическим методикам, принятым в ТИНРО-Центре. Работы выполнялись на участке ограниченном координатами 66°21′ с.ш.–169°18′ з.д., 69°29′ с.ш.–179°34′ в.д., 70°14′5 с.ш.–175°26′ з.д. и 68°41′ с.ш.–169°21′ з.д. Расчет численности крабов выполнялся с помощью программы ГИС "КартМастер 4.1". Карты количественного распределения крабов, графики размерного состава и биологического состояния обработаны и выполнены на ПЭВМ с применением программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel 7.0. Для описания размерно-весовой зависимости крабов использовали уравнение регрессии степенного типа: Y= a*Xb, где Y — вес, г, X — ширина карапакса (ШК), см, a и b — коэффициенты, r — коэффициент корреляции. Для описания зависимости длины клешни (ДК) самцов крабов от ШК использовали уравнение регрессии линейного типа: Y= a+b*X, где Y — ДК, мм, X — ШК, мм, a и b — коэффициенты, r — коэффициент корреляции

Для расчета долей "широкопалых" и "узкопалых" самцов (ШПС и УПС) использовали логистическую S-образную кривую, коэффициенты которой определяли согласно уравнению Ферхюльста: Y=100/(1+10**(a+b*X)), где Y — доля ШПС, мм, X — ШК, мм, a и b — коэффициенты, r — коэффициент корреляции.

При проведении биоанализов учитывались травматизм (аутотомия) крабов. При оценке частоты встречаемости и степени повреждений крабов использовали коэффициенты экстенсивности и интенсивности повреждений ходильных ног. Первый из этих коэффициентов рассчитывали по формуле CI = a/n, где CI — коэффициент экстенсивности повреждений, a — количество особей, утративших хотя бы одну ногу, n — общее количество проанализированных особей; второй — GI = 1 — (L/10n), где GI — коэффициент интенсивности повреждений, L — количество ног у проанализированных особей, n — количество всех проанализированных особей. Для их расчета и исследования распределения повреждений ног вдоль тела крабов оценивали долю в уловах самцов с утерянными конечностями первой-пятой пар, отмечая для каждой особи количество и местоположение отсутствующей ноги (ног).

Результаты и обсуждение

Краб-стригун опилио — *Chionoecetes opilio*. В ходе выполнения съемки самцы и самки этого вида встречались повсеместно в районе исследований на глубинах 45–57 м. Предпочтение отдавалось участкам с глинистыми илами, иногда с примесью песка. Температурный диапазон обитания был достаточно широким — от (–1,7°С) до (+4,4°С), максимальные концентрации крабов были отмечены в районах с температурой 0,2–2,3°С.

Самцы обитали преимущественно в юго-восточной (глубины до 50 м) и северо-западной частях моря (Рис. 1). Численность и плотность поселений самцов и самок в разных районах Чукотского моря представлены в таблице 1. Максимальные численность и средняя плотность поселений самцов были отмечены на юго-востоке и составляли соответственно 342666 тыс. экз. и 11834 экз./ км^2, минимальные отмечены на юго-западе. Относительно низкие численность (46853 тыс. экз.) и плотность по-

селений (1785 экз./ км^2) в этом районе могут быть связаны с холодными арктическими водами, проникающими сюда через каньон Герольда. Самое мощное скопление самцов наблюдалось на участке с координатами 172°30′–174°00′ з.д. на глубинах 48–49 м. Численность крабов в скоплении превышала 160000 тыс. экз., средняя плотность составляла 40070 экз./ км^2. Максимальная зарегистрированная плотность достигала 58846 экз./ км2.

В скоплении доминировали самцы с ШК 60 мм и менее, их доля составляла около 90 %. Относительно крупные крабы размером более 60 мм располагались в центральной части обследованного района и образовывали небольшое по плотности скопление на участке с координатами 171°45′–173°05′ з.д. на глубинах 50–55 м с температурой воды у дна 2,3–2,8 °С. На площади 3900 км^2 средняя плотность поселений этих самцов составляла 3180 экз./ км^2, максимальная — 3840 экз./ км^2. Еще одно, небольшое по площади, скопление было отмечено в самой юго-восточной точке района на изобате 57 м, средняя плотность поселений здесь была равна 3940 экз./ км^2. В общем, в районе исследований на площади 99415 км^2 численность самцов с ШК 60 мм и менее была оценена в 529041 тыс. экз., численность самцов размером 61–90 мм — 110095 тыс. экз.

Распределение самок во многом было сходным с распределением самцов. Более половины всех самок обитали на глубинах до 50 м в юго-восточной части моря. Их численность здесь достигала 269514 тыс. экз., средняя плотность поселений была равна 9512 экз./ км^2. Единственное ярко выраженное скопление самок было отмечено на участке с координатами 172°40′-174°00′ з.д. на глубинах около 50 м, максимальная плотность поселений составляла 37540 экз./ км^2. Как и самцов, наименьшая численность и плотность поселений наблюдалась в юго-западном участке. В северной части моря самки формировали несколько небольших скоплений. Общая численность самок составляла 525630 тыс. экз., средняя плотность поселений — 5287экз./ км^2.

Анализ распределения самок показал, что икроносные и неполовозрелые самки пространственно разделены (Рис. 2). Практически вся северная часть моря (глубины свыше 50 м) заселена самками, вынашивающими икру. Они образовывали несколько локальных скоплений на западе, востоке и в центре района. Икроносные самки предпочитали положительные температуры. В местах их массового обитания температура воды у дна составляла 2,0–4,4 °С. Средняя плотность в этих скоплениях была не-

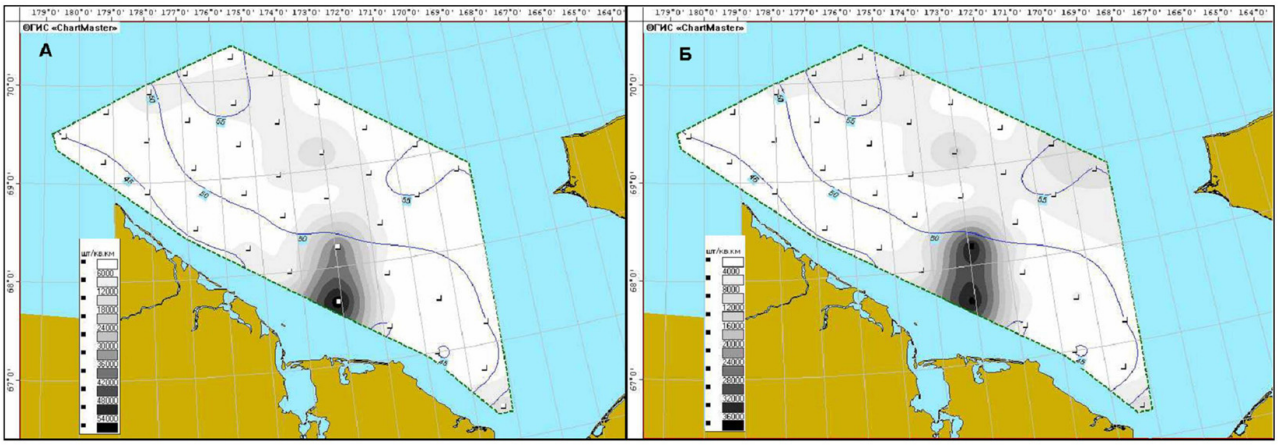


Рис. 1. Распределение самцов (А) и самок (Б) *Ch. opilio* в российском секторе Чукотского моря в сентябре 2010 г. Шкала — экз./ км^2

Таблица 1. Численность и плотность поселений самцов и самок *Ch. opilio* в разных районах Чукотского моря в сентябре 2010 г.

Район	Самцы			Самки		
	N, тыс. экз.	P, экз./ км^2	Доля, %	N, тыс. экз.	P, экз./ км^2	Доля, %
Юго-восток	342666	11834	53,6	269514	9512	51,3
Юго-запад	46853	1785	7,3	25751	930	4,9
Северо-запад	182006	6720	28,5	113200	4948	21,5
Северо-восток	67611	3945	10,6	117165	5780	22,3
Общая	639136	6429	100,0	525630	5287	100,0

велика и варьировала от 6390 до 7190 экз./ км^2. Максимальная плотность поселений наблюдалась в центральном скоплении и была равна 10335 экз./ км^2. На глубинах до 50 м икроносные самки каких-либо значимых плотностей не образовывали. Общая численность самок с икрой составляла 234775 тыс. экз., средняя плотность поселений — 2360 экз./ км^2.

В южной части моря, на глубинах до 50 м, доминировали неполовозрелые самки. В основном они встречались на участке с координатами172°40′–174°20′ з. д. Неполовозрелые самки, в отличие от самок с икрой, не были жестко привязаны к температурам воды у дна. Придонная температура в зоне скопления варьировала достаточно широко — от (–0,9 °С) до (+2,3 °С). Средняя плотность поселений на скоплении составляла 27365 экз./ км^2, максимальная достигала 36910 экз./ км^2. Общая численность неполовозрелых самок была равна 290855 тыс. экз., средняя плотность поселений — 2925 экз./ км^2.

Соотношение полов самцов и самок сильно варьировало в зависимости от местообитания. Значительное преобладание самцов над самками наблюдалось в западной части Чукотского моря, обратная картина была отмечена в северо-восточном районе. В целом, соотношение самцов и самок было примерно равным и составляло 1,2:1.

Величины биомасс и их соотношение в разных районах Чукотского моря представлены в таблице 2. У самцов распределение по биомассе отличалось от такового по численности. По численности юго-восточный район намного превосходил остальные обследованные участки. По соотношению величин биомасс наблюдалась иная картина. Доли биомассы самцов в юго-восточном и северо-западном районах были примерно равны — 35 и 36%, на северо-востоке — 20,7%. Наиболее высокая средняя плотность биомассы была отмечена в северо-западном районе — 359 кг/ км^2, самая низкая отмечена в юго-западном — 68 кг/ км^2. Величина максимальной плотности биомассы достигала 1005 кг/ км^2 на юго-востоке. Отличия в характере распределений биомассы и численности связаны с особенностями размерного состава самцов по районам. Суммарная биомасса самцов в Чукотском море составляла 23250 т, средняя плотность биомассы — 233 кг/ км^2.

У самок распределение биомассы отличалось от такового у самцов. Во всех районах, за исключением юго-западного, величины биомасс были сравнимы, их доли варьировали в пределах 29–37%. В юго-западном районе доля биомассы самок была минимальна — 4,1%. Средняя плотность биомассы была максимальна на северо-востоке — 233 кг/ км^2 и минимальна на юго-западе — 21 кг/ км^2. Различия в характере распределения величин биомассы и численности самок связаны с особенностями их размерного состава и жизненного цикла. Суммарная биомасса самок была гораздо меньше, чем у самцов и составляла 14645 т, средняя плотность биомассы — 147 кг/ км^2.

Таблица 2. Биомасса самцов и самок *Ch. opilio* в разных районах Чукотского моря в сентябре 2010 г.

Район	Самцы			Самки		
	B, т	P, кг/км^2	Доля, %	B, т	P, кг/км^2	Доля, %
Юго-восток	8132	270	35,0	5408	180	36,9
Юго-запад	1916	68	8,3	600	21	4,1
Северо-запад	8380	359	36,0	4430	190	30,2
Северо-восток	4822	267	20,7	4207	233	28,7
Общая	23250	233	100,0	14645	147	100,0

Размерный состав. Размерный состав самцов и самок *Ch opilio* Чукотского моря показан на ри-

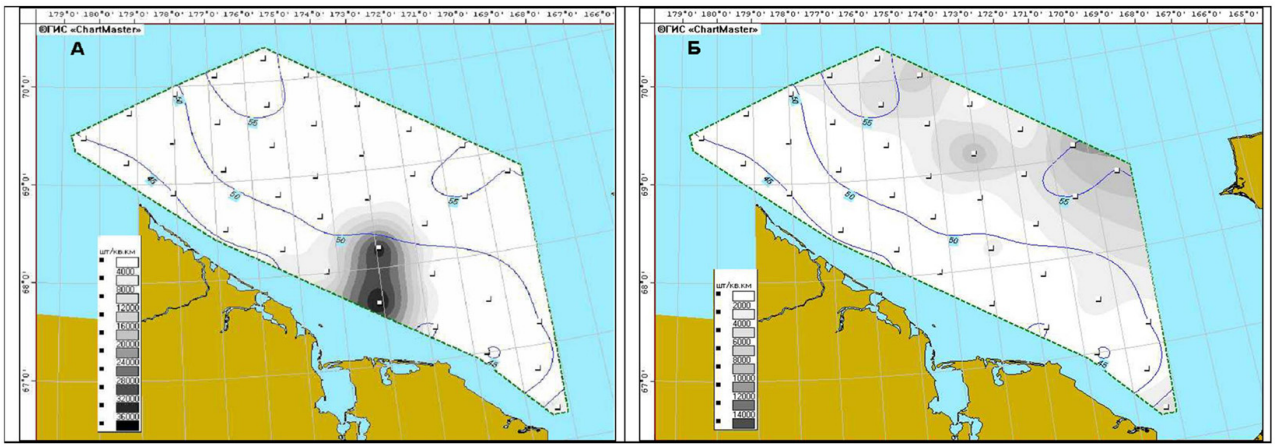


Рис. 2. Распределение неполовозрелых (А) и икроносных (Б) самок *Ch. opilio* в российском секторе Чукотского моря в сентябре 2010 г. Шкала — экз./ км^2

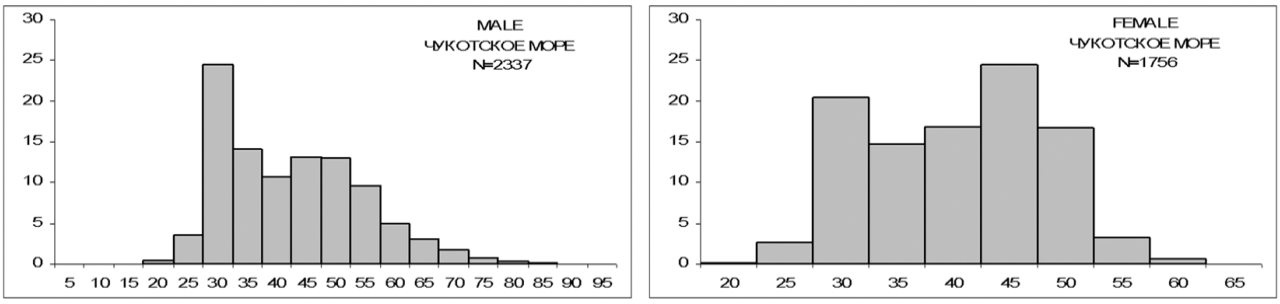


Рис. 3. Размерный состав самцов и самок *Ch. opilio* в Чукотском море в сентябре 2010 г. По шкале абсцисс — ШК, мм; по оси ординат — частота встречаемости, %

сунке 3. *Самцы*. Все пойманные самцы были непромыслового размера. Минимальный размер самцов составлял 9 мм, максимальный — 95 мм. Доминировали особи с ШК 30–54 мм, их доля достигала 85% от численности всех самцов. Особо выделялась группа мелких животных размером 30–34 мм, их доля оценена в 24,4 %. Средний размер самцов был небольшим и составлял 44,4±0,1 мм, мода была равна 33 мм. Статистические размерные характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 3. Размерные характеристики выборок самцов и самок *Ch. opilio* в разных районах Чукотского моря в сентябре 2010 г., мм

Район	N_{tot}, экз.	Самцы			N_{tot}, экз.	Самки		
		L_{tot}±m	L_{min}	L_{max}		L_{tot}±m	L_{min}	L_{max}
Юго-восток	735	39,0±0,1	22	85	576	38,5±0,1	25	61
Юго-запад	340	38,6±0,4	9	78	142	36,4±0,5	21	61
Северо-запад	933	50,0±0,1	21	85	636	46,1±0,1	23	60
Северо-восток	402	55,6±0,3	31	95	329	48,2±0,1	33	64
Общая	2337	44,4±0,1	9	95	1756	42,3±0,1	21	65

Примечание. Здесь и далее: N_{tot} – объем выборки; L_{tot} – средний размер (ширина карапакса) самцов всей выборки; m – стандартная ошибка отклонение; L_{min} – размер самого мелкого в выборке самца; L_{max} – размер наиболее крупного самца.

В период выполнения работ размерный состав самцов в северной и южной частях Чукотского моря имел значимые различия (Рис. 4). На южных участках доминирование мелких особей (ШК 60 мм и менее) было почти абсолютным — 94,8 % (Табл. 4). В северной части заметно возрастала доля относительно крупных крабов размером более 60 мм, их доля изменялась от 13% на западе до 34,5% на востоке. Средние размеры самцов из северных участков моря значительно превосходили таковые из южных участков. На северо-востоке средний размер самцов был максимален и равен 55,6 мм, на юго-западе он был минимальным — 38,6 мм. На всех обследованных участках, за исключением юго-западного района, размерное распределение было мономодальным, со сдвигом в сторону более мелких особей.

Самки. Диапазон размеров самок колебался в пределах от 21 до 65 мм. В основном наблюдался бимодальный характер размерного распределения. Два отчетливо выраженных пика формировали особи размером 25–29 мм (20,5%) и 40–44 мм (24,5%). Средний размер самок был равен 42,3±0,1 мм. На отдельных участках района размерное распределение было мономодальным. Сравнение размерного состава самок в южной и в северной частях моря показало, что доля относительно крупных самок (ШК 40 мм и более) была значительно выше на севере. Наибольший средний размер был отмечен на северо-востоке — 48,2 мм, на юго-западе он был наименьшим — 36,4 мм.

Для описания размерно-весовой зависимости применяли уравнение регрессии степенного типа. Для анализа использовались самцы с ШК 2,4–9,5 см и весом 7–410 г и самки с шириной карапакса 2,1–6,5 см и весом 3,5–110 г. Размерно-весовые зависимости удовлетворительно описывалась уравнениями степенного вида:

для самцов — $y=(0,2445\pm0,0114)*x^{(3,2703\pm0,0240)}$ (r2=0,99)

для самок — $y=(0,2339\pm0,0170)*x^{(3,2734\pm0,0431)}$ (r2=0,99)

Средний вес одного самца был равен 0,035 кг, самки — 0,027 кг.

Связь ШК и доли самцов, претерпевших линьку половозрелости, а также доли половозрелых и неполовозрелых самок аппроксимировались логистической S-образной кривой, параметры которой рассчитывались по уравнению Ферхюльста (Рис. 5). Диапазон размеров ШПС варьировал от 41,0 до 94,7 мм, у УПС — от 24,5 до 75,5 мм. Доля ШПС была оценена в 43,2%. Размер 50%-й половозрелости у самцов был равен 61,0 мм, у самок — 40,0 мм.

Линочные стадии самцов и репродуктивное состояние самок. В сентябре, в уловах встречались самцы практически всех линочных стадий (Табл. 5). Доминировали самцы 3 стадии, их доля составляла 83,3%

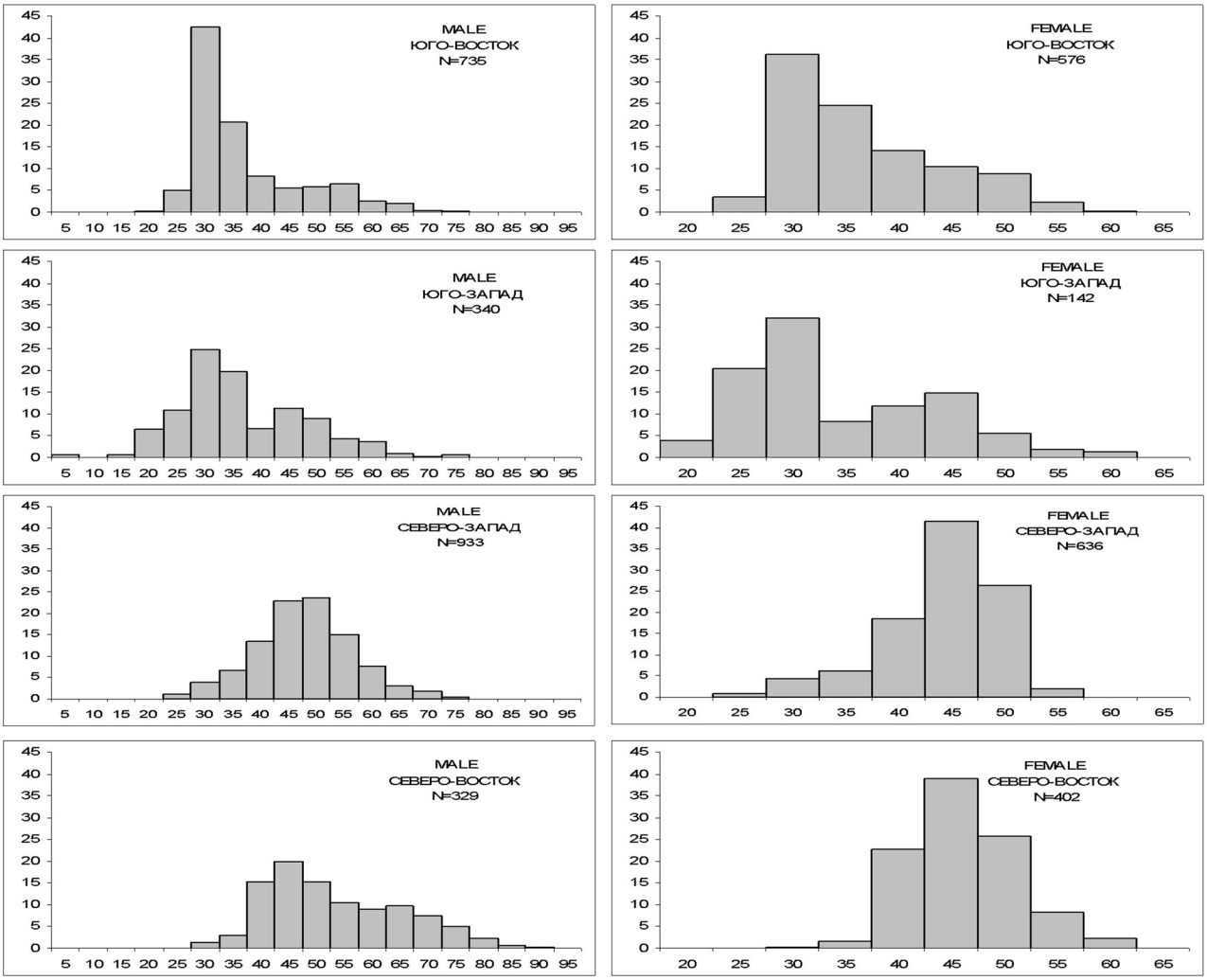


Рис. 4. Размерный состав самцов и самок *Ch. opilio* в разных районах Чукотском море в сентябре 2010 г. По шкале абсцисс — ШК, мм; по оси ординат — частота встречаемости, %

Таблица 4. Соотношение разных размерных групп самцов *Ch. opilio* в разных районах Чукотского моря в сентябре 2010 г., %

ШК, мм	Районы				Общая
	юго-восток	юго-запад	северо-запад	северо-восток	
≤60	94,8	94,8	87,0	65,5	89,0
>60	5,2	5,2	13,0	34,5	11,0

от общего числа самцов. Доли крабов остальных стадий не превышали 10 %. Детальный анализ линочного состояния самцов показал существенные различия в соотношении их стадий в разных районах. В южных районах отмечено абсолютное преобладание самцов 3 стадии, их доля достигала 92–96 %. Недавно перелинявшие самцы и крабы со старым панцирем были немногочисленны. В северной части моря большинство самцов также находились на 3 стадии, но их доля не достигала 70 %. В тоже время на северо-западе 22 % самцов находились на 3 ранней стадии, а на северо-востоке суммарная доля особей 3 поздней и 4 стадий была равна 28 %, суммарная доля недавно отлинявших самцов не достигала и 1 %. Исходя из сентябрьского соотношения линочных стадий самцов следует, что вначале массовая линька началась в юго-восточном районе (вероятнее всего в начале лета), затем распространялась в направлении северо-западного района, где позже всего и закончилась.

Репродуктивное состояние самок в период работ показано в таблице 6. Более половины самок были неполовозрелыми. Самки с недавно отложенной икрой оранжевого цвета составляли 45 % от общего числа самок. Доли крабов с икрой на стадии «глазка» и яловых самок были минимальны.

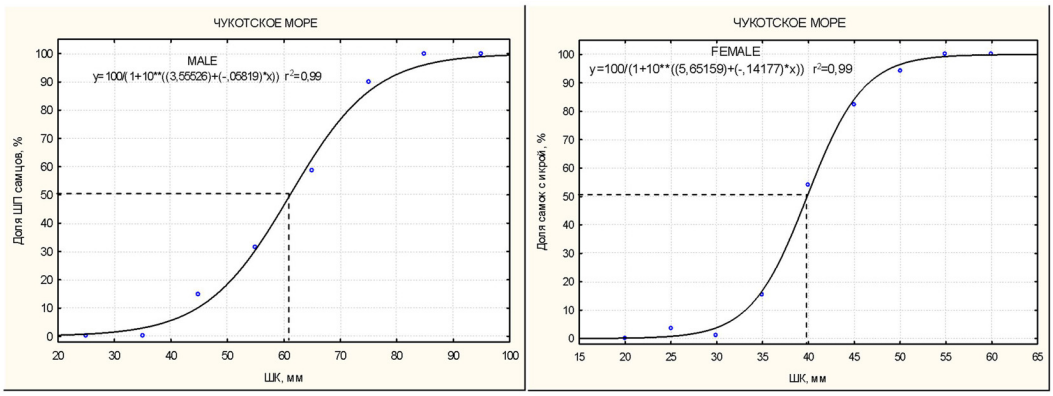


Рис. 5. Доля морфологически зрелых самцов и самок *Ch. opilio* в Чукотском море в зависимости от ШК, %

Таблица 5. Соотношение линочных стадий самцов *Ch. opilio* в разных районах Чукотского моря в сентябре 2010 г., %

Стадия	Районы				Общая
	юго-восток	юго-запад	северо-запад	северо-восток	
1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
2	0,0	0,0	0,1	0,4	0,1
3р	0,7	6,6	22,1	5,7	8,6
3	96,3	92,2	67,7	65,6	83,3
3п	1,6	0,6	4,6	11,0	3,5
4	1,4	0,6	5,4	17,3	4,4

Таблица 6. Репродуктивное состояние самок *Ch. opilio* в разных районах Чукотского моря в сентябре 2010 г., %

«ИО»	«ИГ»	«ЯЛ»	«НП»
45,0	0,1	0,3	54,6

Травматизм (аутотомия). В основном был отмечен только у сравнительно мелких крабов. Анализ данных показал, что размерный состав травмированных и целых самцов характеризовался мономодальным распределением по ШК (Рис. 6). У самцов со всеми конечностями пик численности сформирован крабами размером 41–50 мм, у травмированных самцов — особями с ШК 51–60 мм.

У самок размерные распределения целых и травмированных носили мономодальный характер и отличались незначительно (Рис. 7). Пик численности приходился на особей с размером 41–50 мм.

У травмированных самцов и самок статистические размерные показатели были выше, чем у целых крабов, за исключением модальных размеров самок (Табл. 7).

В скоплениях крабов доля самцов, у которых отсутствовала одна или большее количество ходильных ног (суммарный коэффициент экстенсивности) была намного выше доли самок — 21,8 и 9,8% (Табл. 8). Коэффициент интенсивности у самцов был больше, чем у самок — 0,035 и 0,013 соответственно. Регенерация конечностей у крабов встречалась довольно часто, каждый пятый самец имел регенерирующую конечность, у самок коэффициент экстенсивности был равен 0,088. Коэффициенты интенсивности регенерации самцов и самок были низкими.

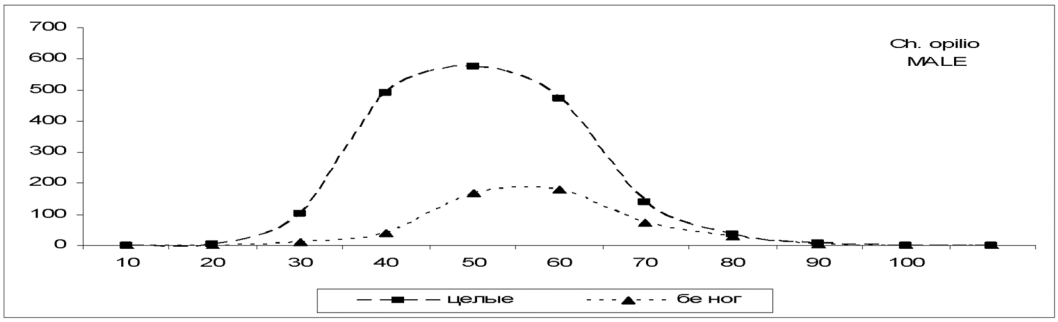


Рис. 6. Размерный состав самцов *Ch. opilio* разной степени травмированности в Чукотском море. По оси абсцисс — ШК, мм; по оси ординат — экз.

Среди травмированных крабов чаще всего встречались особи с одной утраченной ногой. Их доли у самцов и самок были примерно одинаковы — 61,2 и 63,4%. Численность самцов и самок без 2, 3 и т. д. конечностей прогрессивно уменьшалась. Среди крабов с регенерирующими конечностями наблюдалась аналогичная картина. Максимальное зарегистрированное количество отсутствующих ног у самцов достигало 6, у самок — 5.

Краб-паук — *Hyas coarctatus alutaceus*. Среди донных беспозвоночных имеет второстепенное значение. Частота встречаемости самцов в тралах была равна 47%, самок — 34%. Диапазон глубин обитания составлял 45–57 м. Большинство самцов и самок (свыше 90%) были пойманы в южной части моря на глубинах до 50 м на илистых песках, иногда на глинистых илах с примесью песка. На глубинах свыше 50 м встречался редко. Самцы обитали при температуре воды у дна от (–1,7 °С) до (+3,4 °С), самки — в диапазоне температур (–1,7°С)–(+2,6 °С).

Распределение самцов и самок показано на рисунке 8. Большая часть самцов обитала в юго-восточном районе в зоне придонных температур от (–0,5°С) до (+1,7 °С). Численность самцов на этом участке составляла 12878 тыс. экз., средняя плотность поселений — 430 экз./ км^2. (табл. 9). Мощное скоп-

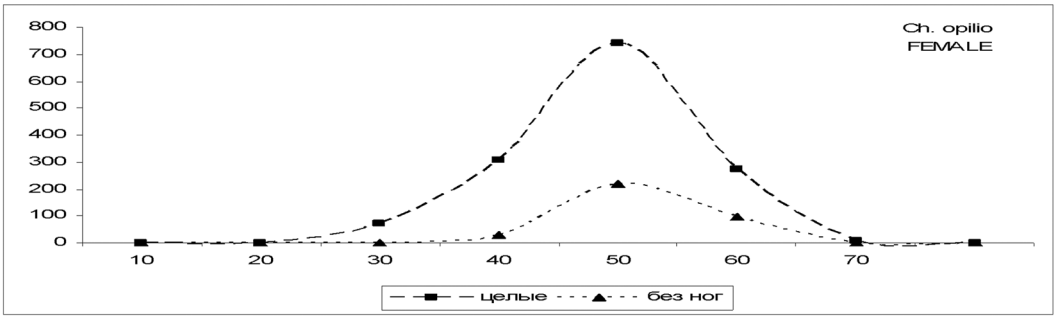


Рис. 7. Размерный состав самок *Ch. opilio* разной степени травмированности в Чукотском море. По оси абсцисс — ШК, мм; по оси ординат — экз.

Таблица 7. Средние и модальные размеры самцов и самок *Ch. opilio* разной степени травмированости (аутотомии) в Чукотском море, мм

Степень травмированости	Самцы		Самки	
	L±m	M	L±m	M
Целые	46,1±0,3	34	44,0±0,2	47
Без ног	52,7±0,5	48	47,3±0,3	47

Таблица 8. Параметры поврежденности самцов и самок *Ch. opilio* в Чукотском море

АУТОТОМИЯ				РЕГЕНЕРЕЦИЯ			
♂♂		♀♀		♂♂		♀♀	
CI	GI	CI	GI	CI	GI	CI	GI
0,218	0,035	0,098	0,013	0,200	0,031	0,088	0,012

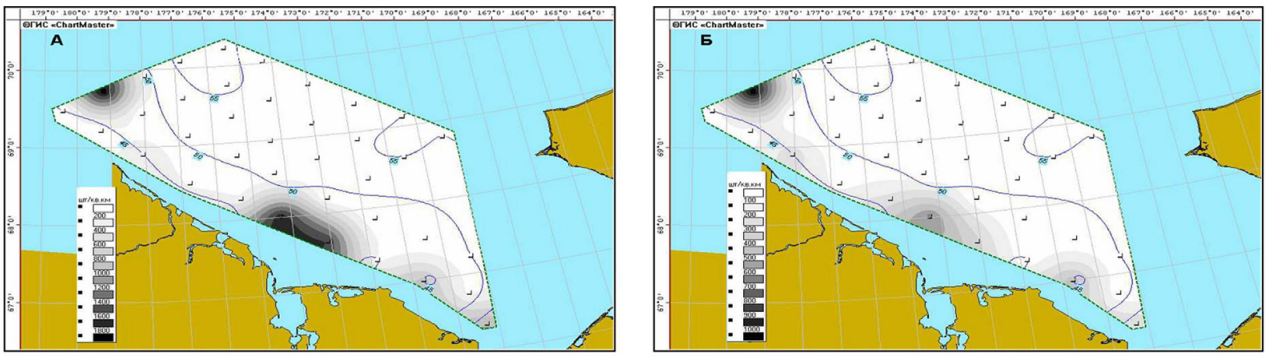


Рис. 8. Распределение самцов (А) и самок (Б) *H. coarctatus* в российском секторе Чукотского моря в сентябре 2010 г. Шкала — экз./ км^2

ление крабов было отмечено на участке с координатами 173°00′-175°00′ з.д. на глубинах около 50 м. На площади 4300 км^2 средняя плотность поселений была оценена в 1395 экз./ км^2, максимальная плотность — в 1740 экз./ км^2. В юго-западном районе численность самцов была заметно ниже — 5778 тыс. экз., при средней плотности 205 экз./ км^2. На участке с координатами 178°30′–180°00′ з.д. (глубины 46–47 м) самцы образовывали небольшое локальное скопление. Средняя плотность крабов была равна 1295 экз./ км^2, максимальная плотность — 1920 экз./ км^2. В северной части моря какие-либо значительные концентрации самцов отмечены не были. Общая численность самцов составляла 19035 тыс. экз., средняя плотность поселений — 190 экз./ км^2.

Самки, как и самцы, в подавляющем большинстве обитали в южной части моря на глубинах до 50 м. При общей численности самок равной 7769 тыс. экз. (средняя плотность — 78 экз./ км^2), на глубинах до 50 м их численность составляла 7310 тыс. экз. (средняя плотность — 166 экз./ км^2). На юго-востоке самки были более многочисленны, чем на других участках моря. В зависимости от физиологического состояния скопления самок были приурочены к участкам дна, как с отрицательной, так и положительной температурой воды. В районе исследований они образовывали несколько скоплений.

Скопления самок были приурочены к местам концентрации самцов. Наиболее ярко выраженное скопление было отмечено в юго-западном районе на участке 178°30′-180°00′ з.д. находящимся под влиянием холодных арктических вод. Оно было сформировано в основном неполовозрелыми самками. На площади 1500 км^2 средняя плотность поселения составляла 690 экз./ км^2, максимальная — 1065 экз./ км^2. Еще два скопления, уступающих первому по численности и плотности поселений, были обнаружены в юго-восточном районе и состояли в основном из икроносных самок. Одно скопление располагалось на участке с координатами 173°00′-175°00′ з.д. на глубинах 47-48 м. На площади около 2000 км^2 средняя плотность поселений составляла 500 экз./ км^2, максимальная — 615 экз./ км^2. Второе скопление отмечено на участке с координатами 170°30′-171°20′ з.д. в зоне влияния беринговоморских вод. Оно занимало площадь равную 1400 км^2, средняя и максимальная плотности поселений самок в нем были самыми низкими — 365 экз./ км^2 и 445 экз./ км^2.

Половозрелые, большей частью икроносные, и неполовозрелые самки занимали разные участки ареала обитания. В юго-восточном районе доминировали самки с икрой, в юго-западном районе – неполовозрелые особи.

Общая численность половозрелых самок в Чукотском море составляла 4152 тыс. экз., средняя плотность поселений — 41 экз./ км^2, максимальная плотность — 615 экз./ км^2. Общая численность неполовозрелых самок была равна 3617 тыс. экз., средняя плотность поселений — 37 экз./ км^2, максимальная плотность — 885 экз./ км^2.

Соотношение полов в популяции краба-паука хиаса сильно менялось в зависимости от пространственного распределения животных, от 1.6:1 на юго-западе до 10,0:1 на северо-востоке. В целом, в Чукотском море соотношение самцы/ самки составляло 2,5:1.

Характер распределения самцов и самок краба-паука по биомассе в обследованном районе моря был тесно связан с распределением их по численности (Табл. 10).

Максимальные значения биомассы и ее средней плотности у самцов и самок были отмечены в юго-восточном районе. Здесь, доли биомассы у самцов и самок составляли соответственно 77,2 и 59,7 %, в северной части они были минимальны. Биомасса самцов в составила 447 т, средняя плотность биомассы была невысока – 4,0 кг/ км^2. Биомасса самок была оценена в 88 т, средняя плотность биомассы была минимальна – 0,9 кг/ км^2.

Таблица 9. Численность и плотность поселений самцов и самок *H. coarctatus* в разных районах Чукотского моря в сентябре 2010 г.

Район	Самцы			Самки		
	N, тыс. экз.	P, экз./ км^2	Доля, %	N, тыс. экз.	P, экз./ км^2	Доля, %
Юго-восток	12878	430	67,6	4198	140	54,1
Юго-запад	5778	205	30,4	3514	125	45,2
Северо-запад	349	14	1,8	54	2	0,7
Северо-восток	30	1	0,2	3	>1	0,0
Общая	19035	191	100,0	7769	78	100,0

Размерный состав. *Самцы.* Диапазон размеров самцов варьировал в пределах 11–55 мм (Рис. 9 и Табл. 11). Размерное распределение было близким к бимодальному. Выделялись два модальных класса: 1 — отчетливо выраженный, сформированный особями с ШК 35–39 мм и 2 — слабый, образованный самцами размером 45-49 мм. Средний размер самцов составлял 34,1±0,5 мм. Размерный состав самцов в западных и восточных районах был разным. На западе доминировали самцы размером 15–39 мм — 84%, на востоке — особи размером 30–44 мм (72 %). Средние размеры самцов были заметно выше на востоке.

Самки. Минимальный размер самок составлял 11 мм, максимальный — 38 мм. Размерное распределение было мономодальным. Преобладали особи с ШК 20–29 мм — 78%. Средний размер самок был равен 25,2 0,4 мм.

Размерно-весовая зависимость для самцов удовлетворительно описывалась уравнением степенного вида:

$$y=(0{,}4400\pm0{,}0387)*x^{(3{,}2041\pm 0{,}0572)} \ (r2=0{,}99)$$

Средний вес одного самца был равен 0,02 кг, самки — 0,01 кг.

Линочные стадии самцов и репродуктивное состояние самок. В период исследований была отмечена массовая линька крабов, в уловах встречались самцы всех линочных стадий, за исключением 0-й стадии. Преобладали крабы 3 стадии, их доля составляла 51,3% (Табл. 12). Суммарная доля недавно отлинявших животных достигала 37%, причем доля самцов 1 и 2 стадий составляла 17,3 %. Линочное состояние самцов в восточной и западной частях Чукотского моря заметно разнилось. На востоке, находящемся в зоне действия беринговоморских вод, линька уже завершалась и была менее интенсивной, чем на западных участках попадающих под влияние холодных арктических вод. Суммарная доля самцов 1–3 ранней стадий на востоке составляла 30,6% против 51% на западе, где линька носила массовый характер.

Более половины самок краба-паука хиаса были неполовозрелыми. Среди остальных особей доминировали самки на стадии «ИО», их доля была равна 37,6% от общего числа самок. Яловые самки и самки с икрой на стадии «ИГ» попадались редко (по 5,2%).

Травматизм (аутотомия). Анализ размерного состава скоплений вида в разных районах показал, что размерное распределение целых самцов отличалось от распределения травмированных самцов и характеризовалось наличием нескольких пиков численности (рис. 10).

Таблица 10. Биомасса самцов и самок *H. coarctatus* в разных районах Чукотского моря в сентябре 2010 г.

Район	Самцы			Самки		
	B, т	P, экз./ км^2	Доля, %	B, т	P, экз./ км^2	Доля, %
Юго-восток	345,0	11,0	77,2	52,5	1,7	59,7
Юго-запад	94,0	3,0	21,0	34,5	1,2	39,2
Северо-запад	7,0	0,3	1,6	0,9	>0,1	1,0
Северо-восток	1	>0,1	0,2	1,0	>0,1	1,1
Общая	447,0	4,0	100,0	88,0	0,9	100,0

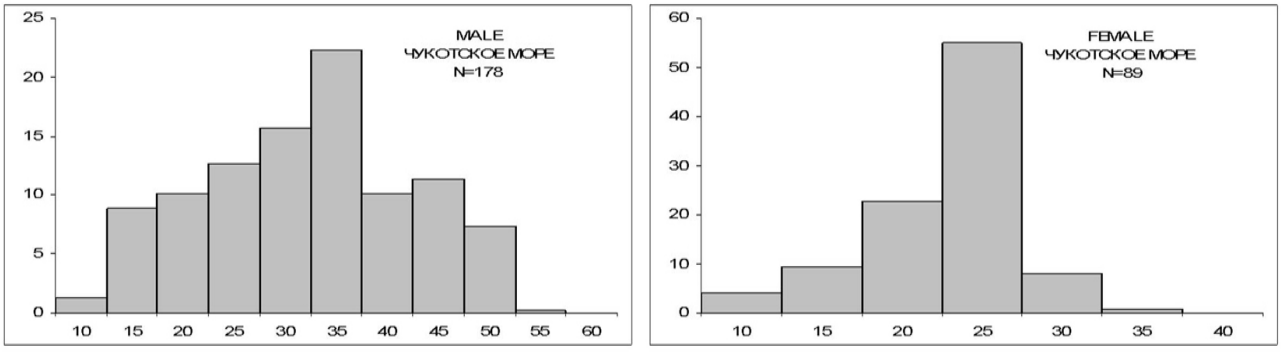


Рис. 9. Размерный состав самцов и самок *H. coarctatus* в Чукотском море в сентябре 2010 г. По шкале абсцисс — ШК, мм; по оси ординат — частота встречаемости, %

Основной пик сформирован крабами с ШК 26–30 мм, еще два небольших пика приходился на самцов размерами 16–20 и 46–50 мм. У самцов с утраченными конечностями размерное распределение было более гладкое, без каких-либо пиков.

Размерное распределение целых и травмированных самок было схожим и носило мономодальный характер с небольшим сдвигом в сторону крупных особей. У самок со всеми конечностями мощный пик был образован особями с ШК 26–30 мм. У травмированных самок пик сформирован крабами того же размера. Все статистические размерные показатели у травмированных самок были больше (Табл. 13).

Таблица 11. Размерные характеристики выборок самцов и самок *H. coarctatus* в разных районах Чукотского моря в сентябре 2010 г., мм

Район	N_{tot}, экз.	Самцы			N_{tot}, экз.	Самки		
		L_{tot} ±m	L_{min}	L_{max}		L_{tot} ±m	L_{min}	L_{max}
Юго-восток	74	36,7±0,5	17	53	30	26,4±0,4	18	32
Запад	99	29,8±0,9	11	55	59	24,5±0,5	11	38
Общая	178	34,1±0,5	11	55	89	25,2±0,4	11	38

Параметры поврежденности самцов и самок показаны в таблице 14. Коэффициент экстенсивности и самцов и самок составлял всего 0,079 (Табл. 14). Степень индивидуального травматизма (коэффициент интенсивности) была минимальна, у самок он был больше, чем у самцов. Самцы и самки с регенерирующими ногами встречались редко. Коэффициенты экстенсивности и интенсивности были минимальны, тем не менее, у самцов они были меньше, чем у самок.

Максимальное зарегистрированное число отсутствующих ног составляло для самцов 3, для самок — 5. У большинства травмированных крабов отсутствовала одна конечность. Доля таких самцов составляла 64,3%, доля самок — 35,7%.

Заключение

Анализ результатов траловых съемок 1997 и 2010 гг. по стригуну опилио показал следующее. За последние 13 лет у самцов и самок стригуна опилио произошли значительные изменения, как в распределении, так и в ряде их популяционных характеристик. В 1997 г. все функциональные группы самцов обитали в основном в южной части района исследований, в 2010 г. самцы доминировали в юго-восточной и северо-западной частях моря. Вероятнее всего это связано с различиями гидрологических режимов в 1997 и 2010 гг. (следует отметить, что съемки выполнялись примерно в одни и те же сроки и одинаковыми орудиями лова). В 1997 г. температура воды у дна практически везде была положительной, тогда как в 2010 г. положительные температуры наблюдались только в юго-восточной и северо-западной частях. Очень сильно изменились, более чем на порядок, и величины средних плотностей поселений самцов — в 1997 г. средняя плотность была оценена в 2500 кг/км2, в 2010 г. — только 233 кг/км^2. Поскольку

Таблица 12. Соотношение линочных стадий самцов *H. coarctatus* в разных районах Чукотского моря в сентябре 2010 г., %

Районы	Стадия					
	1	2	3р	3	3п	4
Юго-восток	5,5	11,8	13,3	53,1	16,3	0,0
Запад	5,1	14,6	31,4	44,5	0,0	4,4
Общая	5,1	12,2	19,7	51,3	10,3	1,4

Таблица 13. Средние и модальные размеры самцов и самок *H. coarctatus* в Чукотском море, мм

Степень травмированности	Самцы		Самки	
	L±m	M	L±m	M
Целые	32,4±0,9	26	24,6±0,6	27
Без ног	39,2±1,2	41	27,1±1,1	30
Общая	32,9±0,8	26	24,8±0,5	27

Таблица 14. Параметры поврежденности самцов и самок *H. coarctatus* в Чукотском море

АУТОТОМИЯ				РЕГЕНЕРЕЦИЯ			
♂♂		♀♀		♂♂		♀♀	
CI	GI	CI	GI	CI	GI	CI	GI
0,079	0,011	0,079	0,018	0,011	0,001	0,034	0,004

промысел стригуна опилио в районе работ не ведется, то такое значительное уменьшение величин плотности можно объяснит только естественными причинами. Например: изменение гидрологического режима в неблагоприятную сторону, увеличение численности рыб, в пищевой рацион которых входит стригун, отсутствие в последние годы урожайных поколений и т.д. Размерный состав самцов за прошедшие годы также изменился, произошло его измельчение. В 1997 г. доля самцов с ШК 60 мм и более составляла 30%, в 2010 г. — только 11%. Соответственно, в 2010 г. размер 50%-ой половозрелости у самцов снизился и был равен 61,0 мм, у самок — 40,0 мм, в 1997 г. эти показатели составляли соответственно 70 и 46,5 мм. Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что в ближайшей перспективе краб-стригун опилио промыслом осваиваться не будет. Краб-паук хиас, ввиду низких величин численности и биомассы в экосистеме Чукотского моря (российский сектор) являлся второстепенным компонентом.

Список литература

Биритейн А.Я., Виноградов Л.Г. 1953. Новые данные о фауне десятиногих ракообразных (Decapoda) Берингова моря // Зоол. журнал. 1953. Т. 32, вып. 2. С. 217–226.

Слизкин А.Г., Сафронов С.Г. 2000. Промысловые крабы прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский. Изд. "Северная Пацифика". 2000, 180 с.

Слизкин А.Г., Федотов П.А., Хен Г.В. 2007. Пространственная структура поселений и некоторые особенности биологии краба-стригуна опилио *Chionoecetes opilio* в российском секторе Чукотского моря // Тр. ВНИРО. Т. 140. С. 144–157.

Федотов П.А. 2011. Распределение и некоторые особенности биологии крабов сем. Maijidae в западной части Чукотского моря в сентябре 2010 г. / Материалы XII международная научная конференция "Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей" (Петропавловск-Камчатский, 14–15 декабря 2011 г.) Петропавловск-Камчатский. С. 303–306.

Федотов П.А. 2011. Травматизм шельфовых видов крабов сем. Maijidae в западной части Чукотского моря. / Материалы XII международная научная конференция "Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей" (Петропавловск-Камчатский, 14–15 декабря 2011 г.) Петропавловск-Камчатский. С. 307–311.

Чучукало В.И., Надточий В.А., Федотов П.А., Безруков Р.Г. 2011 г. Питание и некоторые черты биологии стригуна опилио в Чукотском море // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. (В печати).

УДК 594.3

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ БИОЛОГИИ ПРОМЫСЛОВОГО ТРУБАЧА *BUCCINUM PEMPHIGUS* DALL, 1907 (GASTROPODA, BUCCINIDAE) СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

Морозов Т.Б.[1], Степанов В.Г.[2]

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
КФ ТИГ ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: tmorozov@kamniro.ru

Введение

Брюхоногие моллюски сем. Buccinidae («трубачи») — широко распространены во всех Дальневосточных морях на глубинах от 20 до 500 м и более. Эта группа животных в настоящее время имеют определенное промысловое значение, но, несмотря на это, входящие в ее состав виды следует отнести к слабоизученным. В имеющихся на сегодняшний день сводках дано общее представление о видовом составе, морфологии, зоогеографической и филогенетической принадлежности. Так, П.В. Ушаков в монографии по фауне Охотского моря (1953) приводит список из 45 видов Buccinidae и указывает места их находок и некоторые условия их обитания. Наиболее полными сводками по систематике и биологии являются монографии А.Н. Голикова по моллюскам рода Neptunea (1963) и подсемейства Buccininae (1980). Что же касается распределения отдельных видов, структуры их скоплений, условий их форми-

рования и ряда других экологических аспектов, то сведения о них оставляют желать лучшего. Так, существуют работы А.И. Пискунова (Пискунов, 1979) А.К. Клитина (Клитин, 2006; Клитин и др., 2008), посвященные изучению видового состава и распределения трубачей у восточного Сахалина, Татарского пролива и северных Курильских островов. Работа, посвященная встречаемости трубачей в траловых и ловушечных уловах северной части Охотского моря вышла в 2009 г (Овсянников, 2009), однако, она посвящена лишь сравнению структуры уловов трубачей в тралах и ловушках. Работ же, посвященных распределению и биологии трубачей у побережья юго-западной Камчатки нам обнаружить не удалось. А ведь эксплуатация водных ресурсов, с нашей точки зрения, в первую очередь предполагает использование именно этих сведений, так как именно они и служат для обоснования объемов изъятия и рекомендаций к рациональному ведению промысла. Так, интенсивный промысел трубачей в настоящее время ведется в северной, северо-западной и центральной частях Охотского моря, тогда как в Северо-восточной его части, на материковом склоне юго-западной Камчатки в частности, на данный момент промысла этих объектов нет, хотя его вели в 90-х – начале 2000-х гг., вплоть до 2002 года, когда популяция была признана неблагополучной и было принято решение снизить величину квот на вылов. После этого практически не предпринималось попыток оценить состояние популяций трубачей в данном районе, а оценка запаса имела экспертный характер.

Материал и методика

В настоящей работе мы приводим данные о распределении и структуре скоплений B. pemphigus в северо-восточной части Охотского моря на акватории площадью 15993,9 км^2 и ограниченной координатами 54°00′–51020′ с. ш. и 153°30' в. д. и предпринимаем попытку оценить состояние популяции B. pemphigus — наиболее подходящего для промысла вида трубачей на материковом склоне юго-западной Камчатки (Камчатско-Курильская подзона) на основе учетных донных траловых съемок в июле-августе на НИС «Профессор Кизеветтер» в 2010 г и на НИС «ТИНРО» в 2011 г, в диапазонах глубин от 15 до 859 м (рис. 1).

В качестве орудия лова при проведении траловых съемок использовали донный трал 27.1/33.7 с мягким грунтропом длиной — 35 м. Куток длиной 22 м был снабжен двойной «рубашкой» с ячеей верха 30 мм и вставки 10 мм. Трал подсоединялся по двухкабельной схеме, длина кабелей равнялась 60 м. В качестве распорных средств применялись сферические доски площадью по 4,2 м. Паспортное вертикальное раскрытие трала составляло 9 м, горизонтальное — 16 м. Продолжительность учетных тралений варьировала от 8 до 35 мин. Скорость судна с тралом составляла 2,8–3,6 узла. Всего в районе исследований было выполнено в 2010 г — 114 тралений, проведены промеры 184 экз., в 2011 г. — 120 тралений (рис. 1), проведен полный биологический анализ 300 экз. При расчетах удельной биомассы использовали коэффициент уловистости трала равным 0,5 (Клитин и др., 2008). При анализе структуры

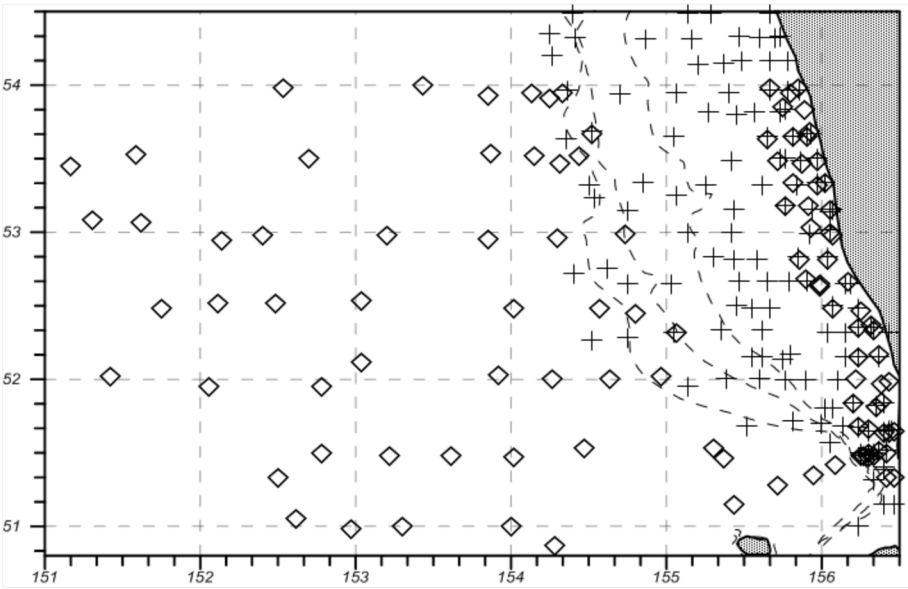


Рис. 1. Схема траловых станций района исследований: (%) — НИС «Профессор Кизеветтер» 2010 г; (+) НИС «ТИНРО» 2011 г.

скоплений *B. pemphigus* по половому признаку, нами принят в качестве показателя размер высоты раковины, как наиболее стабильная величина, не зависящая от физиологического состояния моллюска. Расчеты проводили в программе MS Office Excel 2007, карты распределения построены в программе Surfer 10, при расчете площадей исследованной акватории и запаса использовали программу Chartmaster.

Результаты и обсуждение

B. pemphigus — тихоокеанский, приазиатский широкобореальный вид, был отмечен на акватории площадью 15993 км^2 на 37 учетных станциях, где образует три крупных скопления в диапазоне глубин от 200 до 340 м на песчаных и песчано-илистых грунтах (рис. 2, 3). Максимальные уловы этого моллюска были обнаружены в координатах 52°44′5″ N — 154°37′9″ E — 333 экземпляра и 18 кг/траление на глубине 291 м, при придонной температуре 1,6 °С на песчаном грунте. Почти такие же высокие уловы были отмечены (25,1 кг и 308 экземпляра/траление) на глубине 350,5 м, температуре 1,7 °С в координатах 53°13′3″ N — 154°47′3″ E и 22,5 кг , 293 экз/траление в координатах 52°19′1″ N — 155^{0}03′4″ E на глубине 310 м и температуре 1,7 °С на илисто-песчаном грунте (табл. 1). Максимальные удельные биомассы в указанных скоплениях составили до 2200 кг/км^2 (рис. 2, 3; табл. 1), максимальная плотность поселения — 22000 экз/км^2 на глубине 350 м на илисто-песчаных и песчаных грунтах (рис. 4). Как правило, скопления трубачей всегда бывают многовидовыми с различной степенью доминирования какого-либо вида. Так, вместе с *B.pemphigus* в прилове в районе отмеченных нами скоплений были отмечены промысловые представители рода *Neptunea* (*N. laticostata ochotense, N. polycostata, N. laticostata laticostata, N. convexa)*, *Clinopegma chikaoi* и в незначительных количествах представителями других видов рода *Buccinum* (*B. rossicum* и *B. ochotensis*). Доля *B. pemphigus* в уловах (по массе) среди всех Buccinidae составила в 2011 г 46%, по количеству в 2010 г — 30%, в 2011 г — 68% (табл.).

В траловых уловах 2010 г минимальная высота раковины *B. pemphigus* составила 25 мм, максимальная — 164 мм при массе 20 и 230 г, максимальное количество особей в уловах приходилось на размерные группы 86–106 мм, при среднем значении 87 мм и средней массой 108,7 г. У моллюсков промыслового размера (высота раковины более 70 мм), высота раковины варьировала от 70 до 160 мм, при среднем значении 99 мм. Масса промысловых особей составляла 65–235г, средняя масса — 117,9 г.

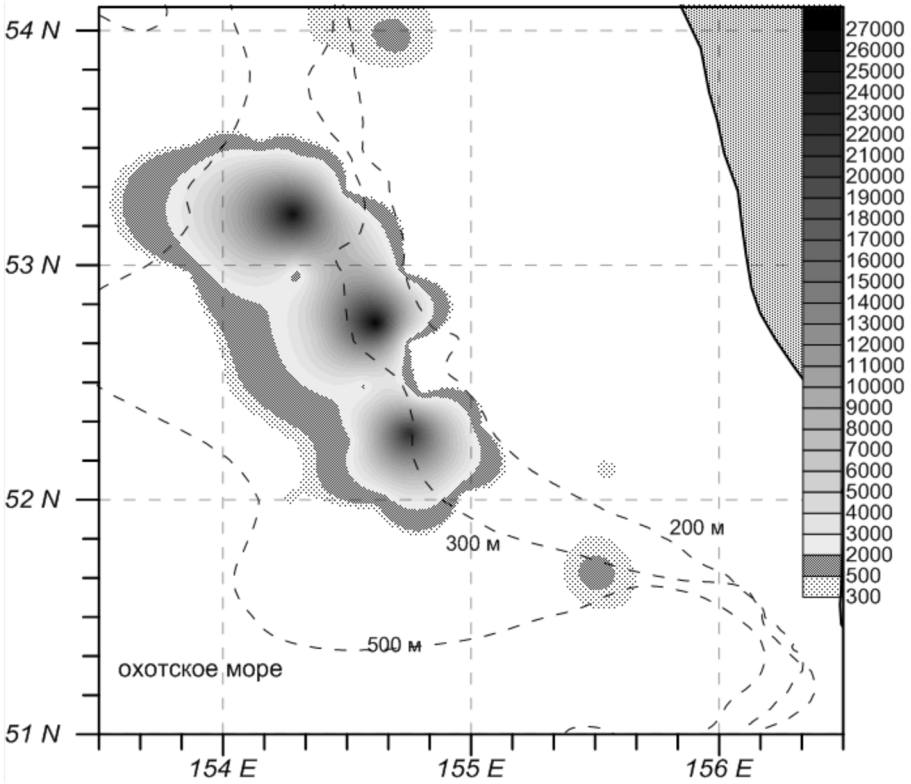


Рис. 2. Плотность поселения *B. Pemphigus* в исследованном районе по данным учетных траловых съемок НИС «Профессор Кизеветтер» в июле–августе 2010 г. и НИС «ТИНРО» в июле–августе 2011 г. Шкала: экз/км^2

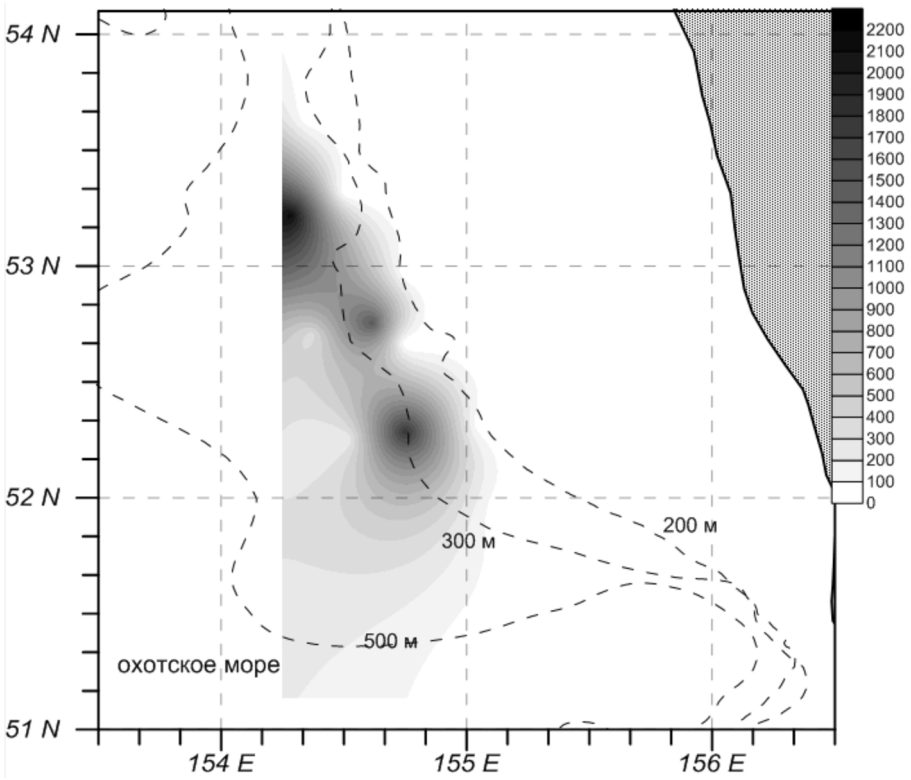


Рис. 3. Распределение удельной биомассы *B. Pemphigus* в исследованном районе по данным учетных траловых съемок НИС «ТИНРО» в июле–августе 2011 г. Шкала: кг/км^2

Таблица. Некоторые условия обитания *Buccinum pemphigus* в исследованном районе по данным учетных траловых съемок НИС «Профессор Кизеветтер» в июле–августе 2010 г и НИС «ТИНРО» в июле – августе 2011 г.

BUCCINUM PEMPHIGUS		**2010 г**	**2011 г**
глубина (м)	пределы	275–859	62,5–361
	максимум улова	344	350,5
Температура (°С)	пределы	1,96–2,25	–0,1–1,8
	максимум улова	1,93	1,7
улов (кг/траление)	средний	–	3,82
	максимальный	–	25,075
улов (экз/траление)	средний	9,8	53,85
	максимальный	38	333
высота раковины (мм)	минимальная	25	40
	максимальная	165	130
	средняя	87,2	84,8
масса моллюска (г)	минимальная	25	5
	максимальная	235	190
	средняя	108,7	76,09
Доля в уловах (по массе) % (средняя)		–	46
Доля в уловах (по количеству экземпляров) % (средняя)		30	68

Особей непромыслового размера встречено 28,3% от общего вылова *B. pemphigus* в исследованном районе (рис. 5, 6).

В уловах 2011 г особи непромыслового размера *B. pemphigus* в районе исследований составили 31% от общего вылова. Минимальная высота раковины составила 40 мм, минимальная масса — 5 г. Преобладали размеры 65–68 мм массой 20–40 г, при среднем значении высоты раковины 60,8 мм и массы 32,8 г. Среди промысловых экземпляров преобладали моллюски размером от 74 до 100 мм и массой от 50 до 100 г. Средняя высота раковины составила 85,5 мм, а средняя масса — 76 г (рис. 7, 8).

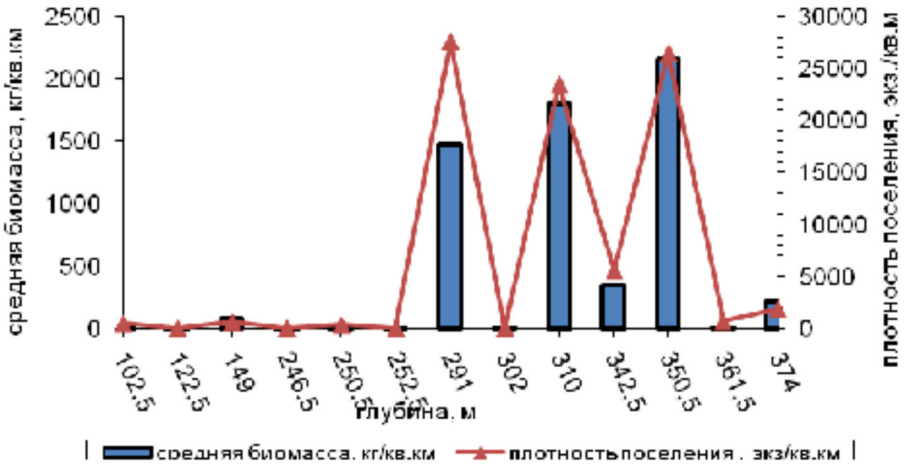


Рис. 4. Рост биомассы и плотности поселения *B. pemphigus* с увеличением глубины по данным траловой съемки на НИС «ТИНРО» в июле–августе 2011 г.

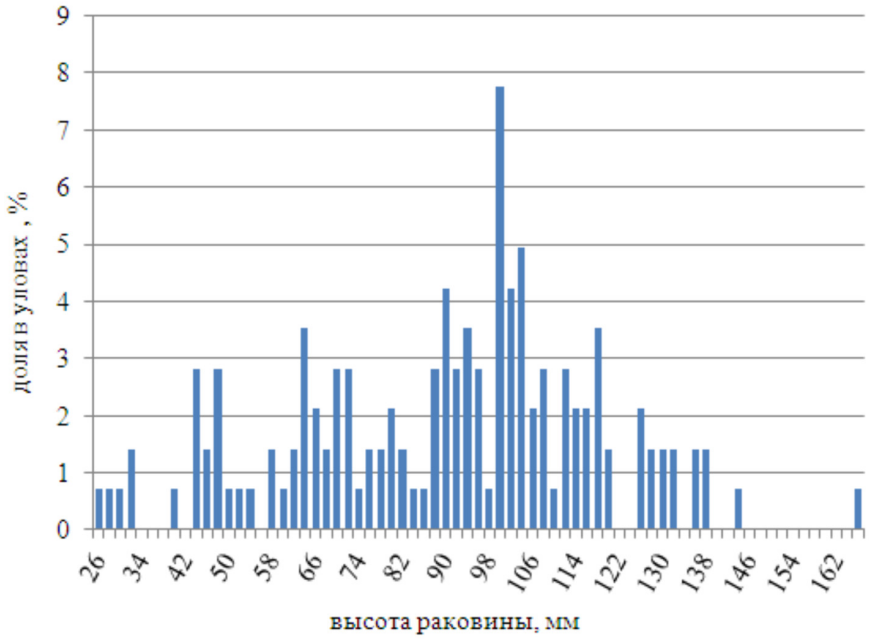


Рис. 5. Размерный состав *B. pemphigus* в траловых уловах НИС «Профессор Кизеветтер» в июле–августе 2010 г.

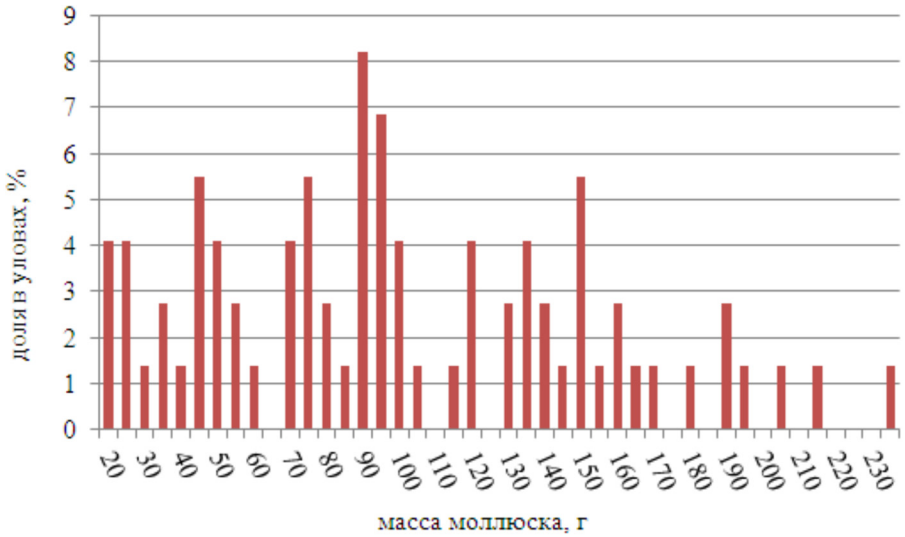


Рис. 6. Весовой состав *B. pemphigus* в траловых уловах НИС «Профессор Кизеветтер» в июле–августе 2010 г.

Минимальный размер раковин всех самцов *B. pemphigus* составил 10 мм, максимальный 160 мм и массой 5–150 г, при среднем значении высоты раковины 85,4 мм и массы 72,4. У самцов промыслового размера средняя высота раковины составила 87 мм, максимальная — 130 мм, а средняя масса 78 г, при максимальном значении 150 г. Самки были представлены особями с высотой раковины от 40 до 124 мм со средним значением 85,2 мм и массой 30–150 г, у промысловых самок средняя высота была 88,5 при средней массе 80 г, а максимальная высота раковины составила 160 мм, при среднем значении 86 мм. Таким образом, анализ размерной структуры скоплений позволяет считать, что в целом самцы и самки имеют почти одинаковые средние размеры, отличаясь лишь на десятые доли миллиметра (85,4 и 85,2 мм), однако самки промысловых размеров крупнее самцов (87 и 88,5мм соответственно) (рис. 7, 8).

Рост отношения массы к высоте раковины у *B. pemphigus* имеет полиномиальный характер (рис. 9), в то время как А.Н. Голиков (1980) для всех представителей рода Buccinum отмечает линейную зависимость.

Всего особей непромыслового размера в уловах *B. pemphigus* в 2011 г. нами было встречено 31%.

Заключение

Исследованный нами район при административном делении носит название Камчатско-Курильской промысловой подзоны Охотского моря. На основании полученных нами результатов можно смело утверждать о нахождении в этой акватории 3 крупных (до 2200 кг/км^2) промысловых скоплений

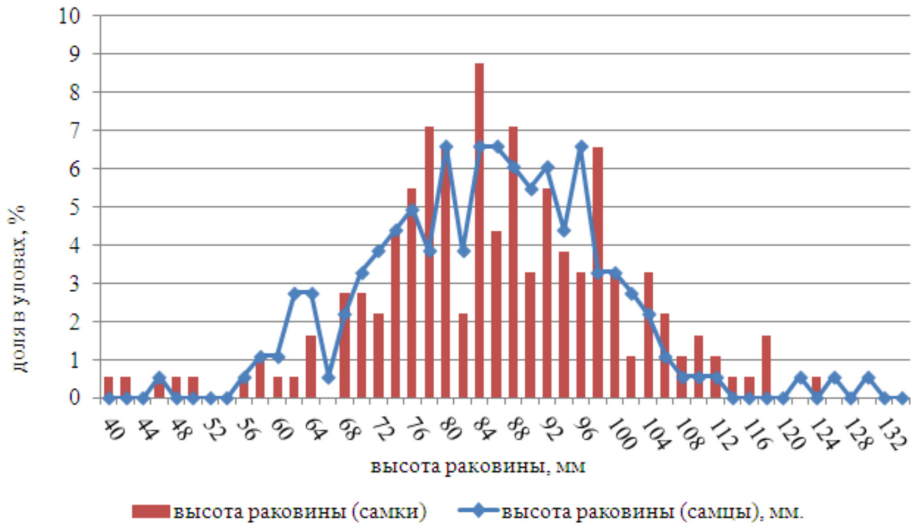


Рис. 7. Размерный состав *B. pemphigus* в траловых уловах НИС «ТИНРО» в июле–августе 2011 г.

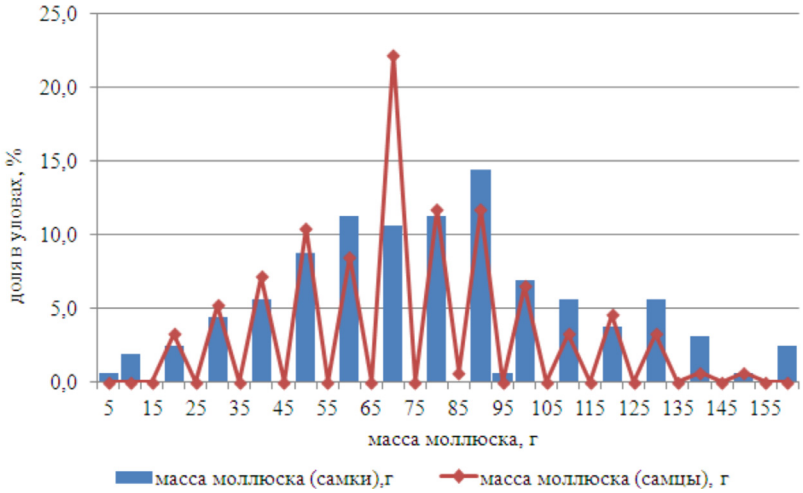


Рис. 8. Весовой состав *B. pemphigus* в траловых уловах НИС «ТИНРО» в июле–августе 2011 г.

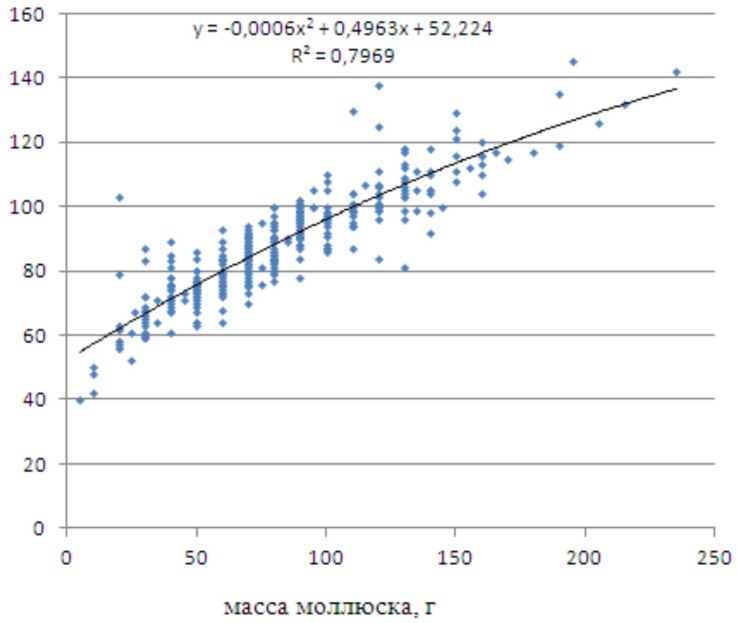


Рис. 9. Соотношение размера и массы *B. pemphigus* по данным учетных траловых съемок НИС «Профессор Кизеветтер» в июле–августе 2010 г и НИС «ТИНРО» в июле–августе 2011 г.

B. pemphigus. Достаточно высокий процент (31%) особей непромыслового размера и молоди говорит об успешном пополнении популяции. Наряду с *B.pemphigus* в Камчатско-Курильской подзоне обитают еще 3 вида трубачей, которые являются основными объектами промысла. Это *Clinopegma chikaoi, Neptunea laticostata ochotense* и *N. polycostata*. Их общий запас в 2011 году составил 4785 тонн.

Список литературы

Голиков А.Н. 1963. Брюхоногие моллюски рода Neptunea Bolten. Фауна СССР. Моллюски 5 (1). М-Л: Издательство АН СССР, 217 с.

Голиков А.Н. 1980. Моллюски Buccininae мирового океана. Фауна СССР. Моллюски, 5 (2). Л.: «Наука», 465 с.

Кантор Ю.И., Сысоев А.В. 2006. Морские и солоноватоводные брюхоногие моллюски России и сопредельных стран: иллюстрированный каталог. М.: «КМК scientific press», 371 с.

Клитин А.К. 2006. О брюхоногих моллюсках сем. Buccinidae охотоморского склона о. Парамушир. Вестник Сахалинского музея. Ежегодник Сахалинского областного краеведческого музея, № 13: 253–256.

Клитин А.К., Смирнов И.П., Кочнев Ю.Р. 2008. Брюхоногие моллюски сем. Buccinidae в траловых уловах у северных курильских островов.// Ruthenica, Vol. 18, No.2, p: 39–50.

Надточий В.А., Прокопенко К.М. 2006. Атлас брюхоногих моллюсков дальневосточных морей россии. Владивосток: «Дюма», 185 с.

УДК 595.384.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЯПОНСКОГО КРАБА-СТРИГУНА *CHIONOECETES JAPONICUS* В БАТИАЛИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Слизкин А. Г., Деминов А. Н.
ФГУП "ТИНРО-Центр", г. Владивосток
Контактный e-mail: sleezkin@tinro.ru

Введение

Рассматриваются результаты исследования глубоководных крабов в малоизученных районах обитания центральной части Японского моря на банке Кита-Ямато, подводной горе Петра Великого.

Проводится сравнительный анализ результатов исследований японского краба-стригуна Chionoecetes japonicus в российских водах Японского моря в 2012 г. с данными 1990-х гг. В 90-е годы промышляли этого стригуна на банке Кита-Ямато и у центрального Приморья (42°40-45°00 с.ш.) преимущественно на глубинах 700-1300 м. В конце 90-х гг. промысел переместился в центральную и северную части приморского свала глубин, где площади дна, пригодные для обитания этого вида больше, соответственно, оказались выше и его запасы (Первеева, 2004; Слизкин, Кобликов, 2006).

Установлено, что скопления батиальных крабов очень чувствительны к воздействию промысла. После 2-3 лет эксплуатации плотность скоплений промысловых самцов снижается настолько, что добыча становится нерентабельной. Аналогичные результаты получены при промысле равношипого краба у Курильских островов, в некоторых районах северной части Охотского моря (Низяев, 2003), и при промысле японского батиального стригуна на банке Кита-Ямато (Мясников, Архипов, 2004).

Обитание рассматриваемого вида на глубинах свыше 1000 м делает невозможным проведение репрезентативной учетной траловой съёмки. По этой причине основные данные о состоянии японского краба-стригуна получают при промышленном лове, либо на НИСах, оснащенных соответствующим комплексом оборудования.

Материал и методика

В 2012 г. учетная ловушечная съемка проводилась на НИС «В. Сафонов» в центральной части Японского моря (возвышенность Ямато) обследованы глубины 390–1190 м, а также в районе подводной горы Петра Великого (далее ГПВ), глубины 1080–1250 м (рис. 1). И в том, и в другом районе основными и массовыми видами при ловушечном лове были крабы-стригуны *Chionoecetes japonicus* и *Ch. opilio.*

Краболовные ловушки, обладают селективными свойствами и облавливают преимущественно крупноразмерных особей. Такие материалы дают характеристику основных черт биологии, количественного распределения преимущественно взрослых особей крабов. В целях сбора дополнительной информа-

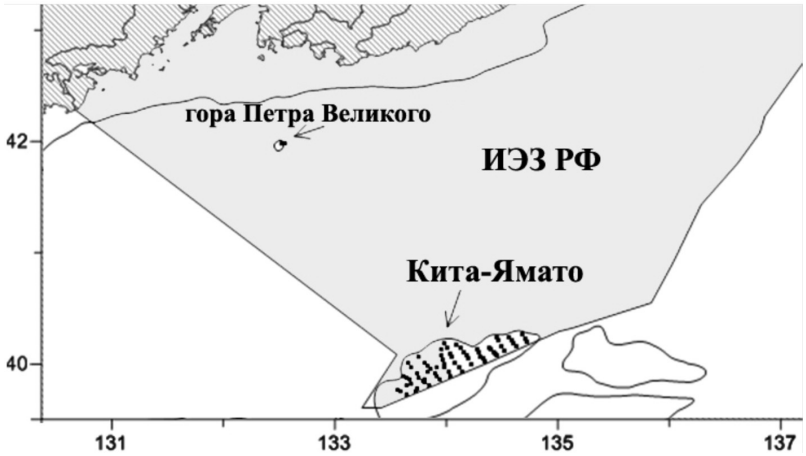


Рис. 1. Район работ НИС «В. Сафонов» в апреле–мае 2012 г., Японском море

ции о молоди крабов-стригунов и др. гидробионтов на НИС «В. Сафонов» в районе возвышенности Кита-Ямато, вместе с краболовными ловушками, использовались трубачевые и креветочные.

Обработка первичной информации осуществлялись по стандартной методике, согласно руководствам (Родин и др., 1979; Низяев и др., 2006). При проведении биоанализов у краба измеряли ширину карапакса (ШК) и размеры клешни, определяли межлиночное состояние самцов и самок и стадию зрелости икры, учитывали травматизм (утрата конечностей). На небольшой площади верхней части склонов ГПВ выполнено только три постановки порядков ловушек, в районе Кита-Ямато 68 станций, на биоанализ взято соответственно 461 и 10737 экз. японского краба-стригуна (табл. 1).

В работе использованы данные учетных ловушечных съемок 2005 и 2007 гг., выполненных на судах «Виера» и «Арктик Орион», а также материалы мониторинга, проводившегося в 90-е годы прошлого века при контрольном лове стригунов в водах Южного Приморья.

Карты пространственного распределения и плотности скоплений массовых видов выполнены с использованием пакета программы ГИС КартМастер V4.1 (Бизиков и др., 2006). При определении запаса крабов площадь эффективного облова ловушки принималась равной 3300 м2 (Михайлов и др., 2003).

Таблица 1. Количество станций и биоанализов

Районы	Колич. станций	*Ch. opilio*	*Ch. japonicus*
ГПВ	3	–	461
Кита-Ямато	68	276	10737

Результаты и обсуждение

По материалам ловушечной съемки 2005 г. в зал. Петра Великого установлено, что доля самцов японского краба-стригуна более 100 мм по ШК закономерно понижается по мере увеличения глубины с 66% в диапазоне глубин 400-700 м, до 7–8% — на глубинах 1700–2000 м (рис. 2). В соответствие с такой же градацией диапазонов глубин уменьшается плотность концентрации промысловых самцов. Было установлено, что в зал. Петра Великого на глубинах 400–599 м плотность скоплений промысловых самцов была почти вдвое больше (12,9–26,1 экз./лов.), чем на глубинах 600–1399 м (7,7–10,9 экз./лов.) (Слизкин, Кобликов, 2006).

В 2003–2007 гг. в западной части подзоны Приморье на сравнительно узком свале от зал. Петра Великого до 45° с. ш. максимальная плотность концентраций самцов более 100 мм по ШК достигала 2,4 тыс. экз./км^2, самцов менее 100 мм — 3,2 тыс. экз./км^2.

Район горы Петра Великого

В районе ГПВ, где минимальные глубины над вершиной горы равняется 880 м. Скопления японского краба-стригуна были приурочены преимущественно к диапазону глубин 1000–1250 м. Уловы на ловушку промысловых самцов (более 90 мм по ШК) достигали 18 экз., непромысловых — 69 экз., самок — 2,0 экз. Плотность концентрации промысловых самцов достигала 5,3 тыс. экз./км^2, непромысловых самцов — 14–20 тыс. экз./км^2, самок — до 1,5 тыс. экз./км?. На площади 1,5 км? численность промысловых самцов составила около 9 тыс. экз., непромысловых — 37 тыс. экз.

Пространственное распределение и плотность концентрации этого вида существенно зависят от глубины обитания. На рис. 3 видно, что на соответствующих глубинах (1000–1200 м) вершины ГПВ плотность скоплений самцов в 4–5 раз меньше, чем наблюдалось у материкового свала Приморья в 2005–2007 гг. Непромысловых самцов здесь больше (4–5 тыс. экз./км^2) даже на глубинах 1800–2000 м, чем в районе ГПВ (1,5–2,0 тыс. экз./км^2).

При сравнительно высокой плотности скоплений промысловых самцов — 4 тыс. экз./км^2, их размеры минимальны (рис. 4). Диапазон размеров самцов варьировал от 70 до 109 мм, при средней ширине карапакса 85–88 мм

Выше упоминалось, что учетные работы в районе ГПВ проведены впервые. Находится это поднятие на расстоянии 83 км от ближайшей береговой точки на острове Аскольд. Склоны горы простираются на глубину 1700–3200 м. Следовательно, фауна ракообразных и в частности крабов-стригунов, достаточно обособлена от основной части ареалов на материковой отмели и свале глубин Японского моря. Здесь не проводились, и не ведётся промысел донных гидробионтов и, при отсутствии антропо-

генного воздействия, местное скопление краба-стригуна находится в девственном состоянии. В этом смысле представляет интерес рассмотреть характер травмированности, оценить долю целых и без одной или более конечностей особей и их размеры.

Надежным критерием, отражающим состояние популяций стригунов, могут служить данные об их травмированности из разных мест обитания. Частота встречаемости крабов без одной, двух и более ног свидетельствует об уровне напряженности внутривидовых отношений крабов в естественной среде. По данным 2002 г. из заливов Восточной Камчатки, в районе, где ведется систематический промысел крабов-стригунов, доля травмированных самцов краба-стригуна опилио составляла 19,6–40,0%, Бэрда — 16,3–26,0% (Федотов, Селин, 2007).

В российских водах при ловушечном лове японского краба-стригуна в 2003-2007 гг. доля травмированных изменялась в пределах 25,8–52,0%. Установлено, что повышенная доля травмированных и больных крабов более свойственна районам, где не ведется систематический промысел, что промысел оказывает оздоровляющее действие на популяцию. В районе ГПВ доля самцов *Ch. japonicus* без одной и более ног равнялась 48,8%, у самок — 30,5% (табл. 2). Отмечено также, что травмированные самцы отстают в росте и имеют меньшие размеры — 85 мм, чем целые особи — 88 мм (рис. 3).

По данным исследований в апреле 2007 г. в водах Приморья на глубинах 1700–2050 м, доля травмированных самцов составляла 47,7–52,8%. На таких больших глубинах, где антропогенное влияние на крабов отсутствует, высокая доля травм у молодых самцов, судя по всему, вызвана внутривидовыми отношениями.

Таким образом, травматизм в виде утраченных конечностей и болезней панциря у японского краба-стригуна может составлять до 50–60%, то есть доля промысловых самцов, непригодных для промышленного использования, может достигать 50% и более. Доля травм у самцов из районов промысла меньше, составляет, как правило, 30–40%. По представленным здесь материалам можно заклю-

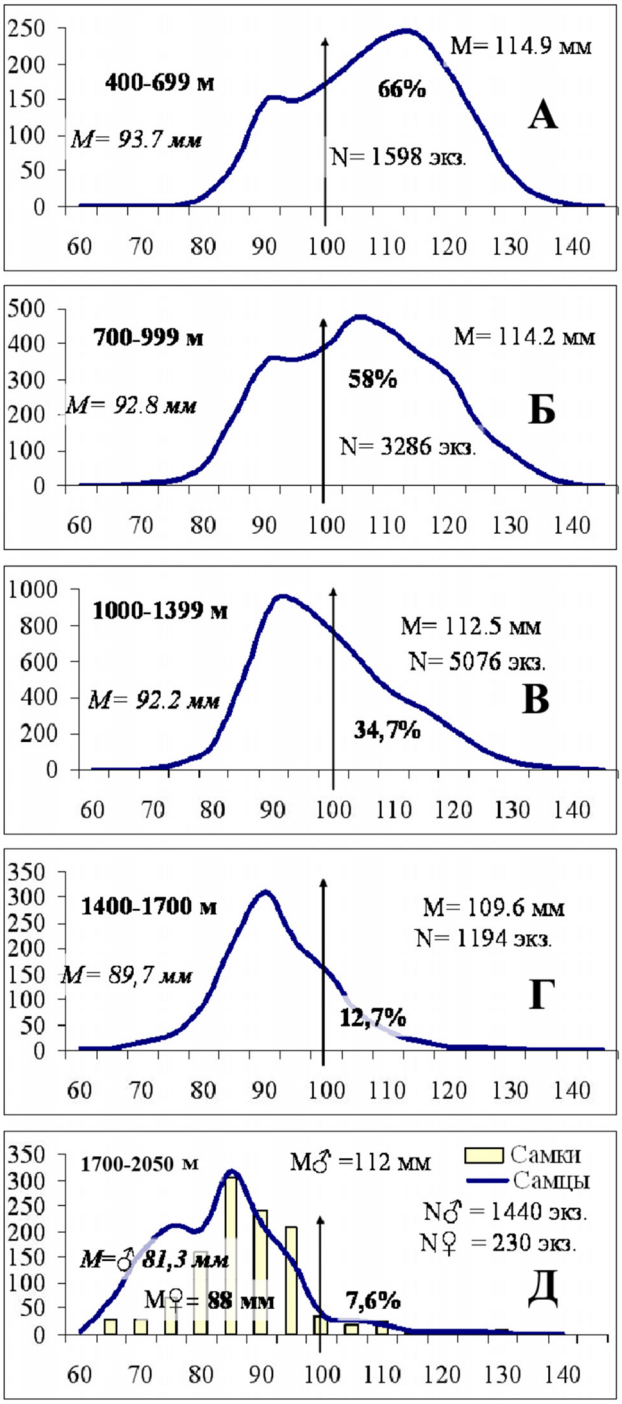
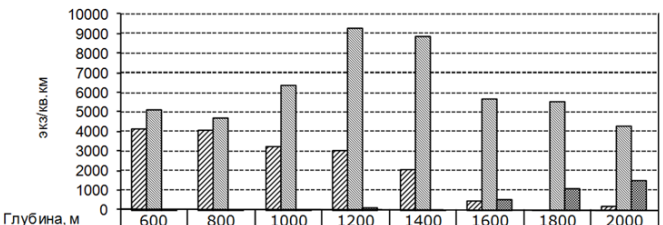


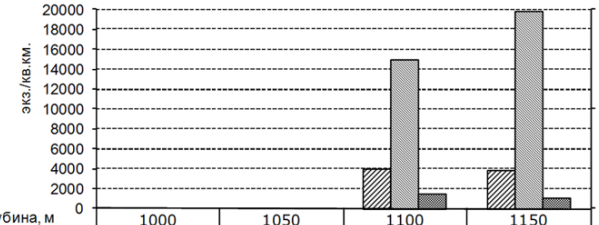
Рис. 2. Размерный состав самцов японского стригуна на свале глубин у материкового побережья Приморья. Условные обозначения: N — величина выборки, экз.; M — среднее размеры промысловых (шрифт прямой) и непромысловых самцов (шрифт курсив), в мм. В процентах показана доля промысловых самцов (> 100 мм по ШК).

Таблица 2. Частота встречаемости (%) травмированных особей японского краба-стригуна на свале глубин ГПВ. 18–20 апреля 2012 г.

Пол	Количество отсутствующих конечностей, шт.				
	1	2	3	4	Всего
Самцы	**34,5**	**11,3**	**2,6**	**0,4**	**48,8**
Самки	**19,4**	**11,1**	**0,0**	**0,0**	**30,5**



Глубина, м	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
М пр.	4123	4034	3263	3035	2061	445	0	170
М непр.	5073	4714	6351	9297	8848	5670	5555	4261
Самки	8	36	55	78	24	530	1068	1485
N ст.	11	25	18	23	5	7	6	1



Глубина, м	1000	1050	1100	1150
М пр.	0	0	4015	3859
М непр.	0	0	14962	19725
Самки	0	0	1515	1104
N ст.	0	0	1	2

Рис. 3. Батиметрическое распределение плотности концентрации (экз./кмI) японского краба-стригуна в юго-западной части приморского свала по данным 2005 и 2007 гг. (слева) и в районе ГПВ в 2012 г.

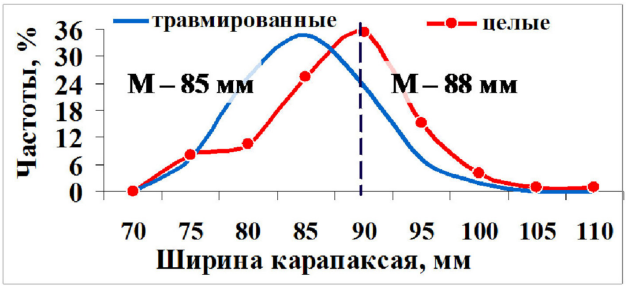


Рис. 4. Размерный состав целых и травмированных самцов японского стригуна на свале глубин ГПВ в апреле 2012 г. М — средние размеры. Вертикальная черта — граница новой промысловой меры — 90 мм по ШК

чить, что оздоровляющее действие промысла на крабов-стригунов происходит за счет косвенного «омоложения» промысловых самцов вследствие систематического изъятия из популяции «старых» особей. Это ограничивает срок их жизни, и, как следствие, понижается внутривидовой антагонизм (Слизкин, 2008).

Обращает на себя внимание, что в сравнительно изолированном пространстве на глубинах более 1000 м наблюдается практически 100-процентная доля самок с нормально развивающейся наружной икрой. Среди самок преобладали особи, у которых эмбриогенез находился на стадии начального глазка — 66,2% и на стадии новой икры — 33,8%. Т. е. все самки были в репродуктивной фазе, а среди сравнительно мелких самцов большинство функционально половозрелые. Это дает основание полагать, что в районе ГПВ вид успешно воспроизводится, а глубины около 2000 м не является нижним горизонтом встречаемости этого вида.

Район банки Кита-Ямато

В районе банки Кита-Ямато исследования выполнялись на глубинах 390–1190 м, на площади около 3120 км^2. Самцы и самки встречались повсеместно (рис. 5). Максимальный улов промысловых самцов — до 75 экз./лов — наблюдался на глубинах 1110–1190 м. Уловы непромысловых самцов составляли в среднем 6 экз./лов. Максимальные уловы отмечены на глубинах 800–840 м — до 22 экз./лов. Самки встречались редко — 0,1–0,5 экз./лов., преимущественно на глубинах 600–800 м. Плотность скоплений промысловых самцов достигала 9,5 тыс. экз./км^2 на глубинах 1100–1190 м, непромысловых самцов — 2,1–2,5 тыс. экз./км? на глубинах 800–1000 м, самок — до 100 экз./км^2 на глубинах 600–800 м (рис. 5).

В западной части района исследований наибольшее скопление промысловых самцов располагалось на глубинах 1110-1190 м. Максимальные уловы составляли 75 экз./лов., плотность промысловых самцов на скоплении достигала 22,5 тыс. экз./км^2. В восточной части промысловые самцы преобладали на глубинах 660-1150 м, при средней плотность поселений — 8,0 тыс. экз./км^2 (рис. 5А).

В целом, в обследованном районе на площади 3120 км^2, численность самцов промыслового размера была равна 16,650 млн экз., средняя плотность крабов — 7,5 тыс. экз./км^2.

У непромысловых самцов наибольшее скопление было обнаружено на глубинах 580–1160 м (рис. 5Б). На этом участке средние уловы варьировали в пределах 4–22 экз./лов. Плотность поселений здесь была равна 3,2 тыс. экз./км^2.

Небольшое по плотности скопление самок обнаружено в местах сосредоточения самцов, на глубинах 660–720 м. Плотность поселений здесь варьировала в пределах 10–520 экз./км^2. Численность самок на площади 3120 км^2 составила 0,19 млн экз.

В ловушечных уловах абсолютное большинство самцов были широкопалыми против узкопалых в соотношении 23:1. Самцы самой ранней стадии 2 имели максимальные размера 116,3 мм (рис. 6). По мере старения панциря размеры самцов уменьшались до 105–106 мм у стадий 3,0 и 3,5. Такаю динами-

ку размеров самцов в ряду их старшинства по состоянию панциря можно объяснить только тем, что более старые самцы, имеющие хорошее состоянием мышечной ткани, из популяции определенным образом изымаются.

Размеры японского краба-стригуна не имеют существенных различий между верхними — 470–700 м и нижними — 1000–1190 м горизонтами. Максимальный размер по усредненным показателям промыс-

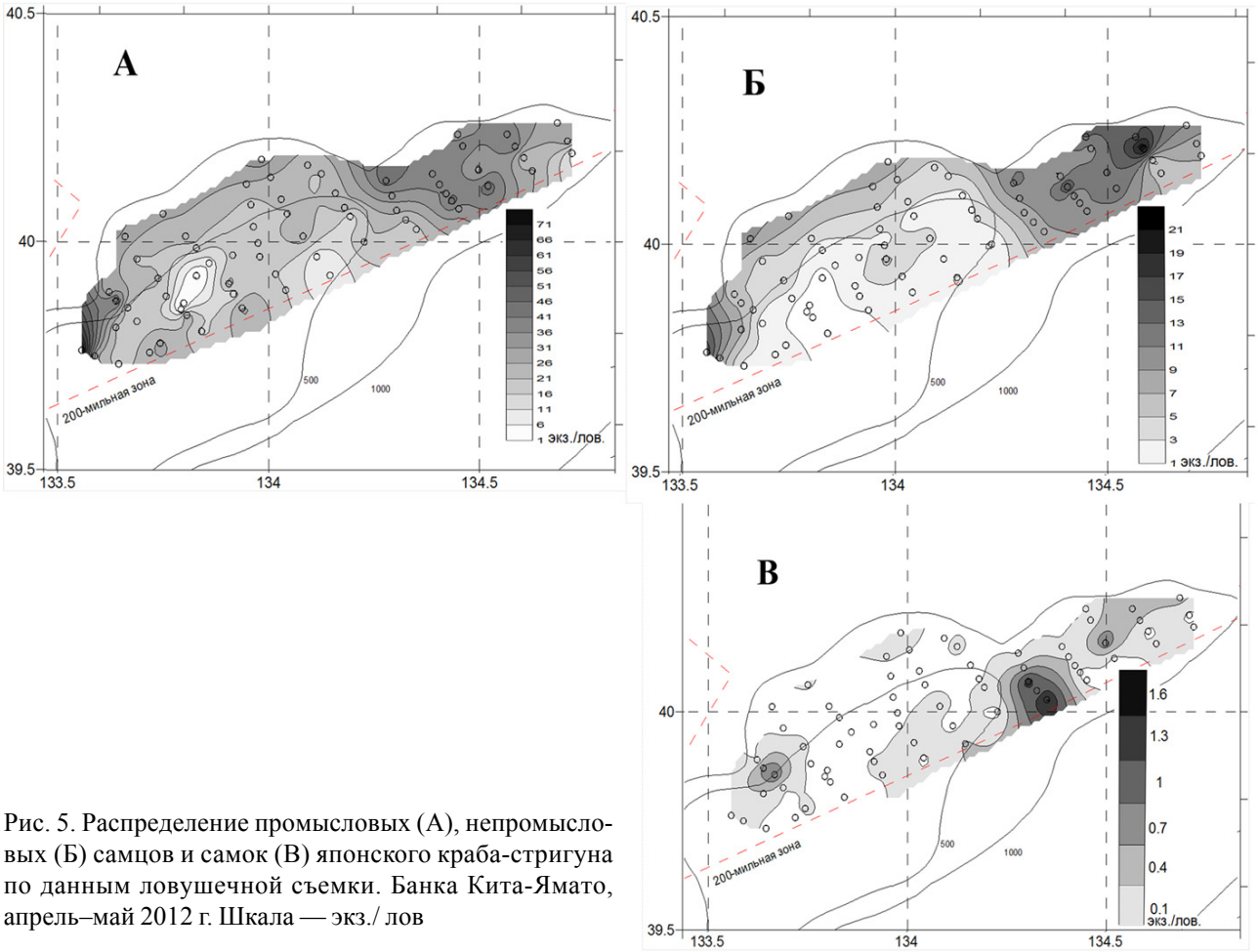


Рис. 5. Распределение промысловых (А), непромысловых (Б) самцов и самок (В) японского краба-стригуна по данным ловушечной съемки. Банка Кита-Ямато, апрель–май 2012 г. Шкала — экз./ лов

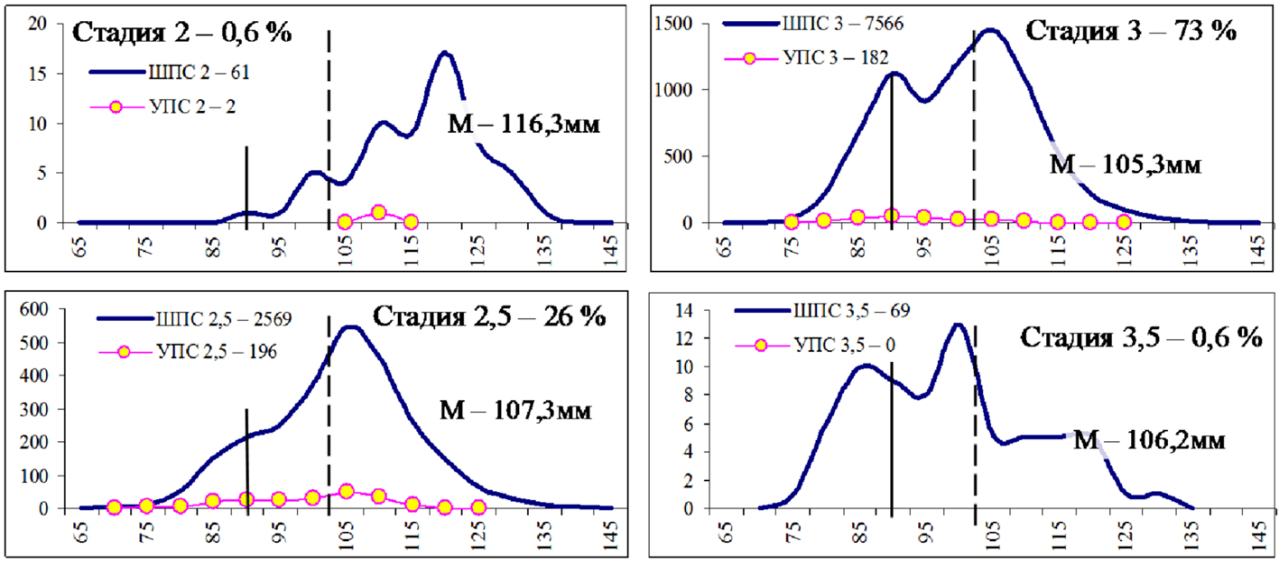


Рис. 6. Размерный состав широкопалых и узкопалых самцов *Ch. japonicus*. Банка Кита-Ямато, 2012 г. Сплошная вертикальная черта новая промысловая мера (90 мм), прерывистая — старая (100 мм по ШК)

ловых самцов (109,7 мм) отмечен на глубинах около 500 и 700 м — 106,4 мм, а минимальный — 100,5–100,6 мм на глубинах 700–1190 м.

Ранее было отмечено, что в неэксплуатируемых популяциях старые крупные самцы, как правило, накапливаются и в размерном ряду доминируют (Слизкин, Федотов и др., 2010). Доминирование репродуктивно зрелых широкопалых самцов в большинстве диапазонов глубин, по-видимому, служит успешному оплодотворению ими самок. Это обеспечивает нормальный эмбриогенез, о чем можно судить по состоянию наружной икры у самок (рис. 7).

Большинство самок несли на плеоподах икру на стадии раннего «глазка» (НГ) — 78,8 %, самок с новой икрой (ИН) было 11,2%. Следовательно, учетные работы приходились на межнерестовый период. Об этом свидетельствует и малое количество самок с икрой позднего «глазка» (ИГ) — 1,3%, и самок после выклева личинок (ЛВ) — 4,2% (рис. 7).

Промысловые самцы достаточно равномерно распределялись между изобатами 500 и 1100 м с небольшим преобладанием до 9 тыс. экз./км^2 на глубинах 900–1100 м (рис. 8). Примерно в той же последовательности концентрировались и непромысловые самцы, с той лишь разницей, что плотность их концентрации не превышала 2,5 тыс. экз./км^2. Небольшие концентрации самок тяготели к глубинам 400–800 м.

В статистических показателях результатов исследований 1992 и 2002 гг. существенной разницы не наблюдается (табл. 3). Численность и размеры крабов в 2012 г. оказались немногим большими, чем в 1992 г. При этом численность промысловых самцов увеличилась с 14,6 до 16,65 млн экз.

Материалы 1992 г. были собраны и обработаны с учетом существующей в те годы промысловой меры — 100 мм по ШК. В последние годы промысловая мера была скорректирована до 90 мм по ШК, в Правила Рыболовства изменения внесены с 2010 г. (Слизкин, Кобликов, 2010). Учитывая размерный состав промысловых самцов при разных

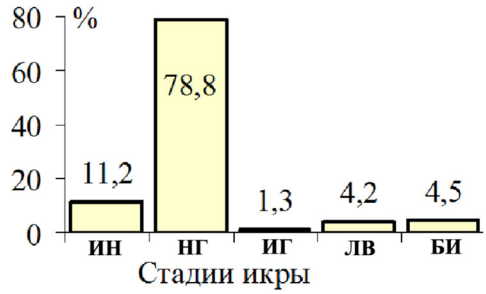


Рис. 7. Репродуктивное состояние самок японского краба-стригуна на банке Кита-Ямато в апреле – мае 2012 г.

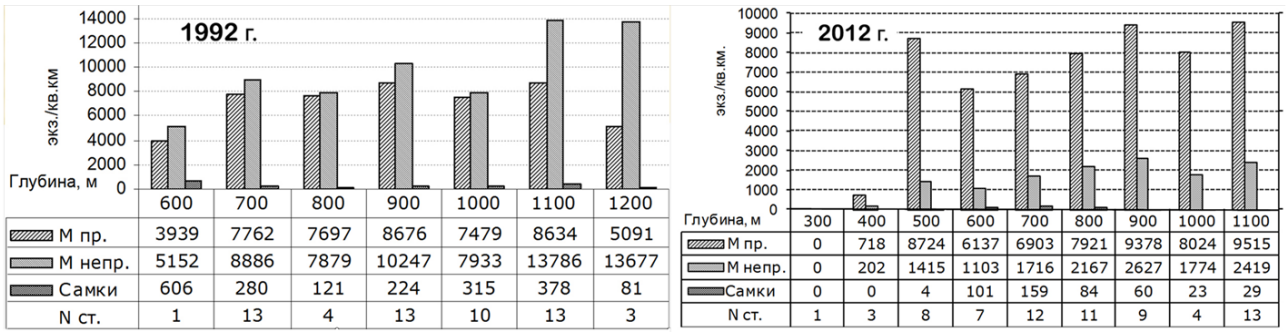


Рис. 8. Батиметрическое распределение плотности концентрации японского краба-стригуна (экз./км^2) на банке Кита-Ямато в 1992 и 2012 гг.

Таблица 3. Статистические характеристики самцов и самок японского краба-стригуна на возвышенности Кита-Ямато по данным съемок 1992 и 2012 гг.

Параметры	Годы							
	1992 (август–ноябрь)				2012 (апрель–май)			
	Пром. ♂♂	Непром. ♂♂	♀♀	Сумма	Пром. ♂♂	Непром. ♂♂	♀♀	Сумма
Средняя ШК, мм	**102,4**	**83,6**	**67**	–	**103,4**	**85**	**65**	–
Средняя масса, г	**400**	**200**	**85**	–	**430**	**230**	**90**	–
Доля, %	**72**	**26**	**2**	–	**81**	**18**	**1**	–
Млн экз.	**14,7**	**2,7**	**0,3**	**17,7**	**16,65**	**0,8**	**0,2**	**17,65**
Скорректировано, млн экз.					**10,66**	**6,79**		
					7200	**184**		
Биомасса, т	**5900**	**540**	**25,5**	**6465,5**	**4608**	**2778**	**18**	**7402**
Скорректировано, т								

промысловых мерах, долю численности промысловых самцов 2012 г. необходимо уменьшить на 36% (рис. 9).

В целях получения сравнительных показателей численности и биомассы в 1992 и 2012 гг., в таблицу 3 внесены результаты перерасчета запасов промысловых самцов с новой промысловой меры (90 мм), на старую (100 мм), с учетом соотношения, показанного на рис. 9. Вследствие этого численность промысловых самцов в 2012 г. составила 10,66 млн экз., биомасса — 4,60 тыс.

Таким образом, при отсутствии отечественного промысла японского краба-стригуна в районе банки Кита-Ямато биомасса запаса уменьшила примерно на 30% по сравнению с 1992 г.

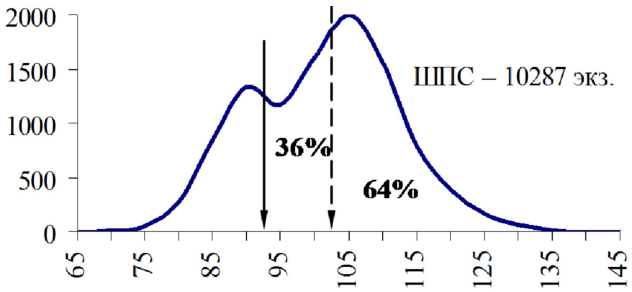


Рис. 9. Соотношение долей промысловых самцов при 90- и 100-мм промысловых мерах в районе банки Кита-Ямато, 2012 г.

Заключение

В ходе исследований на свале глубин горы Петра Великого было обнаружено плотное скопление японского краба-стригуна на глубинах 1080-1250 м при этом плотность концентрации промысловых самцов (> 90 мм по ШК) достигала 4 тыс. км^2, непромысловых — 20 тыс. км^2.

В сравнительно изолированной среде обитания ГПВ травматизм самцов составляет 48,8%, самок — 30,5%. На глубинах более 1000 м в ловушечных уловах абсолютно преобладают самки в репродуктивной фазе, и функционально зрелые самцов. В этом районе вид успешно воспроизводится, а глубины около 2000 м не является нижним горизонтом встречаемости этого вида.

В исследованном районе банки Кита-Ямато самцы японского краба-стригуна встречались повсеместно по всему району исследований, наиболее крупные и плотные скопления образовывали на глубинах 800–1040 м, при плотности концентрации промысловых самцов 1,0–2,5 тыс. экз./км^2, непромысловых самцов 6–9 тыс. экз./км^2.

Промысел японского краба-стригуна (по крайней мере, отечественный) на банке Кита-Ямато не ведется с середины 90-х гг. Вместе с тем, в 2012 г. по сравнению с 1992 г. численность и биомасса промысловых самцов уменьшилась соответственно на 4 млн экз. и 2,59 тыс. т. Заметное сокращение запасов по сравнению с периодом систематического промысла в начале 90-х гг., позволяет предполагать, что пресс промысла на глубоководных крабов в районе банки Кита-Ямато, определенным образом изымаются.

Благодарности

Авторы выражают благодарность капитанам и членам БИФ ТИНРО-Центра НИС «В. Сафонов». Мы также выражаем благодарность заведующему лабораторией ракообразных ТИНРО-Центра Кобликову В.Н. за его критические замечания по проекту рукописи. Он был значительно улучшен по его совету.

Список литературы

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2006. Новая географическая информационная система «КАРТМАСТЕР» для обработки данных биоресурсных съемок // 7-я Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г. Иванова). М.: ВНИРО. С. 18–24.

Михайлов В.И., Бандурин К.В., Горничных А.В., Карасёв А.Н. 2003. Промысловые беспозвоночные шельфа и континентального склона северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. 284 с.

Мясников В.Г., Архипов А.А. 2004. Глубоководный «красный» краб-стригун японикус Японского моря // Рыб. хоз-во. 5. С. 45–49.

Низяев С.А. 2003. Биология равношипого краба Lithodes aequispinus Benedict у островов Курильской гряды: Автореф. дис. канд. биол. наук. Москва: Ин-т пробл. экол. и эволюции РАН, 25 с.

Низяев С.А., Букин С.Д., Клитин А.К., Первеева Е.Р., Крутченко А.А., Абрамова Е.В., Огородников В.С. 2006. Пособие по изучению промысловых ракообразных дальневосточных морей России. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 114 с.

Родин В.Е., Слизкин А.Г, Мясоедов В.И., Барсуков В.Н., Мирошников В.В., Згуровский К.А., Канарская О.А., Федосеев В.Я. 1979. Руководство по изучению десятиногих ракообразных дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО, 25 с.

Слизкин А.Г. 2008. Некоторые черты биологии и проблемы рационального использования глубоководного краба-стригуна *Chionoecetes japonicus*. Автореф. дис. канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО, 24 с.

Слизкин А.Г., Кобликов В.Н. 2006. Глубоководный краб-стригун *Chionoecetes japonicus* северо-западной части японского моря: динамика биологических параметров, плотность скоплений и стратегия промысла // VII Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным. М.: ВНИРО. С. 126–128.

Слизкин А.Г., Кобликов В.Н. 2010. Некоторые черты биологии и особенности промысла японского краба-стригуна (*Chionoecetes japonicus*): обоснование промысловой меры // Вопр. рыболовства. Т. 11. № 3. С. 428–441.

Слизкин А.Г., Федотов П.А., Деминов А.Н, Первеева Е.Р. 2010. К оценке промысловых запасов и возможного вылова краба-стригуна ангулятус *Chionoecetes angulatus* в водах восточного Сахалина // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. Центр. Т. 163. С. 207–216.

Федотов П.А., Селин Н.И. 2007. Травматизм крабов-стригунов *Chionoecetes bairdi* и *Ch. opilio* (DECAPODA, MAJIDAE) на шельфе Восточной Камчатки // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. Т. 147. С. 103–114.

СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

УДК 639.294.053.7

ЗАПАСЫ ЛАМИНАРИЕВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ БУХТ ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ

Вилкова О.Ю.[1], Бадулин В.В.[1], Муравьев В.Б.[2], Акимов С.Е.[1]

[1]ФГУП «ВНИРО», г. Москва
[2]ООО «Клионе», г. Сочи
Контактный e-mail: ovilk@mail.ru

Введение

Бурые водоросли семейства ламинариевых — ценный ресурс для производства пищевых продуктов, фикоколлоидов, маннита, удобрений, биотоплива и прочих веществ и входят в перечень промысловых видов Российской Федерации, в отношении которых устанавливаются величины общего допустимого улова (ОДУ) или возможной добычи. Основная масса ламинариевых водорослей сосредоточена у побережий прохладных морей умеренных широт. Благодаря наличию подходящих твердого субстрата и гидрологической обстановки побережье Восточной Камчатки весьма богато водорослями. Однако в отношении водорослевых ресурсов это побережье изучено довольно слабо. Первые ресурсные исследования этого региона относятся к середине 1960-х годов.

В 1966 году СахТИНРО была организована экспедиция в Кроноцкий залив с участием альголога И.С. Субботиной. В результате этих работ было установлено, что основные заросли водорослей сконцентрированы в северной и северо-восточной части залива, расположены пятнами и имеют небольшую биомассу. Прибрежье центральной части залива полностью лишено водорослей. В северо-восточной части залива запасы водорослей ориентировочно были оценены в 9,2 тыс. тонн (Цит по: Блинова, Гусарова (Субботина), 1971).

В 1967 году экспедиции ВНИРО и СахТИНРО обследовали водорослевый пояс сублиторали у юго-восточного побережья Камчатки на участке от мыса Сопочного на юге до полуострова Шипунского на севере (Блинова, Гусарова (Субботина), 1971). В работе имеются данные о площади зарослей, проективном покрытии дна бурыми водорослями, их запасах для 24 районов юго-восточного побережья Камчатки, в том числе и для некоторых бухт. В ходе этих исследований было установлено, что в пределах почти 500-километрового обследованного участка 145 км побережья лишены водорослевой растительности из-за распространения здесь песчаных грунтов; на протяжении 65 км заросли водорослей узкие и разреженные. Промысловые заросли средней мощности встретились на 240-километровом отрезке побережья. Средняя биомасса ламинариевых водорослей у открытых и слабозащищенных берегов приблизительно составляла 10 кг/м^2, а у полузащищенных и защищенных берегов — 8 кг/м^2. Общие запасы ламинариевых водорослей были оценены в 180 тыс. тонн, из них запасы водорослей в разреженных, узких, подверженных океаническому прибою зарослях оценивались в 13 тыс. тонн; запасы водорослей в широких, но мало доступных из-за океанического прибоя зарослях достигали 140–150 тыс. тонн. Запасы водорослей у слабозащищенных и защищенных берегов оценивались в 18–19 тыс. тонн.

В 1975 году экспедицией Зоологического института АН СССР (ЗИН) был собран материал по видовому составу, распределению, фитоценозам и общим биомассам водорослей-макрофитов на литорали и сублиторали у восточного побережья Камчатки от Авачинского залива на юге до Олюторского залива на севере (Перестенко, 1996 а,б). Ресурсные исследования не проводились.

В 1986 году впервые были проведены работы по распределению и оценке запасов ламинариевых водорослей в Камчатском заливе; запас ламинариевых здесь был определен в 4 тыс. тонн (Суховеева, 1987 а, б).

В 1988 году, с 18 мая по 30 сентября, ВНИРО, с участием авторов данного изложения, была осуществлена экспедиция на НИС «Конюшково» вдоль восточного побережья Камчатки. Цель экспедиции — разработка научно-обоснованных рекомендаций по возможным объемам изъятия и рациональному ведению промысла морских водорослей, имеющих пищевую ценность. В задачи исследований входило кар-

тографирование водорослевых полей и оценка запасов промысловых ламинариевых водорослей в районах их потенциального промысла. В ходе экспедиции были обследованы бухты Моржовая, Малая Моржовая, Калыгирь, Вилючинская, Саранная, Русская, Лиственичная, Оссора, Карага, Тымлат, Кичигинский залив от о. Шилка до м. Паклан, о. Карагинский. Кроноцкий и Камчатский заливы нами не обследовались. Всего за период экспедиционных работ было обследовано 360 км^2 площади прибрежной зоны и выполнено: телевизионных и водолазных разрезов — 197, гидроботанических станций — 431, гидрологических станций — 135, взято проб водорослей — 292, промерено экземпляров ламинарий — 1785.

Материал и методика

Обследование дна и водорослевых зарослей проводилось методом телевизионной съемки с эхолотным промером глубин с мотобота. Обследование участков дна, представляющих промысловый интерес, отбор проб в зарослях для качественного и количественного анализа осуществлялся водолазами в легководолазном снаряжении. Телевизионную съемку проводили с глубин 2–2,5 м до нижней границы распространения водорослей — 8–15 м. Прибрежную полосу от 0 глубин обследовали водолазы. Пробы водорослей отбирали по стандартной методике вдоль водолазных разрезов из рамок площадью 0,5 и 1 м^2. Расстояние между разрезами устанавливалось не более 1 кб, глубина разрезов — от 0 до нижней границы пояса водорослей. На каждом разрезе количество станций определялось шириной водорослевого поля и проективным покрытием, пробы водорослей брались на верхней и нижней границах и в середине поля. На борту малых плавсредств проводили взвешивание проб и морфометрический анализ ламинариевых водорослей.

Обработка количественных данных для составления карт распределения и определения запасов промысловых водорослей осуществлялась методом сплайн-аппроксимации (Столяренко, Иванов, 1988; Столяренко, Бадулин, 1988) на базе адаптированной к специфике объекта программы «Сплайн-Планировщик Съемки». Для анализа съемки водорослей существенное значение для распределения биомассы имеет включение в модель глубины. Эта функция на тот момент времени применялась для учета запаса пластообразующих водорослей (балтийской фурцеллярии). Специфика анализа съемки ламинарии состояла в задании границ области распространения водорослей. Для полей ламинарии характерен скачок плотности на границе смены гранулометрического состава грунта. Поэтому при построении карт распределения руководствовались фактически наблюденными на разрезах границами фаций грунта и плотностей зарослей. Эти границы соединялись плавной линией, которая строилась как нулевая линия уровня поверхности (двумерного сплайна), проходящей в трехмерном пространстве через наблюденные точки границ (которые считались нулевыми точками) и промежуточные точки (внутренние для поля ламинарии) с единичными значениями. В результате обработки материалов съемки на ЭВМ составлялись промысловые планшеты распределения ламинариевых водорослей с оценкой средней и общей биомассы и площади промысловых участков.

Результаты и обсуждение

Бухты юго-восточного побережья Камчатки преимущественно фиордового типа. В результате горно-долинного оледенения и выпахивания ледником понижений или грабенов (Ионин и др., 1971) образовались троговые долины, впоследствии в результате трансгрессии залитые морем. Фиордовые долины небольшие по длине, прямолинейны, в большинстве имеют прямоугольную форму, крутые, часто обрывистые склоны. Для восточного побережья Камчатки характерно преобладание абразионно-денудационных берегов. За счет абразии и денудации (обвалов, осыпей, дефлюкционных и других склоновых процессов) на побережье, в частности в бухты, попадает основное количество рыхлого и грубообломочного материала (от щебня до глыб), который служит основным субстратом для прикрепления водорослей. Вклад остальных источников поступления рыхлого материала на подводный береговой склон (речной вынос, выпадение вулканического пепла, поступление со дна) незначителен, к тому же гранулометрические фракции таких осадков, в основном, средне- и тонкозернистые. Такой субстрат неустойчив к волновому воздействию и течениям и неблагоприятен для заселения его водорослями. Донные осадки бухт-фиордов преимущественно крупно- и грубообломочные. Повсеместно на мелководье имеется глыбово-валунная отмостка. Глубже она замещается валунами с галькой или песком, затем — галькой, а с глубин примерно 8–12 м — песком. Северные бухты образовались в основном в результате затопления речных долин в районе их устья. В северных бухтах побережья и заливах субстрат более

рыхлый и мягкий. Причиной этому, очевидно, служит характер размываемых береговых отложений. Берега южных бухт сложены коренными породами (осадочными: песчаниками, алевролитами, аргиллитами, либо вулканогенными: андезитами, базальтами, порфиритами, дацитами, более устойчивыми к абразии). При размыве таких пород образуются крупные обломки. По берегам северных бухт и заливов Восточной Камчатки, на западном побережье о-ва Карагинский преимущественно встречаются аллювиальные отложения, дающие при размыве галечниковый и песчаный материал. Так, на северном участке побережья острова Карагинский выходят коренные породы, а донный материал аналогичен материалу южных бухт. По мере продвижения к южной оконечности острова преимущество на дне переходит к фракциям гравия, средней и мелкой гальки; на южном прибрежье острова преобладают песчаные фракции.

Основные виды ламинариевых водорослей у восточного побережья Камчатки *Laminaria bongardiana*, *L. longipes*, *L. yesoensis*, *L. guryanovae*, *L. dentigera* (согласно систематике ламинариевых на тот период времени (ср.: Селиванова и др., 2007). Длина талломов ламинарий колебалась от 0, 17 до 2–3 м, иногда до 5–6 м.

Бухта Моржовая состоит из двух частей: северной — широкой и открытой — и южной — узкой и укрытой почти от всех ветров, кроме северо-восточных. Берега северной части высокие, скалистые и обрывистые. Склоны гор на берегах южной части бухты крутые, берег приглубый. В вершине бухта низкая, сложена песчано-галечным материалом. В целом грунт галечно-валунный малоподвижный и потому благоприятный для заселения водорослями. В бухте обследована площадь 1,8 км^2, выполнен 21 разрез, 48 станций, взято 47 проб водорослей. Доминирующим видом является *Laminaria bongardiana*; иногда встречается *L. longipes*, не образующая самостоятельных зарослей; Alaria в большом количестве встречается в основном у восточного берега бухты. С глубины 9–11 м дно покрыто песком с редкой галькой и валунами. Здесь встречается *L. longipes*, образующая заросли с проективным покрытием от 5 до 30%, биомассой 0,8–2,0 кг/м^2. По границе ламинариевого поля произрастает Agarum с 70%-м покрытием. Биомасса промысловой ламинарии в бухте составляла от 0,5 до 12 кг/м^2. Общая биомасса оценена в 0,53 тыс. тонн.

Бухта Малая Моржовая. Отдельные заросли ламинарии встречаются у северо-восточного берега бухты на крупных валунах. Доминирующий вид *L. bongardiana* с проективным покрытием от 40 до 100%, биомассой от 2,0 до 13 кг/м^2. В бухте выполнено 5 разрезов, 8 станций, взято 8 проб водорослей. Обследованная площадь — 2,1 км^2. Общая биомасса водорослей оценена в 0,94 тыс. тонн.

Бухта Калыгирь имеет крутые обрывистые берега, за исключением вершины бухты, берег которой низкий, поросший травой и кустарником. Берега бухты приглубые. Грунт в бухте — песок, песок с галькой, подводный береговой склон в верхней части сложен пластами коренных пород и валунами. В бухте выполнено 15 разрезов, 31 станция, взято 24 пробы водорослей, обследованная площадь 0,9 км^2. Ламинариевые водоросли сосредоточены в южной части бухты; ширина их пояса от 15 до 120 м. Доминирующий вид — *L. bongardiana* с проективным покрытием от 5 до 80% (в среднем 35–40%), биомассой в среднем 0,8 кг/м^2. Общая биомасса промысловых водорослей — 0,89 тыс. тонн.

Бухта Вилючинская. Берега бухты высокие, скалистые, приглубые, пляжи узкие, местами отсутствуют. Берег вершины бухты, куда впадает река, низкий, сложен песком и галькой. Грунт в бухте песчано-галечный, ближе к берегу дно сложено плитами коренных пород, глыбами и валунами. В бухте выполнено 57 разрезов, 136 станций, взято 116 проб макрофитов, обследована площадь 2,8 км^2. Водорослевые заросли располагаются вдоль обоих берегов бухты; ширина пояса водорослей 20–120 м. Преобладающие виды здесь *L. bongardiana*, *L. guryanovae*, *L. taeniata*, *Alaria praelonga*. Проективное покрытие дня ламинариевыми водорослями от 10 до 100%, биомасса от 1,6 до 17,0 кг/м^2. Общая биомасса водорослей оценена в 6,3 тыс. тонн.

Пробная добыча ламинарии в бухте Вилючинская, проводившаяся параллельно с нашими исследованиями в июле 1988 г., с использованием водолазов в вентилируемом снаряжении с РС «Агат» и канзой с борта СРТМ «Райгород» показала правильность оценки средней биомассы ламинариевых в промысловых зарослях бухты Вилючинская (около 7 кг/м^2).

Бухта Саранная. Скоплений водорослей, имеющих промысловое значение, не обнаружено. У северного берега бухты имеется узкий пояс с доминированием *Arthrotamnus bifidus*, *Thalossiophyllum clathrus*, ламинариевые составляют 10–15% зарослей.

Бухта Русская. В бухте обнаружен узкий прерывистый пояс ламинариевых водорослей на глубине до 3 м. Ламинарии слабо прикреплены к субстрату, слоевища сильно посечены. Промысловых скоплений ламинариевых не обнаружено.

Бухта Лиственичная. Берега бухты образованы склонами гор, заканчивающимися обрывами. Грунт верхней части подводного берегового склона до глубин 6–9 м валунно-галечный, малоподвижный, ниже сменяющийся песком с битой ракушей. Вдоль южного берега бухты выполнено 7 разрезов, 17 станций, взято 39 проб водорослей, обследована площадь 0,46 км^2. Доминирующими видами являются *L. guryanovae*, *L. bongardiana*; здесь было отмечено высокое процентное содержание молодых пластин ламинарий. Проективное покрытие дна ламинариевыми от 60 до 100%. Биомасса водорослей от 2,0 до 20,0 кг/м^2. Общая биомасса на обследованном участке оценена в 1,53 тыс. тонн.

Бухта Оссора. Берега приглубые; максимальные глубины в бухте 17–20 м. В северной части бухты грунт преимущественно илистый, с глубины 3–4 м вверх по склону встречается галька; в южной части бухты грунт укрупняется до крупной гальки и мелкого валуна. Такой характер грунта связан с тем, что размываемые береговые склоны сложены преимущественно песчаным и галечным материалом. В бухте выполнено 12 разрезов, 21 станция. Обследована площадь 70 км^2. Здесь не встречено ни одного представителя ламинариевых. Судя по литологическим характеристикам мелкий подвижный субстрат бухты непригоден для заселения ламинарией. В северной части бухты обнаружены массовые скопления крупных экземпляров красных известковых ветвистых водорослей рода *Lithothamnion*.

Бухта Карага мелководна (глубины 12–15 м), открыта только юго-восточным ветрам: от воздействия сильных штормов бухта защищена 3,9-мильной косой, выступающей к юго-западу и наполовину закрывающей вход в бухту. Берега бухты невысокие; склоны холмов, подходящих к пляжу, закреплены растительностью и только местами осыпные. Кроме барьерного бара (коса Кострома) к коренному берегу в северо-восточной и южной, входной части, примыкают низкие песчано-галечные косы. Северо-западная часть бухты — вершина — по большей части осушная зона, сюда впадает река Карага. Рельеф дна бухты ровный, берега отмелы. Дно сложено песком, местами заиленным; у северо-восточного берега до глубины 4 м отложения галечные. В бухте выполнено 14 разрезов, 22 станции, обследована площадь 25 км^2. Из представителей макрофитов была встречена только зостера.

Бухта Тымлат открыта с востока. Берега приглубы. Южный берег бухты высокий, отроги гор здесь сравнительно близко подходят к бухте. Вершина бухты (западный берег) образована обширной низменной долиной реки Тымлат. Вдоль северо-западного берега бухты севернее устья р. Тымлат тянется лагуна Тымлат, отделенная от бухты узким песчано-галечным островом. К северному берегу лагуны подступает равнина. К северо-востоку от лагуны берег бухты повышается и до мыса Паклан тянется в виде высоких песчано-галечных обрывов. Донный грунт от уреза до 11 м сравнительно крупный — от средней и крупной гальки до средних валунов; глубже он сменяется песчано-алевритовыми отложениями. Все наносы, особенно в южной части бухты, были покрыты илом. В бухте выполнено 8 разрезов, 15 станций, обследована площадь 7,8 км^2. Стабильно растущих в бухте ламинариевых водорослей не обнаружено. В южной части бухты на глубине 7–12 м на галечно-валунном субстрате встречено поле Agarum с проективным покрытием до 50%; ламинариевых здесь не обнаружено. В северной части бухты Agarum встречается на глубине 5,5 м на мелких валунах; здесь обнаружено несколько экземпляров *L. guryanovae*, но не прикрепленной, а, по-видимому, занесенной сюда течением.

Залив Кичигинский. Северо-западные берега залива низкие, отмелые, пляжи песчаные или песчано-галечные, широкие, устойчивые. В южной части залива к берегу подходят обрывы, обнажающие речные аллювиальные отложения. Залив мелководен и совершенно открыт южным и восточным ветрам. Это оказывает значительное влияние на гидро- и литодинамику залива. Грунт на дне галечный, неустойчивый, в юго-западной части встречаются мелкие валуны, а на глубине 3–10 м на дно сложено алевритом и илом. Разрезы в заливе выполнялись через одну милю, телесъемка проводилась вдоль береговой линии по изобате 5 м. Всего здесь было выполнено 14 разрезов, 37 станций, обследована площадь 78 км^2. Промысловых скоплений ламинарии не обнаружено. На отдельных участках на устойчивом субстрате встречены заросли *L. guryanovae* с проективным покрытием от 10 до 100%. Пластины водорослей тонкие, ломкие, сильно посеченные в верхней части. Биомасса в пробах составляла от 0,3 до 6,0 кг/м^2.

Остров Карагинский. Работы проводились на западном побережье острова. Для удобства работ, а также исходя из различий в характеристиках прибрежного шельфа, были выделены четыре района: 1 — Северный, от мыса Голенищева до мыса Плоский; 2 — Северо-Западный, от мыса Плоский до устья р. Маркеловская (где проходила граница лежбища моржей); 3 — Юго-Западный – Южный, от губы Ложных Вестей до мыса Северо-Западный (границы моржового лежбища); 4 — Губа Ложных Вестей. Общая площадь обследованных районов составила 170 км^2.

1-й район. Берег от м. Голенищева до м. Плоский высокий, обрывистый; обрывы вскрывают аллювиальные песчано-галечные отложения; непосредственно в районе м. Голенищева на берегу обнажаются коренные осадочные породы. Грунт на дне — песок, гравий, галька, реже валуны, которые преобладают у берега. По мере удаления от м. Голенищева размерность грунта уменьшается. В этом районе было выполнено 7 разрезов, 17 станций, взято 24 пробы, промерено 265 экземпляров ламинариевых. Проективное покрытие дна ламинариевыми составляло 10–70%, биомасса 1,0–8,0 кг/м^2. Чем южнее, тем более разреженным становилось проективное покрытие дна водорослями и уменьшалась их биомасса. Распределение водорослевых полей здесь пятнистое. Верхушки пластин зачастую посечены. Наиболее часто встречающимся здесь видом является *L. bongardiana*, непосредственно у северной оконечности острова преобладала *L. guryanovae*.

2-й район. От мыса Плоский до устья реки Маркеловская вдоль берега тянутся высокие обрывы, высота которых по мере продвижения на юг уменьшается, местами берег выполаживается. Донный грунт песчано-гравийно-галечный, иногда чисто песчаный, местами на дне встречаются скальные плиты и редкие валуны. В этом районе выполнено 9 разрезов, 19 станций, взята 1 проба водорослей, промерено 8 экземпляров ламинарий. Проективное покрытие дна водорослями в этом районе не более 10%, а, как правило, меньше; ламинариевые встречаются единичными экземплярами, либо отдельными мелкими зарослями. Верхние части пластин ламинариевых были посечены.

3-й район. Берег от губы Ложных Вестей до мыса Северо-Западный значительно выполаживается, крутые обрывистые склоны сменяются пологими, покрытыми растительностью. Донный грунт, в основном, представлен песком, песком с галькой; песок зачастую заилен; у берега местами встречаются плиты и валуны. В этом районе выполнено 5 разрезов, 27 станций, взято 3 пробы водорослей, промерено 23 экземпляра макрофитов. Растительный покров здесь очень разреженный; распределение водорослей мозаичное, иногда единичными экземплярами; пластины были покрыты белым мучнистым налетом и в верхних частях посечены.

4-й район. Губа Ложных Вестей ограничена с севера и северо-запада широкой намывной песчано-галечной косой и, таким образом, защищена от северных и восточных ветров. Берега губы, как у косы, так и у коренного берега приглубы. Вдоль юго-восточного берега тянутся обрывы, обнажающие морские аллювиальные отложения. К северо-востоку берег постепенно понижается и выполаживается. Рельеф дна губы ровный, глубины в среднем 15 м. Грунт в большей части губы песчаный, иногда песчано-галечный, местами заилен; у юго-восточного берега встречаются отдельные мелкие валуны. В губе выполнено 7 разрезов, 16 станций. У косы на глубине 5–6 м встречены отдельные куртины *L. guryanovae*, но к грунту они не были прикреплены, а, скорее, занесены сюда течением. У коренного берега на глубине 3–5 м распределение ламинарии пятнистое; глубже встречаются лишь единичные экземпляры ламинарии, аларии и агарума. Максимальное проективное покрытие дна водорослями в отдельных местах около 30%. Вершины пластин водорослей посечены.

Оценка запаса и распределения водорослей была проведена с помощью метода сплайн-аппроксимации, учитывающим биомассы, плотности зарослей и состав грунта для определения границ различных значений биомасс. Было подсчитано, что запас промысловых ламинариевых водорослей в бухтах, где обнаружены их промысловые скопления, составляет 10,19 тыс. тонн сырой массы. Остальные обследованные бухты не представляются перспективными для промысла ламинариевых. Распределение биомасс водорослей в исследованных районах, рассчитанное методом сплайн-аппроксимации, приведено в таблице.

Таблица. Распределение биомасс промысловых ламинариевых водорослей в исследованных районах в летний период 1988 года*

Район	Обследованная площадь, км^2	Площадь, занятая ламинариевыми, км^2	Средняя биомасса, кг/м^2	Общая биомасса, тыс. тонн
Бухта Лиственичная	0,46	0,12	12,0	1,53
Бухта Вилючинская	2,8	0,81	8,0	6,30
Бухта Моржовая	1,8	0,26	2,0	0,53
Бухта Малая Моржовая	2,1	0,15	6,0	0,94
Бухта Калыгирь	0,9	0,58	1,0	0,89
			Итого:	10,19

Примечание. * - Данные приведены только для бухт, где обнаружены промысловые скопления ламинарий

Промысловые заросли ламинариевых водорослей Восточной Камчатки сосредоточены в южной и центральной частях побережья, где развиваются на скальном, валунном и крупно-галечном грунте. В обследованных северных бухтах и заливах субстрат состоит из более мелких, чем на юге, фракций, что является препятствием для развития зарослей ламинариевых водорослей.

Общая биомасса ламинариевых водорослей в скоплениях, потенциально представляющих промысловый интерес, в обследованном районе от мыса Поворотный (бухта Лиственичная) до Кичигинского залива (мыс. Ильпинский) составляет 10,2 тыс. тонн сырой массы. Наибольшие изученные запасы сосредоточены в бухтах Вилючинская и Лиственичная, соответственно 6,3 и 1,5 тыс. тонн. Вдоль берегов Карагинского залива промысловых запасов ламинариевых не обнаружено. Кроноцкий залив, примыкающий к Кроноцкому заповеднику, имеет особый статус, который не предусматривает добычу здесь водных биологических ресурсов. Исследования зарослей морских макрофитов у Юго-Восточной Камчатки в 1966 году (Блинова, Гусарова (Субботина), 1971) показали, что величина запаса зарослей, доступных для промысла, в бухтах Саранная, Вилючинская, Жировая, Русская, Лиственичная, Березовая, Асача и у западного берега Авачинского залива составляет около 19 тыс. тонн сырой массы. При этом, по нашим наблюдениям 1988 года, в бухтах Саранная и Русская промысловых зарослей нет.

Заключение

В настоящее время запасы промысловых ламинариевых водорослей оцениваются экспертно путем эмпирических расчетов, основанных на общих представлениях о распространении водорослей (Сырьевая база…, 2011). Согласно таким оценкам в подзоне Карагинской (от мыса Олюторский до мыса Камчатский) общий запас ламинариевых водорослей может составлять 50 тыс. тонн; запас промысловых видов — около 20 тыс. тонн. В Петропавловско-Командорской подзоне (к югу от м. Камчатский) общий запас ламинариевых оценивается в 46 тыс. тонн, промысловый — в 23 тыс. тонн. По нашим оценкам, в Карагинской подзоне, по крайней мере, от мыса Камчатский на юге подзоны до мыса Ильпинский на севере, донные грунты не позволяют развиться мощным зарослям ламинариевых, поэтому промысловый запас в 20 тыс. тонн представляется завышенным. В то же время, условия произрастания водорослей в Петропавловско-Командорской подзоне более благоприятные, и общий запас ламинариевых здесь, как показывают наблюдения предшественников (Блинова, Гусарова (Субботина), 1971), значительно превышает сотню тысяч тонн.

Гидродинамическая обстановка на побережье Юго-Восточной Камчатки довольно напряженная из-за постоянного океанского наката и нагонных южных и юго-восточных ветров в летний сезон, когда наступает период промысла ламинарии. Поэтому возможная добыча ламинариевых водорослей может осуществляться преимущественно в защищенных от ветра и нагона бухтах. При оценке запаса промысловых ламинариевых водорослей необходимо делать акцент именно на объеме запаса в местах, доступных для промысла. Поэтому реальный прогнозируемый запас ламинарий для расчета объема их возможного изъятия у побережья Восточной Камчатки в пределах двух подзон — Петропавловско-Командорской и Карагинской — может быть сокращен до первых десятков тысяч тонн сырой массы.

Список литературы

Блинова Е.И., *Гусарова (Субботина) И.С.* 1971. Водоросли сублиторали юго-восточного побережья Камчатки (видовой состав, вертикальное распределение, запасы) // Известия ТИНРО. Том 76. С.139–155.

Ионин А.С., *Каплин П.А.*, *Медведев В.С.* 1971. Особенности формирования и современные осадки прибрежной зоны дальневосточных морей СССР. М.: Наука, 183 с.

Перестенко Л.П. 1996а. Фитоценозы сублиторали Восточной Камчатки и Командорских островов // Ботанический журнал. Том 81. № 2. С. 80–96.

Перестенко Л.П. 1996б. Фитоценозы литорали Восточной Камчатки // Ботанический журнал. Т. 81. № 10. С. 16–22.

Селиванова О.И., *Жигадлова Г.Г.*, *Хэнсен Г.И.* 2007. Пересмотр систематики водорослей порядка Laminariales (Phaeophyta) из дальневосточных морей России на основании молекулярно-генетических данных // Биология моря, 2007. Т. 33. № 5. С. 329–340.

Столяренко Д.А., *Бадулин В.В.* 1988. Новый подход к оценке водорослей на примере телевизионной съемки Балтийской фурцеллярии // 3-я Всес. конф. по морской биологии: Тез. докл. Ч. I. Киев. С. 195.

Столяренко Д.А., *Иванов Б.Г.* 1988. Метод сплайн-аппроксимации плотности для оценки запасов по результатам траловых донных съемок на примере креветки *Pandalus borealis* у Шпицбергена // Морские промысловые беспозвоночные. Сб. науч. тр. ВНИРО. М. С. 45–70.

Суховеева М.В. 1987а. Ламинариевые водоросли Камчатского залива и перспективы их использования // «Биологические ресурсы Камчатского шельфа и их рациональное использование и охрана». Тез. докл. науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский. КоТИНРО. С. 124–126.

Суховеева М.В. 1987б. Ламинариевые Камчатского залива и перспективы их использования // Проблемы производства продукции из красных и бурых водорослей. Всесоюзн. семинар. Тез. докл. Владивосток. С. 38–39.

Сырьевая база российского рыболовства в 2011 году (районы российской юрисдикции) (справочно-аналитические материалы), 2011. Авторы-составители: М.К. Глубоковский, С.Н. Тарасюк, Л.М. Зверькова, Л.В. Семеняк, Н.П. Зименко, Н.Н. Мурзов, Н.В. Петрова, В.А. Скакун. М.: ВНИРО, 497 с.

УДК 594.582.2/.8

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫСЛА И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА (*BERRYTEUTHIS MAGISTER,* BERRY,1913) НА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ

Дударев В.А., Диденко В.Д., Зуев М.А.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный –e-mail: dudarev@tinro.ru

Введение

Командорский кальмар (Berryteuthis magister, Berry, 1913) бореальный (нижнесублиторально-батиальный, преимущественно верхнебатиальный) (Несис,1982а) промысловый вид, широко распространённый в северной Пацифике. В массовых количествах присутствует в уловах донных и пелагических тралов от нижних горизонтов материкового склона до внешней кромки материковой отмели и свала глубин островных дуг. В Дальневосточных морях этот вид по экспертным оценкам составляет до 5 % от суммарной биомассы нектона. Высокая общая численность командорского кальмара на бассейне и отсутствие катастрофических падений запаса в текущем столетии определяет его востребованность как промыслового объекта. Продолжительность жизни командорского кальмара два года с учетом инкубационного периода (Раилко и др., 1996; Архипкин, Бизиков, 1996). В своем развитии он проходит три различные экологические фазы: планктонную, в качестве ювенильных особей; микронектонную, в качестве молоди и созревающих особей; и нектобентосную — в основном во взрослом состоянии (Несис, 1973). В планктонной фазе его ювенильные особи обитают в эпи-, мезо- и частично батипелагиали Охотского и Берингова морей, а также в открытых водах северной Пацифики (Несис, 1977; Диденко, 1991; Радченко, 1992). Молодь обитает в пелагиали и широко распространена по акватории окраинных морей, тогда как созревающие кальмары в основной массе приурочены к районам материкового склона и акватории островных дуг — Курильских, Командорских и Алеутских о-вов (Раилко, 1983; Nesis, 1998). Взрослые, созревающие и зрелые кальмары обитают у дна материкового склона, что позволяет вести активный промысел донными тралами (Федорец, 1977; Раилко, 1983). Максимальные концентрации половозрелый кальмар образует в верхней батиали от 220 до 580 м (Несис, 1977) в районах размножения.

Черты биологии, поведение, изменчивость размерно-ввозрастной структуры в процессе онтогенеза, миграции командорского кальмара, как вертикальные, так и пространственные, численность сезонных генераций, играют существенное значение в формировании промысловых концентраций в различных районах. В течение суток на последних стадиях созревания особи кальмара покидают дно материкового склона и совершает мезомасштабные миграции мезо- и верхний отдел батипелагиали к районам и участкам основного нереста (Раилко, 1983; Федорец и др., 1997). При этом как правило наблюда-

ется короткопериодное ухудшение промысловой обстановки. Далеко не последнее место в причинно-следственных связях существования вертикальных суточных миграций играет глубина залегания верхнего слоя термоклина, которая меняется под влиянием суточного приливно-отливного эффекта.

Его промысел у Курильских островов, у южной части Восточной Камчатки и в Беринговом море базируется на облове донных и придонных скоплений взрослых особей размерами более 18–20 см в возрасте от полутора до двух лет (Федорец,1977; Раилко, 1983). Формирование концентраций кальмара в Беринговом и Охотском морях, у Курильских о-вов имеет ярко выраженный сезонный характер, что связано с особенностями его жизненного цикла и в первую очередь сроками размножения. Прослеживается два периода нереста в течение одного календарного года и как следствие выделяются две группировки — весенне-летнего и осеннее-зимнего периодов спаривания. Продолжительность существования и распад скоплений кальмара в выше названных районах в течение года отражает динамика промысла. Значительное увеличение плотности скоплений к началу нереста, и как следствие, уловов на усилие, связано с увеличением в скоплениях доли зрелых (впервые созревающих) особей (Глазычев, Федорец, 1981).

У центральных Курильских островов (промысловый район у о-вов Кетой–Симушир) в промысле преобладает кальмар охотоморской популяции, у северных Курильских островов (промысловый район у о-вов Парамушир–Онекотан) и на материковом склоне южной части п-ва Камчатка облавливается, в основном кальмар беринговоморской (командорско-алеутской) популяции и в незначительной степени — охотоморской (Катугин, 1999; Раилко, 2008). Однако, абсолютное соотношение в районах промысла охотоморской и беринговоморской популяций у северных Курильских островов не установлено. Тем не менее факт смешения (перераспределения) двух субпопуляционных группировок не вызывает сомнения, особенно в периоды высокой численности, что, вероятно, происходит в настоящее время. Вполне вероятно существует миграция беринговоморской популяции командорского кальмара с северо-востока на юго-запад по свалу глубин к северным Курильским островам через материковый склон южной части полуострова Камчатка (Федорец, Козлова, 1988). Также в начале ноября 2010 г. были отмечены миграции охотоморской популяции через материковый склон о. Парамушир на свал глубин юго-восточной части полуострова Камчатка. Подтверждением существования предлагаемой схемы перераспределения группировок командорского кальмара в рамках нерестового ареала в этом районе может служить перемещение флота в 2009 г. от одного промыслового участка к другому с сохранением стабильного улова на усилие.

Периоды формирования сезонных нерестовых скоплений длятся обычно до трех месяцев, и сам процесс нереста каждой весенне-летней и осенне-зимней группировок длится от полутора до двух, реже до двух с половиной месяцев, т.е. с учётом времени вступления в промысловую часть популяции различных расс, длительность промысловой эксплуатации таких скоплений кальмара может достигать восьми-девяти месяцев в году. Обычно промысловые скопления приурочены к районам с узким шельфом и крутым материковым склоном. Наиболее плотные скопления командорского кальмара формируются в местах образования квазистационарных локальных круговоротов, образующихся в результате взаимодействия разнонаправленных течений и приливо-отливных потоков с геолого-морфометрическими структурами каждого из рассматриваемых районов (Малышев, Раилко, 1986; Лаптиховский, 1987).

Такова в общих чертах схема формирования промысловых скоплений, которая может иметь ряд особенностей в зависимости от условий года и уровня численности различных группировок. Эти факторы отражаются на успешности промысла. В то же время существование обратной связи промысел-изменчивость условий позволяют располагая многолетним рядом промстатистики по командорскому кальмару выявить определённые закономерности хода промысла в межгодовом аспекте и вероятных причин, её обуславливающих, использовать их при прогнозировании с различной временной заблаговременностью.

Материал и методика

Настоящая работа посвящена анализу межгодовой изменчивости промысловой обстановки. В работе использованы ежедневные судовые донесения (ССД) по системе «Рыболовство» о промысле командорского кальмара в экономической зоне России за период с января 1987 г по октябрь 2011 г. Анализировались вылов в течение месяца, в течение года, уловы на судосутки лова, которые осреднялись по месяцам и по годам. Материалы по запасам командорского кальмара в Охотском и Беринговом морях,

в тихоокеанских водах Курильских островов полученны в экспедициях на научно-исследовательских и поисковых судах ТУРНИФ и БИФ ТИНРО.

Данные обрабатывались методами математической статистики с помощью программ для ПК «Statgraph» и «Excel».

В районе Курильских островов шельф и материковый склон крайне узкий, рельеф дна очень изрезан, что не позволяет организовать проведение учётной донной траловой съемки по сетке станций. В связи с этим в ТИНРО разработана методика определения биомассы командорского кальмара методом «траловых дорожек» исключительно в скоплениях, на основании величины улова на траление и суточного вылова промысловыми судами. Подсчет запасов кальмара проводится на основании данных по уловам промысловых судов, ведущих лов скоплений кальмара по «траловым дорожкам» на глубинах 270-450 м. Принятая методика используется на протяжении многих лет и подробно описана (Раилко, 2005). Однако, этот метод ведет к значительному занижению запасов кальмара, так как не учитывает запас этого головоногого моллюска на меньших и больших глубинах, а также в толще воды сопредельных районов моря. Общая площадь «траловых дорожек» с тихоокеанской стороны материковой отмели крайне незначительна и по сравнению с общей площадью материковых свалов не превышает 7–10%. В других районах помимо традиционных кальмар облавливается флотом значительно реже или присутствует в уловах в качестве прилова при промысле других видов вследствие тяжелых грунтов, мало пригодных для проведения донных тралений.

Результаты и обсуждение

Специализированный промысел или в качестве прилова командорского кальмара на ДВ морях существует в течение последних 32 лет и в разные годы составлял от 8 до 90 тыс. т. (рис. 1). Основными районами добычи были островные свалы средних и северных Курильских островов. В зоне Южно-Курильской, Западно-Беринговоморской и Петропавловск-Командорской подзонах специализированный промысел командорского кальмара до 2004 г. не вёлся. В Южно-Курильской зоне кальмар добывался на протяжении исследуемого ряда лет преимущественно в качестве прилова при промысле минтая в водах о. Итуруп. В силу приуроченности промысла минтая к определённым срокам, прилов кальмара при специализированном промысле минтая, хотя и сравнительно небольшой, на 70 % приходился на осенне-зимнюю сезонную расу.

До 2004 г. аналогичная ситуация наблюдалась и в Петропавловск-Командорской подзоне, когда командорский кальмар добывался в качестве прилова при промысле минтая и донных рыб. Основу прилова составляла осенне-зимняя группировка.

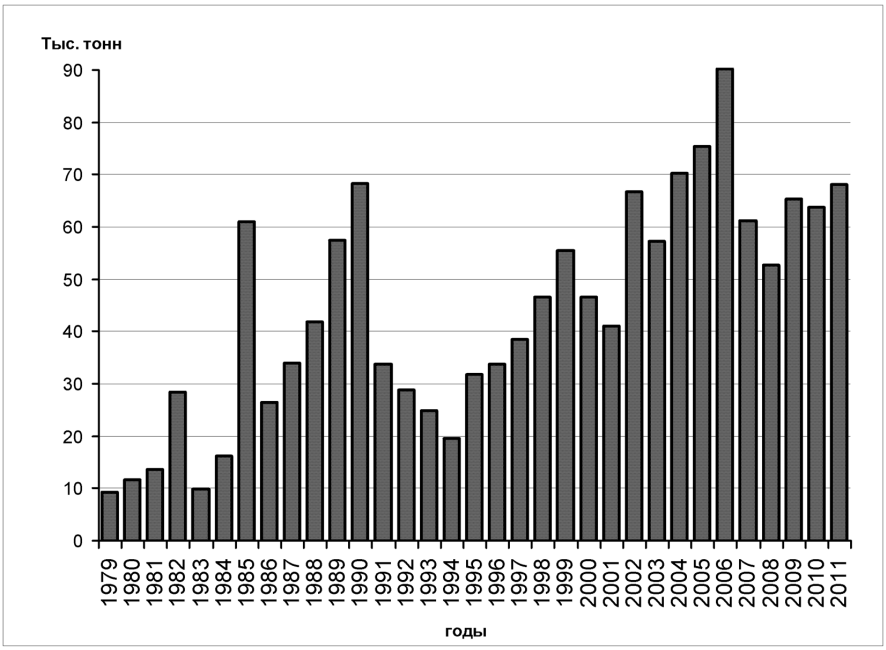


Рис. 1. Межгодовая динамика вылова (тыс. тонн) командорского кальмара на Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне

В Беринговом море районами промысла командорского кальмара являлись материковый склон Карякского побережья и Олюторского залива (Карагинская подзона), где до 2003 г. командорский кальмар осенне-зимней группировки добывался также только как прилов. Отсюда низкий общий ежегодный вылов и соответственно очень слабое освоение ОДУ кальмара в этих районах (рис. 2).

Основным промысловым районом со стабильным выловом, нёсшим максимальную промысловую нагрузку на протяжении всего периода лет оставался район северных Курильских островов (рис. 3)

В каждом из перечисленных районов по причине отсутствия специализированного промысла суммарный годовой вылов кальмара в среднем не превышал 1–10 тыс.тонн, что не позволяет достоверно оценить его ресурсы в период до 2003 г. в этих статистических районах, однако постоянное присутствие кальмара в качестве прилова свидетельствовало о значительном его запасе в регионе, что в дальнейшем и послужило основанием для организации промысла.

В целом весь проанализированный промысловый период можно разделить на два отрезка времени, до 1994 г. и после него, которые характеризуются неравномерным масштабным ростом и последующим падением вылова. Причём наблюдаемая общая для бассейна тенденция была характерна и для каждого из статистичсеких районов только с некоторым незначительным смещением во времени.

В Курильском промысловом районе у островов Кетой–Симушир и Парамушир–Онекотан на долю которых приходилось в разные годы до 80-90% общего по бассейну вылова, период изменения уловов от максимальных к минимальным и далее их рост составлял 3–4 года за исключением периода между максимальными уловами в 1990 г. и 1999 г. с падением в 1994 г. (период 8 лет). Далее с 1999 г. последовал рост вылова вплоть до 2006 г. с периодическим снижением между максимальными значениями, но амплитуда колебаний вылова была меньше, чем до 1994 г.

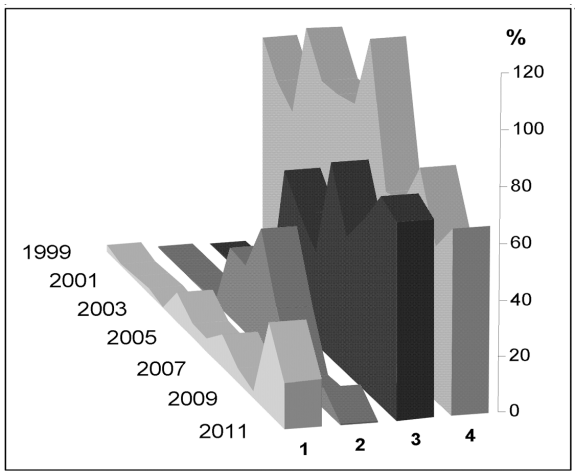


Рис. 2. Освоение ОДУ и ВВ (%) командорского кальмара в Карагинской подзоне и Западно-Беринговоморской зоне (1), Южно-Курильской зоне (2), Петропавловск-Командорской подзоне (3), Северо-Курильской зоне (4)

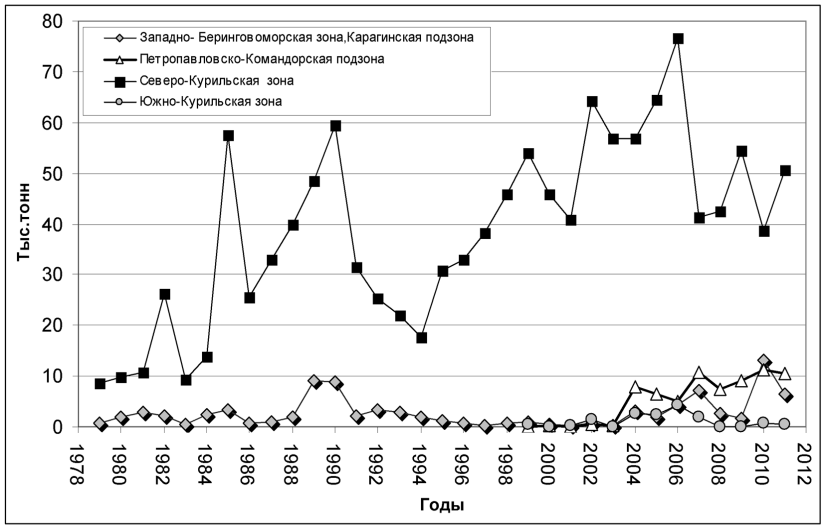


Рис. 3. Межгодовая динамика вылова командорского кальмара в различных статистических районах

В Беринговом море минимальный вылов получен на четыре года позже, чем у Курильских островов, в 2003 г., после чего наметился его рост, причём преимущественно за счёт Западно-Беринговоморской зоны.

В Петропавловск-Командорской подзоне аналогичная ситуация с ростом уловов возникла с 2004 г., а в Южно-Курильской зоне только с 2002 г. (рис. 3).

В Петропавловск-Командорской подзоне после организации специализированного промысла кальмара в июле–октябре 2004 г. ежегодный его вылов возрос до 8–12 тыс.т. Дальнейшее увеличение улова в 2010 и 2011 гг. продолжилось за счёт выставления большего количества добывающих судов на промысле благодаря чему освоение этой части ресурса командорского кальмара возросло до 40–70% по сравнению с периодом лет до 2004 г. (рис. 2).

После организации специализированного промысла в 2004 г. в Западно-Беринговоморской и Карагинской подзонах и высоким промысловым запасом, вылов кальмара за судосутки возрос в 2010 г. соответственно до 31 и 35 тонн (годовой вылов 7 и 6,5 тыс.тонн соответсвенно) с последующим существенным снижением улова на усилие в 2011 г. до 20 и 3 тонн и как следствие общего вылова. И тем не менее освоение рекомендованного вылова по Берингову морю и Южно-Курильской зоне в отдельные годы достигало 30–40%. Во все годы промысла в Северо-Курильском районе освоение рекомендованного вылова проходило относительно равномерно, масштабнее и изменялось от 47 до 109%. (рис. 2).

Понятно, что для эффективного промысла нужен соответствующий ресурс и благоприятная промысловая обстановка, однако при этом для его освоения необходимо как минимум для обеспечения адекватной запасу нагрузки выставлять достаточное количество флота.

Например, для освоения прогнозных ожиданий по общему допустимому улову командорского кальмара в 2011 г. в Карагинской подзоне в объёме 15 тыс.тонн и 25 тыс.тонн в Западно-Беринговоморской , необходимо было выставить в сентябре–октябре, т. е. в оптимальный для промысла срок, от 18 до 23 единиц крупнотоннажного флота.Реально в освоении этого ресурса принимали участие в разное время только до 5 единиц флота.

В Северо-Курильской зоне с Тихоокеанской стороны промысел командорского кальмара проводится в двух традиционных районах Курильской гряды: с 1977 г. у о-вов Кетой–Симушир (центральные острова) и с 1987 г. у о-вов Парамушир–Онекотан (северные острова).

У о-вов Кетой и Симушир промысловая нагрузка (количество выставленного флота) практически одинаковая на протяжении ряда лет с1997 по 2011 гг. тем не менее показала определённую динамику вылова, т. е. увеличение его после 2006 г. У островов Парамушир и Онекотан количество выставленного флота и вылов изменялись практически синхронно (рис. 4).

Промысловая значимость района у о-вов Парамушир и Онекотан с конца 90-х годов возрастала. Здесь добывалось в разные годы 49–84% от общего вылова кальмара на Курилах (рис. 2). Большой вылов у о-вов Парамушир и Онекотан объясняется, вероятно, двумя причинами: во-первых, более высокой численностью кальмара осенне-зимней расы (август–октябрь) по сравнению с районом у о-вов Кетой и Симушир; во-вторых здесь тихоокеанский материковый склон более пологий и не задёвистый, что зна-

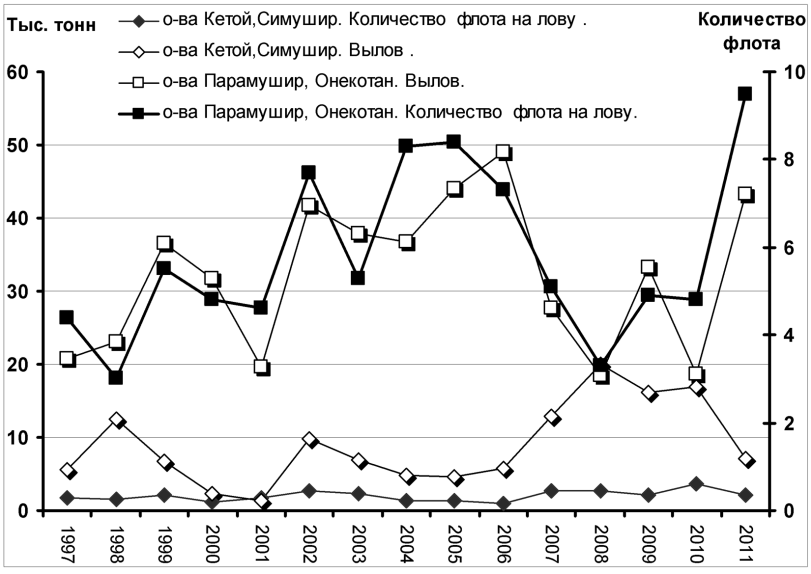


Рис. 4. Межгодовая динамика вылова и количества добывающего флота на лову при промысле командорского кальмара в Северо-Курильской зоне

чительно облегчает проведение донных тралений и позволяет одновременно работать большему количеству судов, чем на участке у о-вов Кетой–Симушир, что, по-видимому, и сглаживает кривую динамики величины вылова по сравнению с районом о-вов Кетой и Симушир, где условия промысла сложнее (рис. 4).

Как было сказано выше по большому счёту при современном состоянии запасов объекта на бассейне вылов кальмара регламентируется только количеством промысловых судов. Однако, показателем, характеризующем промысловую обстановку, помимо общей численности кальмара, является улов на усилие (судосутки лова), который в свою очередь зависит от целого ряда факторов: сроков созревания сезонных расс, положения верхней границы ТПС (температурного промежуточного слоя), ограничивающей верхнюю горизонталь вертикального распределения кальмара, миграции кальмара на траловые дорожки из сопредельных акваторий, сезона лова (рис. 5).

Рассчитанная методом траловых дорожек суммарная биомасса кальмара для района Северных Курильских островов в 1987–2011 гг. годы сохранялась в пределах 56–280 тыс. т со значительными колебаниями по годам. В 2010 г. она составила 162 тыс. тонн, из них 98 тыс. тонн у о-вов Кетой–Симушир, 64 тыс. тонн у о-вов Парамушир–Онекотан. В 2011 год биомасса была чуть выше —172 тыс. тонн, из них 65 тыс. тонн у о-вов Кетой–Симушир, 107 тыс. тонн у о-вов Парамушир–Онекотан. Вероятнее всего эти цифры существенно занижены т. к. общая площадь «траловых дорожек» на тихоокеанской стороне крайне незначительна и по сравнению с площадью островных свалов составляет не более 7–10%., где кальмар не облавливается вследствие тяжелых грунтов, мало пригодных для проведения донных тралений. Как видно из рисунка 5 вылов почти синхронно повторяет динамику улова на судосутки, осреднённого по годам, однако колебания последнего более сглажены (рис. 5)

Основу промыслового запасов командорского кальмара в Северо-Курильской зоне составляют особи охотоморской популяции, нагул которой проходит в Охотском море и тихоокеанских приостровных водах. При проведении эпипелагических траловых съемок в летне-зимний период 1995–2009 гг. учтенная биомасса командорского кальмара в Охотском море была оценена от 55 до 444 тыс. т. В северной части Охотского моря и у Западной Камчатки в весенне-летний период 2011 г. общая биомасса составила всего около 10 тыс. т (рис. 6).

Столь существенная разница в оценках ресурсов командорского кальмара объясняется отсутствием единой методики при проведении донных и пелагических учётных траловых съёмок и собственно оценки запаса в районах промысла (метод «траловых дорожек») без учёта вертикальных миграций кальмара в тёмное время суток. Так например, в августе–сентябре 2010 г. результаты придонной съемки на НИС «Профессор Кизеветтер» сопоставимы с пелагическими. Низкая биомасса в марте–мае 2011 г.

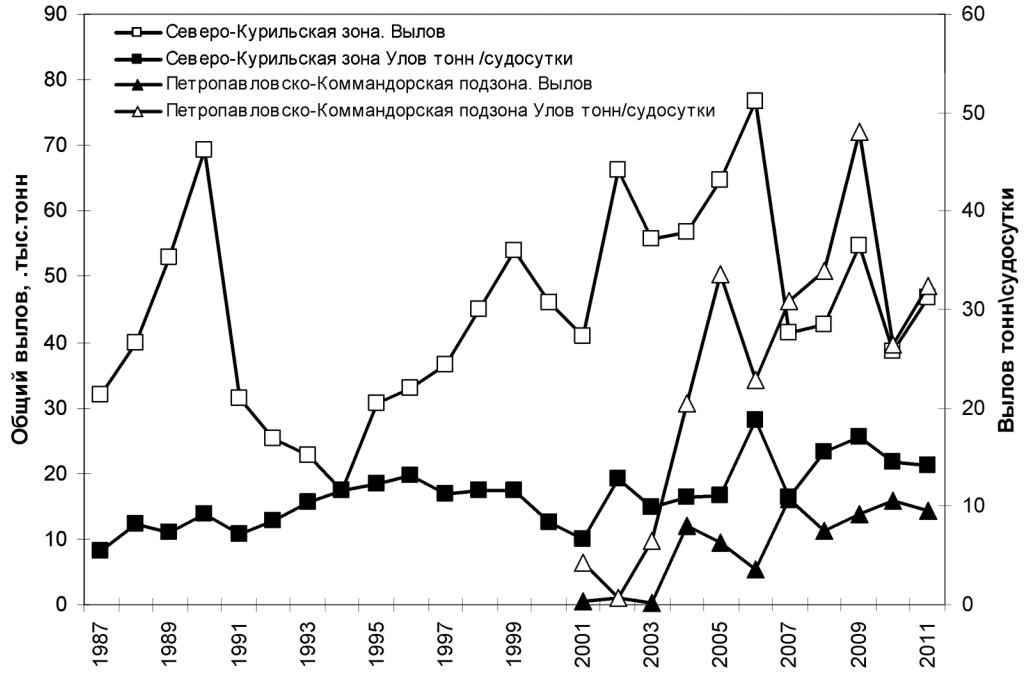


Рис. 5. Межгодовая динамика результативности промысла командорского кальмара в Северо-Курильской зоне и Петропавловск-Командорской подзоне

объясняется тем, что после зимнего выхолаживания вод основные скопления кальмара смещаются в глубоководные впадину Дерюгина и Курильскую котловину, однако в батиали этого района учётная съемка не проводилась. Но главная причина расхождений в оценках ресурса командорского кальмара заключается в том, что для получения приближённых к реальным цифр запаса, необходимо проведение специализированной съёмки по командорскому кальмару с учётом особенностей его распределения. В то же время рост улова на усилие и общего вылова с 2004 г. в Петропавловск-Командорской подзоне, по-видимому, может служить своего рода индикатором уровня численности кальмара Беринговоморских рас (рис. 6). Все съёмки в районах, прилегающих к нерестовым участкам командорского кальмара, результаты которых приведены на рисунке 6, были сориентированы на решение других задач. Для уточнения ресурсов командорского кальмара в экономической зоне Российской Федерации необходимо проведение детальной донной траловой съёмки на материковом склоне. И тем не менее при всех издержках по оценкам запасов результаты съёмок в Охотском море позволяют составить общее представление о ресурсах командорского кальмара в море и у Курильских островов и сделать основной вывод о том, что запасы командорского кальмара в районе находятся на достаточно высоком уровне.

Аналогичные донные и в эпилагиали съёмки, выполненные в Беринговом море с охватом Восточной Камчатки, Карякского побережья и Анадырьского залива в 2010 и 2011 гг. также показали существенную по тем же причинам разницу в биомассах командорского кальмара в этих районах, оцененную традиционным и площадным методом в пределах 3–23 тыс. тонн.

Таким образом с учётом многолетнего хода промысла, результатов оценки общей биомассы командорского кальмара на бассейне ориентировочная цифра возможного вылова может составить не менее 100 тыс тонн с учётом специфики добычи и при общем запасе в пределах 800 тыс.тонн.

По учетным траловым работам ТИНРО в 1976–1980 гг. было выявлено, а дальнейшими исследованиями в 1993–1995 г подтверждено, что подходы кальмара в Олюторско-Наваринский район происходят двумя путями (Федорец, 2006)). Кальмар осенне-зимнего нереста, облавливаемый в восточной части материкового склона Корякского побережья, подходит из восточной части Берингова моря полосой вдоль материкового склона через Наваринско-Матвеевский район с последующей миграцией в юго-западном направлении, а облавливаемый в западной части Карякского побережья и в Олюторском заливе мигрирует от Командорских и Алеутских островов через хребет Ширшова. Как правило, массо-

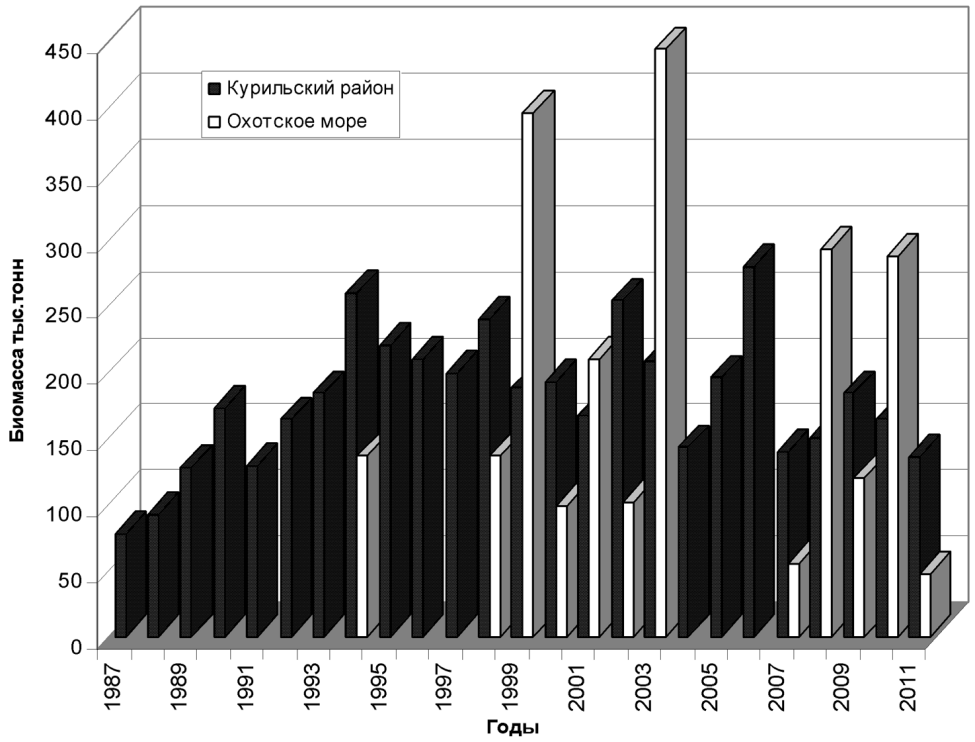


Рис. 6. Биомасса командорского кальмара в Охотском море, у Западной Камчатки (светлая штриховка) по результатам пелагических и донных траловых съёмок ФГУП «ТИНРО-Центр» в 1995–2009 гг и в Северо-Курильской зоне (тёмная штриховка)

вые подходы кальмара происходят по одному из двух вариантов. При первом варианте устойчивые скопления кальмара формируются на двух удаленных друг от друга участках свала: 1 район — более плотные на участках свала глубин южнее мыса Наварин, 2 район — несколько уступающие им по плотности на траверсе бухт Наталья, Анастасия и несколько южнее. Первый тип распределения кальмара наблюдался в 1976–1979, 1992, 1993, 1994, 2005, 2006 и 2008 гг. При втором варианте массового подхода наиболее плотные скопления кальмара в первую очередь формируются в присваловой части на траверсе бухт Наталья, Анастасия и несколько южнее, в заливе Олюторский и менее плотные формируются в присваловой части полосой в районе мыса Наварин. Такое распределение отмечалось в 1996, 1998, 1999, 2000, 2002, 2004, 2007 гг. В 2010 г. характер распределения промучастков был ближе ко второму, но наиболее плотные скопления наблюдались южнее — в районе м. Олюторский и в зал. Олюторский.

Промысловая обстановка у островов Парамушир–Онекотан зависит от подходов половозрелого кальмара из Охотского моря, но в большей степени с северо-востока из Берингова моря, мигрирующего через Петропавловск-Командорскую подзону, которая является транзитной при миграциях на юг к промрайонам Северных Курил. В то же время к островам Кетой–Симушир (средние Курилы) по мере полового созревания мигрирует преимущественно кальмар Охотоморской популяции. Миграции и перераспределение скоплений половозрелого командорского кальмара в пределах нерестового ареала определяет динамику результативности промысла в разных районах в течение года и в зависимости от уровня численности не только единиц запаса, но и сезонных группировок.

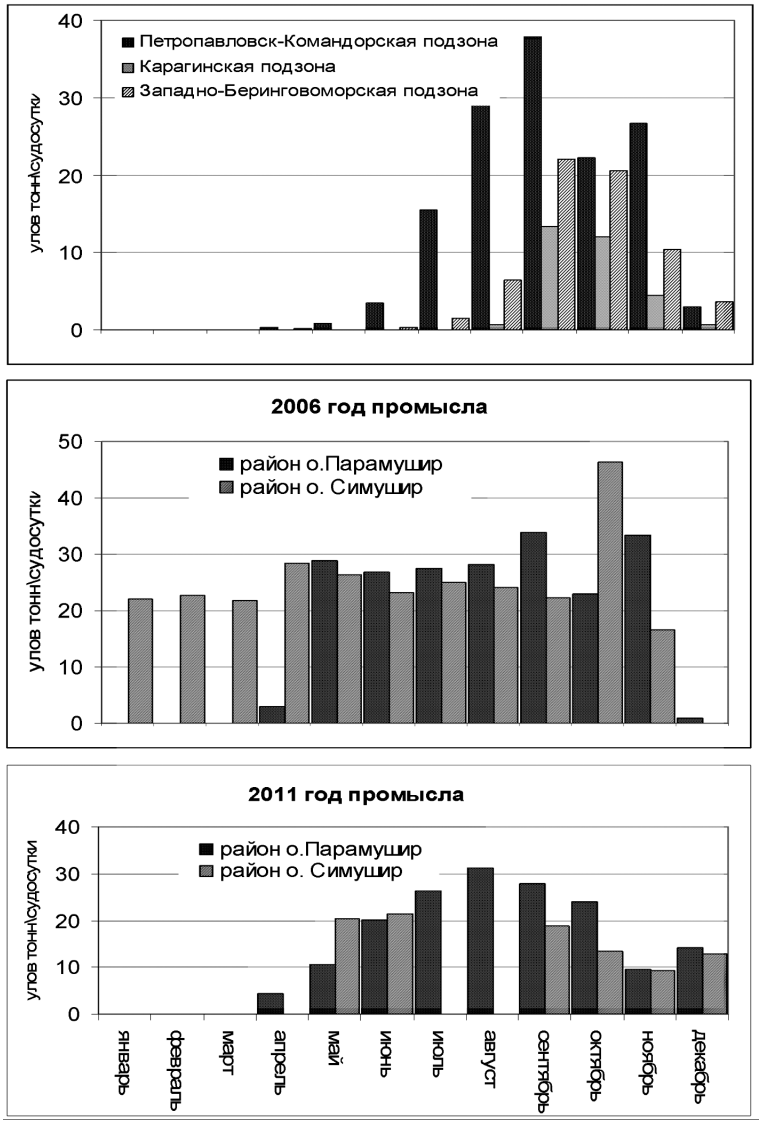


Рис. 7. Внутригодовая динамика уловов (тонн на судосутки) командорского кальмара в Беринговом море (средние многолетние данные) и Северо-Курильской подзоне в год высокой (2006 г.) и низкой (2011 г.) численности

На рисунке 7 показана внутригодовая динамика уловов на усилие как показателя состояния промысловой обстановки в основном промысловом районе командорского кальмара из которого видно, что промысел продолжается в течение всего года за счёт высокой численности объекта у островов Симушир и Парамушир, при низкой численности в этом районе промысел ограничен маем–декабрем в отличии от районов у восточной Камчатки и в Беринговом море, где эффективный промысел возможен только в августе–октябре.

Соотношение численности весенней и осенней группировок кальмара показывает определённую закономерность в изменчивости промысловой обстановки в различных статистических районах (рис. 8). В Северо-Курильской подзоне у островов Парамушир и Онекотан на протяжении всего периода лет промысла улов на судосутки осенней расы был всегда выше, чем весенней за исключением 1998 и 2008 гг. В районе промысла у островов Кетой и Симушир показатели состояния промысловой обстановки в течение исследуемого периода изменялись синхронно, причём их значения при промысле обеих генераций оставались почти одинаковыми. Как видно из рисунка 8 в прикачатских водах с 2000 г. промысел базировался только на осенней расе, причём для всех районов в течение всего периода был характерен рост улова на усилие, за исключением 2006–2009 гг., когда в Петропавловск-Командорской и Карагинской подзонах произошло поступательное снижение этого показателя с ростом в последующие годы. Предположительно причиной могут быть устойчивые миграции и перераспределение беринговоморской группировки кальмара в Западно-Бериговоморскую подзону в течение ряда лет, о чём может свидетельствовать устойчивый рост улова на судосутки в этом районе в указанный период. Правда в 2010 г. была зафиксирована обратная ситуация.

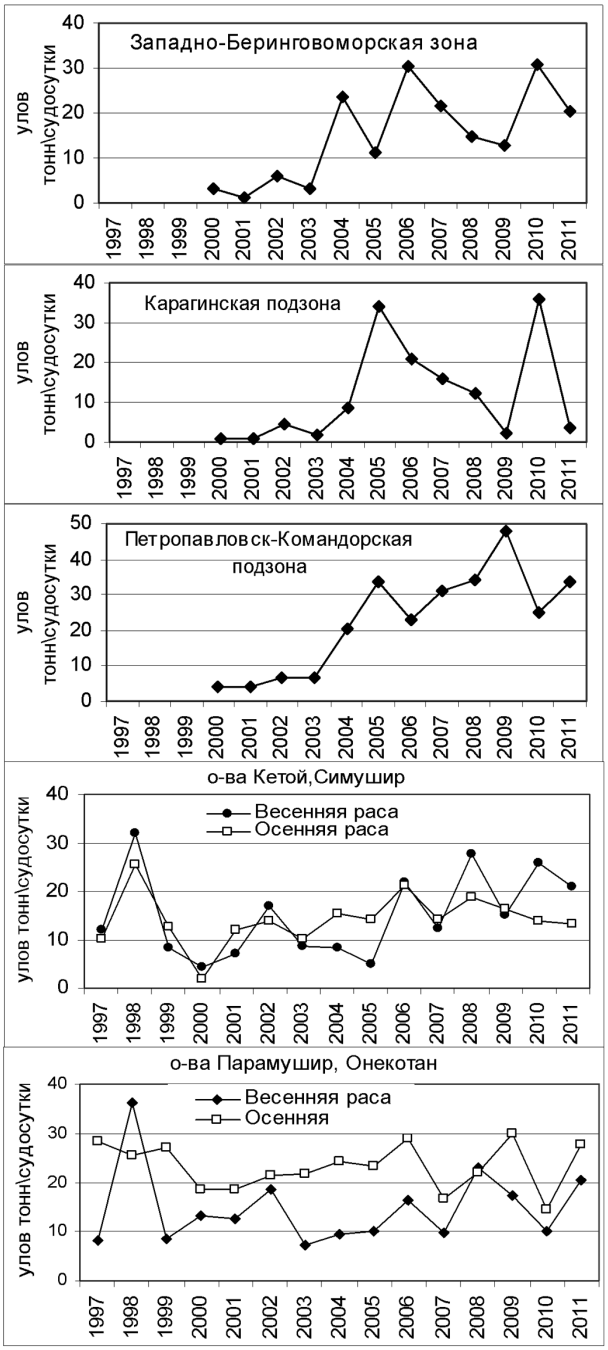


Рис. 8 . Динамика уловов на усилие в районах промысла командорского кальмара (осенней расы) в Беринговом море, у восточной Камчатки и (осенняя и весенняя расы) северных Курильских островов

Таким образом анализ данных промстатистики командорского кальмара показал значительную неустойчивость промысловой обстановки как в межгодовом, так и в межсезонном аспекте. Гипотетически причины зафиксированной авторами динамичности вылова в пределах рассматриваемого исторического периода были определены в ряде публикаций (Малышев и др,1986; Федорец и др.,1986; Федорец и др.,1988) , которые и с нашей точки зрения являются определяющими величину тотального вылова этого вида в экономической зоне Российской Федерации. К сожалению, материалы, характеризующие только состояния промысла при отсутствии профильных исследований гидромеорологического фона в районах размножения кальмара, не позволяют рассмотреть влияние факторов среды на реакцию различных популяций командорского кальмара, однако в то же время показывают общую картину межгодовых изменений ресурсов командорского кальмара и сделать определённые выводы о состоянии запасов важного объекта рыболовства на Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне.

Заключение

1. Численность промыслового половозрелого командорского кальмара в Западно-Беринговоморской, Петропавловск-Командорской подзонах и Северо-Курильской зоне при всех методических погрешностях при её оценке находится на высоком уровне и с учётом предосторожного подхода может обеспечить возможный вылов в пределах 100 тонн при промысловом запасе не менее 500 тыс. тонн.

2. Реализация рекомендованного годового возможного вылова командорского кальмара при существующей величине запаса полностью зависит от количества выставляемого флота.

3. При сохранении тенденции роста численности командорского кальмара в Беринговом море не исключено смещение основных районов промысла на север в Петропавловск-Командорскую и Западно-Беринговоморскую подзоны. При этом возможно сокращение периода промысла и смещение его на вторую моловину года за счёт преобладания в районах лова осеннее-зимней генерации кальмара.

4. В межгодовом плане с начала 90-х годов снизился пресс промысла на единицы запаса командорского кальмара в традиционных районах промысла у Курильских островов, но возросло промысловое значение районов концентраций кальмара в Беринговом море и у Восточной Камчатки.

Список литературы

Бизиков В.А., Архипкин А.И. Распределение, структура запаса и перспективы промысла командорского кальмара. Рыб. хоз-во, N 1. С. 42–45. 1996.

Глазычев В.М., Федорец Ю.А. Внутривидовые группировки командорского кальмара Berryteuthis magister в Беринговом море и заливе Аляска. Биологические ресурсы больших глубин и пелагиали открытых районов Мирового океана: Тез. докл. науч.-практ. конф. 12–13 марта 1981 г., Мурманск, 1981. С. 90–91.

Катугин О.Н. Внутривидовая генетическая изменчивость и популяционная подразделенность командорского кальмара *Berryteuthis magister* северной части Тихого океана // Биол. моря, 1999. Т. 25. С. 35–46.

Лаптиховский В.В. Механизмы формирования репродуктивных стратегий кальмаров: плодовитость, в дальневосточной части Тихого океана. УДК 594.582.2/8 Ак. Наук УССР, Гидробиол. журн., 1987.

Малышев А.А., Раилко П.П. Океанологические особенности формирования скоплений командорского кальмара у острова Симушир: Тез. докл. IV Всес. конф. по промысловым беспозвоночным: ВНИРО. 1986. С. 153–154. 13.

Несис К.Н. Экологическая классификация (жизненные формы) головоногих моллюсков. В кн. Зоология беспозвоночных, т. 2. 1973. С. 8–59.

Диденко В.Д. Биологические ресурсы головоногих моллюсков в пелагиали Охотского моря в зимний период 1990–91 г.: Тез. докл. Всес. конф., 6–10 октября 1991 г. Владивосток, 1991 г. С. 90–92.

Несис К.Н. Зоогеография Тихого океана: сравнение зональности пелагиали и регионального членения шельфа по головоногим моллюскам. «Фауна и гидробиол. шельф. зон Тих. океана»: Матер. XIV Тихоокеан. науч. конгр. (Хабаровск, август 1979), секция мор. биол. ВТИ 4. Владивосток, 1982а. С. 103–111.

Несис К.Н. Вертикальное распределение пелагических головоногих моллюсков // Журн. общ. биологии, 1977. № 38 (4). С. 547–558.

Радченко В.И. К познанию роли кальмаров в экосистеме пелагиали Берингова моря // Океанология, 1992. Т. 32, вып. 6. С. 1093–1101.

Раилко П.П. Анализ специализированного промысла командорского кальмара в районе Курильских островов за период 1997–2006 гг. Владивосток. Архив ТИНРО-Центра. 2008 г. 27 с.

Раилко П.П., Федорец Ю.А., Диденко В.Д., Кравченко Н.Е. Оценка возраста и роста командорского кальмара в западной части Берингова моря. Изв. ТИНРО-Центра, 1996. Т. 119. С. 224–233.

Раилко П.П. Методы оценки плотности распределения и биомассы командорского кальмара. // Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2005. С. 59–60.

Раилко П.П. Биология и распространение командорского кальмара *Berryteuthis magister* в районе Курильских островов. Систематика и экология головоногих моллюсков. Л. 1983. С. 97–98.

Федорец Ю.А. Биологические особенности *Berryteuthis magister* со свала глубин Берингова моря в осенний период 1976 г. // Всес. науч. конф. по использованию промысловых беспозвоночных на пищевые кормовые и технические цепи (тез. докл.). Л.:Наука, Ленингр. отд. 1977. С. 97–98.

Федорец Ю.А., Лучин В.А., Диденко В.Д., Раилко П.П., Кравченко Н.Е. Условия формирования скоплений кальмара *Berryteuthis magister* у Курильских островов // Изв. ТИНРО-Центр. 1997б. С. 361–374.

Федорец Ю.А., Козлова О.А. Особенности распределения командорского кальмара в западной части Берингова моря и у восточной Камчатки // Сырьевые ресурсы и биологические основы рациоального использования промысловых беспозвоночных: Тез. докл. Всес. совещ. (22–24 ноября 1988 г.), МРХ. Владивосток: ТИНРО. 1988. С. 74–76.

Nesis K.N. The Gonatid Squid *Berryteuthis magister* (Berry, 1913): Distribution, Biology, Ecological Connections, and Fisheries // Contributed Papers to International Symposium on Large Pelagic Squids, July 18–19, 1996. For JAMARCS of the Foundation. T. Okutani. ed.), JAMARC, Tokyo, 1998. P. 233–249.

УДК 582.26(26)

ЛАМИНАРИЕВЫЕ ВОДОРОСЛИ ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

Евсеева Н.В.

ФГУП «ПИНРО», г. Мурманск

Контактный e-mail: evseeva@pinro.ru

Введение

Использование бурых водорослей распространено по всему миру, но только в странах азиатско-тихоокеанского региона — Японии, Корее, Китае — наблюдается употребление в пищу достаточно большого количества видов. Кроме промысла в естественных условиях, в данных странах распространено культивирование водорослей. Например, в Китае, где марикультурой ламинариевых водорослей начали заниматься только в 1952 г., в настоящее время выращивается более 3,5 млн т ламинарии японской, хотя еще в 1980-е годы производство не превышало 1–2 млн т (Tseng, 1983). Объем промышленной добычи бурых водорослей в Японии ежегодно составлял около 250 тыс. т (Okasaki, 1971). Наиболее ценной в пищевом отношении в Японии считается *Saccharina japonica* (Kawashima, 1993). Менее ценными названы *S. angustata, S. coriacea*. Из других водорослей наиболее активно в Японии используют *Costaria costata*, *Arthrothamnus bifidus*, *Alaria praelonga*, *Undaria pinnatifida* (Okasaki, 1971).

В России промысловыми являются 19 видов порядка Laminariales, из которых 11 видов обитает в акватории дальневосточных морей. Их ежегодная добыча по данным ФАО не превышает 60 тыс. тонн (Вилкова, 2010), хотя и эта цифра сильно завышена. К наиболее ценным промысловым видам, обитающим у южных Курильских островов, относятся *S. japonica*, *S. angustata*, *S. kurilensis*.

Ценность бурых водорослей в первую очередь определяется количеством и качеством входящих в их состав ценных химических соединений. В настоящее время бурые водоросли используются не только для пищевых целей, но и являются важнейшим сырьем для химической переработки. Сухие вещества водорослей состоят из органических и минеральных веществ. Общее содержание минеральных веществ в ламинариевых водорослях 16,3–38,8% (Суховеева, Подкорытова, 2006). Бурые водоросли способны накапливать минеральные вещества в количестве, превышающем их содержание в морской воде. Содержание различных веществ у разных видов существенно различается. Так, *Agarum clathratum* и *C. costata* содержат много кальция, *S. japonica*, *S. angustata* и *S. kurilensis* содержат много калия и натрия, а также йода. Высокое содержание йода позволяет использовать многие виды для медицинских целей. Органические вещества бурых водорослей довольно разнообразны: альгиновая кислота, фукоидан, ламинаран, маннит. В частности, для южно-курильских видов бурых водорослей характерно достаточно высокое содержание маннита, *S. kurilensis* имеет очень высокий уровень содержания альгиновой кислоты (35,5%) (Подкорытова, 2005). В целом водоросли района характеризуются очень высоким содержанием азотистых соединений (до 16,2%). В состав белка бурых водорослей входит от 15 до 23 аминокислот, в том числе 8 незаменимых. Маннит и свободные аминокислоты формируют вкусовые качества бурых водорослей.

По составу химических соединений и веществ из ламинариевых водорослей, обитающих в прибрежье южных Курильских островов, наиболее ценными считаются *S. japonica, S. angustata, S. kurilensis, Alaria marginata, A. fistulosa, C. costata* (Суховеева, Подкорытова, 2006). Л. К. Бухрякова и И. П. Леванидов (Бухрякова, Леванидов, 1969) добавили в список ценных ламинариевых водорослей еще и виды рода артротамнус: *Arthrothamnus bifidus* и *A. kurilensis.*

Использование бурых водорослей отличается большим разнообразием — от пищевых целей до производства биологически активных веществ (Чэпмен, 1953). Соли альгиновой кислоты применяют не только в медицине, но и в пищевой, текстильной, бумажной, фармацевтической, микробиологической промышленности, сельском хозяйстве. Таким образом, широкое использование водорослей в различных областях стимулирует неослабевающий спрос на растительное сырье.

В последнее время, в связи с проблемой усиленного освоения биоресурсов морских вод, возникает необходимость более тщательного изучения растительных сообществ мелководья не только как сырья для промышленности, но и как основы всех прибрежных биоценозов. Макрофиты формируют структурный каркас прибрежных сообществ. При условии рациональной эксплуатации и бережного отношения запасы водорослей могут осваиваться долгие годы без дополнительных затрат на их воспроизводство. При организации промысла прежде всего необходимо учитывать негативный опыт применения фиктенов, использование которых привело к разрушению пояса бурых водорослей и резкому сокращению запасов промысловых видов (Евсеева, 1997, 2009). Решение задачи рационального использования водорослевых ресурсов требует знания состава и структуры макрофитобентоса, и, особенно, состава и структуры сообществ, доминантами которых являются промысловые виды водорослей. Все вышесказанное обуславливает актуальность предпринятого нами исследования и определяет его цель.

Целью исследований являлось описание современных состава и распределения промысловых и перспективных для промысла ламинариевых водорослей в прибрежной зоне южных Курильских островов, изучение динамики промысловых запасов и разработка рекомендаций по их рациональному использованию.

Материал и методика

Данная работа основана на результатах исследований, проведенных в 1990–2009 г. в период работы автора в СахНИРО. Для анализа динамики ресурсов и биологических характеристик использованы: данные исследований предыдущих лет по всем районам из рукописных отчетов (архив СахНИРО) и опубликованных материалов.

Водолазные обследования прибрежной зоны проводили с помощью водолазов методом гидроботанических разрезов по постоянной сетке. Разрезы проводили перпендикулярно береговой линии в диапазоне глубин от 0 м до 20–30 м. Разрезы планировали с таким расчетом, чтобы наиболее равномерно исследовать различные по условиям обитания участки прибрежья. Нижняя граница зарослей устанавливалась водолазами, расстояние до берега и местоположение станции определяли при помощи персонального навигатора.

Расчеты запасов водорослей осуществляли методом площадей. Для ламинариевых водорослей общий запас включает биомассу всех возрастных групп, промысловый запас – биомассу только взрослых растений (двух и более лет). Обработку полученных материалов проводили с помощью *Microsoft Excel*. Названия водорослей и таксономический статус приводятся по Ю.Е. Петрову (Петров, 1974а, 1975) с учетом современных систематических и номенклатурных изменений (Lane et al., 2006; Селиванова и др., 2007, Guiry, 2007).

Результаты и обсуждение

Ламинариевые водоросли являются промысловыми видами. Они доминируют в растительных ассоциациях на твердых грунтах и определяют характер растительности в сублиторали южных Курильских островов и высокую продуктивность мелководий. Происхождение порядка связано с азиатской частью бореальной зоны, а южные Курильские острова считаются центром образования рода *Laminaria* (Щапова, 1948).

Порядок Laminariales в районе южных Курильских островов представлен семействами Chordaceae, Pseudochordaceae, Laminariaceae, Costariaceae, Arthrothamnaceae, Alariaceae.

Наиболее представительным является семейство Laminariaceae: род ***Laminaria*** с одним видом *L. yezoensis,* род ***Cymathere*** с двумя видами *C. fibrosa* и *C. triplicata*, род ***Saccharina*** с видами

S. japonica, *S. angustata*, *S. cichorioides*, *S. dentigera, S. gurjanovae*, *S. kurilensis, S. gyrata*. Виды рода *Saccharina* распределяются следующим образом. Сахарина японская *S. japonica* (=*Laminaria japonica*) обитает только на охотоморской стороне о. Кунашир (Кунаширский пролив и северное прибрежье острова) и у островов Малой Курильской гряды от о. Полонского на севере до о. Танфильева на юге. Распределение *S. kurilensis* (=*Cymathere japonica*) ограничивается прибрежной зоной о. Кунашир и островов Малой Курильской гряды, включая о. Шикотан. *S. gyrata* (=*Kjellmaniella gyrata*) по нашим данным широко распространена у южных Курильских островов, но крупных самостоятельных поселений не образует. Род *Cymathere* представлен двумя видами — *C. fibrosa* и *C. triplicata*. Эти два вида были отмечены только у о. Итуруп.

Сем. Costariaceae включает представителей двух родов — *Agarum* (*A. clathratum*) и *Costaria* (*C. costata*). В прибрежье южных Курильских островов они встречаются на всех участках, не образуя мощных зарослей. Сем. Arthrothamnaceae представлено родом *Arthrothamnus* с двумя видами — *A. bifidus* и *A. kurilensis*. Первый вид распространен довольно широко на всех участках. *A. kurilensis* встречается только в прибрежной зоне о. Итуруп на участках высокобореальной подзоны. Сем. Alariaceae по нашим данным представлено в районе тремя видами рода *Alaria* — *A. marginata*, *A. fistulosa*, *A. ochotensis*. Самым распространенным видом является *A. marginata*, отмеченная практически на всех участках. Два других вида встречаются только у о. Итуруп. Встречаемость *A. angusta*, упоминаемой некоторыми авторами (Nagai, 1940; Гусарова, Семкин, 1986) требует дополнительных исследований.

Таким образом, в районе южных Курильских островов порядок Laminariales представлен 6 семействами, 9 родами и 20 видами. Наиболее представительным является сем. Laminariaceae — 3 рода и 10 видов. Род *Saccharina* в районе исследования включает 7 видов. Наибольшее число видов порядка Laminariales отмечено на охотоморском прибрежье о. Итуруп — 16 видов, из них 7 видов сем. Laminariaceae (рис. 1). В прибрежье о. Кунашир и о. Шикотан отмечено по 13 видов порядка и 6 видов сем. Laminariaceae. В прибрежной зоне островов Малой Курильской гряды к югу от о. Шикотан встречено 14 видов порядка Laminariales, из них 7 видов сем. Laminariaceae. Таким образом, наибольшим видовым разнообразием ламинариевых водорослей характеризуется самый северный из исследуемых участков (о. Итуруп), что подтверждает наличие центра формообразования в районе средних Курильских островов (Щапова, 1948; Клочкова, 1998). По направлению к югу наблюдается обеднение флоры ламинариевых водорослей, и только на самом южном участке число ламинариевых водорослей незначительно увеличивается за счет появления низкобореальных видов.

Важнейшим фактором, оказывающим влияние на вертикальное и горизонтальное распределение морских бентосных водорослей, является движение воды (прибой и течения). От динамики прибрежных вод зависит водообмен, а значит, поступление биогенных элементов и газов к слоевищам, а также

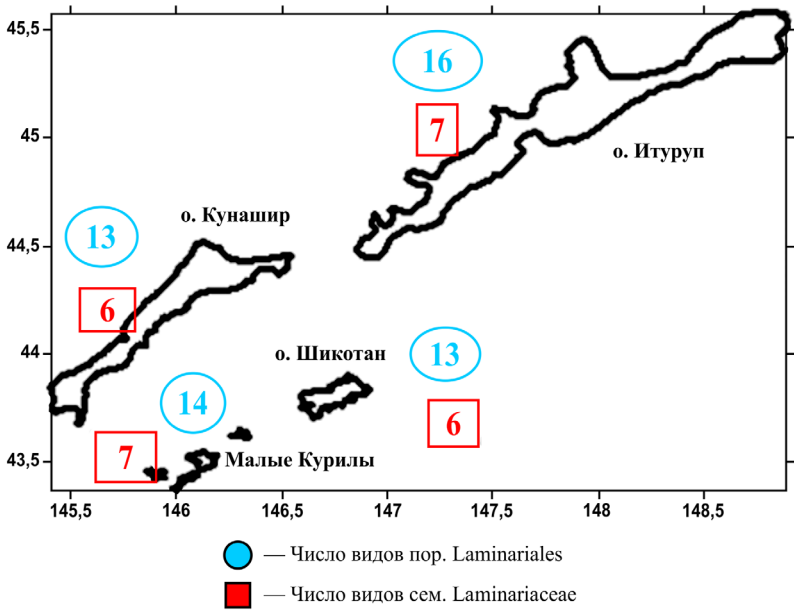


Рис. 1. Видовое разнообразие ламинариевых водорослей по участкам прибрежья южных Курильских островов

освещенность как результат взмучивания (Петров, 1974б). Сильное турбулентное движение воды позволяет расти водорослям при крайне низкой прозрачности воды.

У южных Курильских островов (за исключением прибрежной зоны о. Шикотан) наблюдается характерное распределение доминирующих видов ламинариевых водорослей вдоль побережья островов. Так, северо-западные и западные прибрежья островов характеризуются довольно обширными мелководьями и отсутствием сильного волнения. Здесь на глубинах 1–20 м расположены крупные скопления бурых водорослей, основу которых составляют *S. japonica*, *S. kurilensis*, *C. fibrosa*, их заросли наиболее часто приурочены к гравийно-галечным отложениям. Прибрежная зона юго-восточного (тихоокеанского) побережья островов характеризуется резкими перепадами глубины, сильной прибойностью и интенсивными течениями. Здесь доминируют *S. angustata*, *A. bifidus*. На глубинах 12–25 м вдоль всего побережья островов по периферии пояса бурых водорослей расположены заросли *A. clathratum*.

Приуроченность поселений двух доминирующих видов — *S. japonica* и *S. angustata* — к разным участкам прибрежной зоны определяется различием в условиях обитания. У южных Курильских островов в зимний период преобладают устойчивые и сильные ветра северо-западных румбов, а в летний — несколько более слабые, но также достаточно устойчивые южные и юго-восточные ветра. Сильные ветра южного и юго-восточного направлений в период вегетации ламинариевых водорослей (апрель–октябрь) усиливают гидродинамические различия между северо-западными и юго-восточными участками прибрежной зоны.

Это различие в условиях обитания наиболее отчетливо наблюдается у островов Малой Курильской гряды (Евсеева, 2007). Морфология пластин *S. japonica* и *S. angustata* свидетельствует о предпочтении различных гидродинамических условий. Широкие пластины сахарины японской, обладающие большой парусностью, приобретают данную форму в относительно слабоприбойных местах с достаточно хорошо прогреваемой водой. Движение воды и приток питательных веществ осуществляется приливно-отливными и постоянными течениями через проливы между островами. *S. angustata* имеет очень длинное и узкое слоевище, свидетельствующее о предпочтении местообитаний с сильной прибойностью и активным турбулентным движением воды. Важную роль для образования зарослей на юго-восточных участках играет грунт, который представлен крупнообломочными осадками, валунами и плитами. Подвижных галечных грунтов здесь не отмечено.

Такое же распределение водорослей характерно и для прибрежной зоны о. Кунашир: на западном прибрежье доминирует *S. japonica*, на восточном — *S. angustata*.

В прибрежной зоне о. Шикотан в распределении двух доминирующих видов ламинариевых водорослей — *S. kurilensis* и *S. angustata* — избирательности местообитаний не отмечено, вероятнее всего гидродинамические условия по всей прибрежной зоне действуют примерно одинаково. Здесь у *S. kurilensis* наблюдается образование двух морфологических форм — с длинной и узкой пластиной на открытых прибрежьях и с широкой и короткой — в кутовых защищенных участках бухт.

Таким образом, по характеру распределения на различных участках прибрежья и видовому составу доминирующих ламинариевых водорослей, прибрежная зона южных Курильских островов разделена нами на 4 участка: охотоморская сторона о. Итуруп, о. Шикотан, о. Кунашир и острова Малой Курильской гряды к югу от о. Шикотан. Охотоморская сторона о. Итуруп имеет отличный от других видовой состав доминантов. Здесь доминирует *C. fibrosa*, о. Итуруп является южной границей ее ареала. Совершенно не встречаются с охотоморской стороны о. Итуруп — *S. japonica*, *S. kurilensis*, *S. angustata*, хотя некоторые исследователи указывали их в видовом составе ламинариевых водорослей на этом участке (Гусарова, Семкин, 1986).

Сахарина японская и курильская в прибрежье островов Малой Курильской гряды произрастают на одних участках. Распределение водорослей в прибрежной зоне непосредственно связано с нарастанием глубины. Схематичное расположение разновозрастных зарослей по усредненным данным ежегодных водолазных обследований в прибрежной зоне о. Зеленый по глубинам выглядит следующим образом. Сахарина японская занимает самую мелководную часть. Наименьшие глубины осваивают второгодние растения. В прибрежье о. Зеленый оптимальная глубина, на которой мы отмечали второгодние растения, составляла 5,0 м в диапазоне 2–10 м. Заросли первогодних растений сахарины расположены в диапазоне 1–15 м, оптимальная глубина насчитывает 6,9 м. Сахарина курильская предпочитает более спокойную глубоководную часть прибрежной зоны. Оптимальная глубина распространения зарослей второгодней сахарины курильской — 7,4 м в диапазоне 2–13 м. Первогодние растения, в основном, образуют заросли на глубинах 2–17 м, оптимальная глубина составляет 8,5 м.

Первогодние растения встречаются на всех глубинах, но под пологом крупных второгодних слоевищ их развитие замедляется, в связи с недостатком света и слабой гидродинамикой, из-за чего к растениям не поступает достаточно питательных веществ и не происходит оттока метаболитов. Более подходящие условия для развития молодых спорофитов и, соответственно, наибольшие по площади и плотности заросли первогодних растений наблюдаются на периферии пояса ламинариевых водорослей на глубине. Здесь второгодние растения растут разреженно, поэтому молодые спорофиты получают достаточно света и питательных веществ для своего развития. Данное распределение необходимо учитывать при промысле, выбирая участки с глубинами 1–6 м.

Оценка распределения биомассы доминирующих видов бурых водорослей на различных участках показала, что наиболее продуктивным следует считать участок островов Малой Курильской гряды к югу от о. Шикотан. Величина оцененных здесь запасов доминирующих видов бурых водорослей составила 924,3 тыс. т, что более чем на порядок выше, чем запасы тех же видов на других участках. Такое высокое значение общей биомассы определяется наличием обширного мелководья, увеличивающем общую площадь зарослей, благоприятными температурным, гидродинамическим и гидрохимическим режимами и подходящим субстратом для оптимального закрепления водорослей. Минимальный уровень запасов определен для прибрежной зоны о. Шикотан, которая характеризуется специфическим гидродинамическим режимом и резким свалом глубин, уменьшающим ширину пояса водорослей до нескольких метров.

Ресурсы промысловых и потенциально промысловых бурых водорослей в акватории российского Дальнего Востока оцениваются в 25–28 млн. т (Суховеева, Подкорытова, 2006), из них на долю ламинариевых приходится 16–18 млн. т. Оцененный запас перспективных для эксплуатации ламинариевых водорослей южных Курильских островов составляет около 8% всех дальневосточных ресурсов, что, несомненно, свидетельствует о промысловой значимости данного района.

В общей биомассе ламинариевых водорослей южных Курильских островов несомненно доминируют виды рода *Saccharina* (рис. 2). Максимальный запас определен для основного промыслового вида — *S. japonica* — 426,1 тыс. т.

Для регулирования промысла традиционно применяется ОДУ (общий допустимый улов). До 1984 г. объем возможного вылова ламинариевых водорослей у южных Курильских островов определялся в размере 80–90% от промыслового запаса для промысловых видов и 30% для малоизученных видов водорослей (Сарочан, 1969). С 1984 г. возможное изъятие составляло: 80% в моновидовых и 40% в смешанных зарослях. В 1987 г. ОДУ был снижен до 40% для сахарины японской и курильской и 25% для сахарины суженной. Основной причиной этого явился бесконтрольный массовый браконьерский промысел бурых водорослей неапробированными орудиями лова, который проводился на Сахалине и южных Курильских островах с нарушениями как сроков промысла, так и применяемых орудий и участков добычи. В настоящее время на основании многолетних исследований установлен ОДУ в размере 40% от промысловых запасов для ламинариевых водорослей с двухлетним жизненным циклом и 25% для водорослей с трехлетним циклом.

Объем возможного изъятия промысловых видов водорослей в прибрежье южных Курильских островов варьирует по годам и по данным 2009 г. ориентировочно оценен в 183,3 тыс. т.

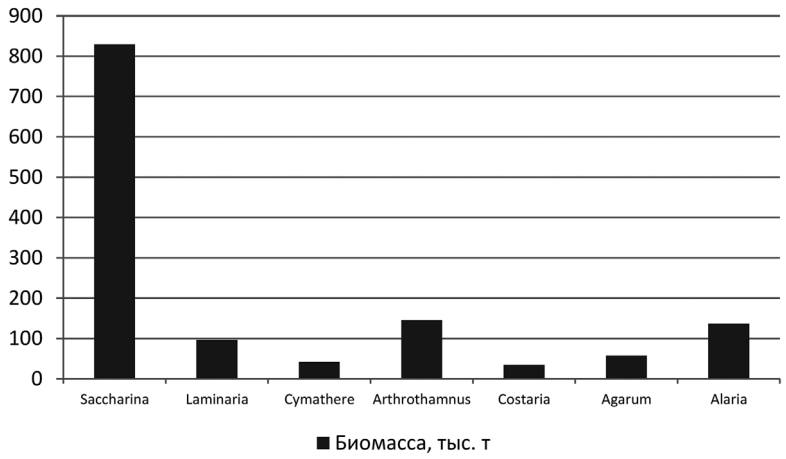


Рис. 2. Общая биомасса промысловых и перспективных для промысла родов ламинариевых водорослей в прибрежье южных Курильских островов

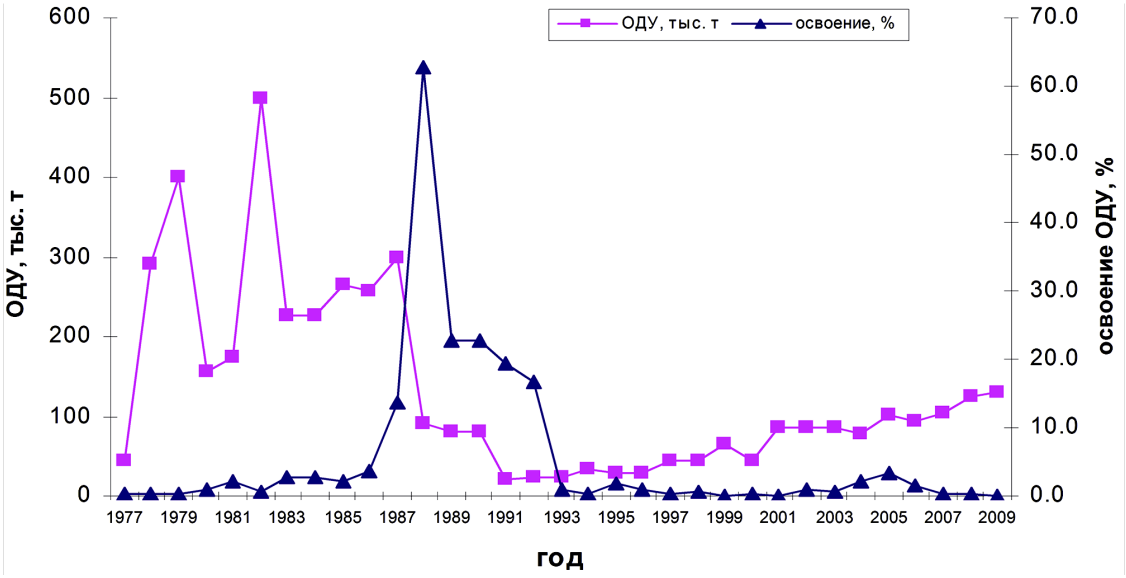


Рис. 3. Динамика рекомендованного общего допустимого улова (ОДУ) ламинариевых водорослей и его освоения у южных Курильских островов

В 1970-е годы основным участком промысла ламинариевых водорослей в прибрежье южных Курильских островов были острова Малой Курильской гряды к югу от о. Шикотан. Здесь к промыслу рекомендовалось 20–25 тыс. т ламинариевых водорослей из смешанных зарослей. Из этого объема более 90% предлагалось осваивать в прибрежной зоне о. Зеленый. В этот период ежегодный вылов был невелик, и в среднем составлял менее 1 тыс. т (рис. 3).

В 1978 г. общий допустимый улов (ОДУ) ламинариевых водорослей у островов Малой Курильской гряды был увеличен до 290 тыс. т из расчета 90% от промыслового запаса. В 1982 г. был предложен максимальный ОДУ — 500 тыс. т. С начала 1980-х годов вылов ламинариевых водорослей увеличился до 3,6 тыс. т, добытых в большей степени в прибрежье о. Зеленый. В 1984 г. вылов составлял 6 тыс. т, а в 1986 г. — уже 9,2 тыс. т. Несмотря на это, до 1987 г. промысел не оказывал заметного влияния на величину ресурсов ламинариевых водорослей, поскольку освоение ОДУ не превышало 4%.

В конце 1980-х годов был разработан фиктен. Промысел фиктенами осуществлялся в период 1987–1992 гг. В 1988 г. был отмечен максимальный вылов за всю историю советского промысла ламинариевых водорослей у островов Малой Курильской гряды — 56,5 тыс. т (освоение ОДУ– 62,8%).

В 1989 г. прогнозируемый ОДУ был снижен до 80 тыс. т, а общий вылов уменьшился до 18,1 тыс. т. Было отмечено снижение запасов на всех участках. В прибрежье о. Зеленый — основного промыслового района — отмечено значительное снижение общего запаса с 120 тыс. т в 1988 г. до 90 тыс. т в 1989 г. По этой причине в 1990 г. был введен запрет на промысел ламинариевых водорослей у островов Малой Курильской гряды. Результаты исследований 1990 г. показали дальнейшее снижение запасов до 40 тыс. т у о. Зеленый и 88,8 тыс. т в целом по всей прибрежной зоне островов (Евсеева, 1992).

В среднем за период применения фиктенов в 1987–1992 гг. ежегодное освоение ОДУ составило 26,3% (13,5–62,8), при этом запасы ламинариевых водорослей в прибрежье островов Малой Курильской гряды за тот же период снизились на 89,5% (с 446,0 тыс. т в 1986 г. до 46,7 тыс. т в 1992 г.).

С 1993 г. по 1999 г. среднегодовой вылов не превышал 0,2 тыс. т (освоение 0,7%). В период с 2000 по 2007 гг. вылов начал увеличиваться до 1 тыс. т (1,1%), максимально достигая 3,5 тыс. т в 2005 г.

Результатом промысла фиктенами явилось не только снижение величины общего запаса промысловых ламинариевых водорослей, но и разрушение структуры зарослей в прибрежной зоне островов Малой Курильской гряды. Процесс восстановления зарослей продолжался 14 лет (Евсеева, 2009). Поэтому недопустимо применение на промысле подобных орудий лова, влияющих на структуру зарослей и подрывающих запасы ламинариевых водорослей. Для добычи водорослей рекомендуется использовать традиционные орудия лова, не оказывающие столь разрушительного воздействия.

По данным японского промысла ламинарии суженной на банке Опасной (из архива СахНИРО 1964–1995 гг.) средний улов на одну канзу составляет 122 кг/час, за сутки — от 1,5 до 1,9 т (продолжитель-

ность работы не превышает 4–5 часов). Средний улов при водолазном промысле составляет 2 т/сутки на одного человека, максимально может достигать 5 т (Суховеева, Подкорытова, 2006).

Проанализировав историю промысла ламинариевых водорослей в прибрежье южных Курильских островов, объем выделяемых квот, их ежегодное освоение и процесс промысла в других странах, предлагаем регулировать промысел исключительно сроками добычи и количеством промысловых единиц.

Количество добывающих единиц должно определяться на каждом конкретном участке с учетом состояния ресурсов, площади зарослей и средней удельной биомассы поселений водорослей. Например, в прибрежной зоне о. Зеленый на глубинах 1–6 м сосредоточено примерно 61000 т ламинарии японской. В установленные сроки промысла при условии работы в течение 90 судосуток и среднем вылове 1,5 т/единицу, максимальное количество добывающих мотоботов не должно превышать 460 единиц.

Для успешного прогнозирования запасов промысловых водорослей необходимо регулярное проведение водолазного обследования прибрежной зоны, позволяющее оперативно отмечать все изменения в структуре зарослей и состоянии ресурсов промысловых водорослей. Водолазное обследование должно проводиться по всей мелководной зоне на глубинах 0–25 м для картирования прибрежных фитоценозов, частью которых являются и промысловые виды. При организации промысла ламинариевых водорослей у южных Курильских островов необходимо учитывать следующее:

1. Регулировать промысел возможно сроками добычи и количеством промысловых единиц, отказавшись от квотирования вылова ламинариевых водорослей. Расчет количества добывающих единиц должен проводиться ежегодно для каждого локального участка на основании состояния ресурсов и промысловых показателей зарослей. Контроль состояния ресурсов необходимо осуществлять ежегодно при проведении водолазных обследований прибрежной зоны.

2. Сроки, определенные для проведения промысла ламинариевых водорослей в районе южных Курильских островов (п. 13.13 и 36.14 «Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна» от 6 июля 2011 г.) с 1 мая по 30 сентября. Сроки промысла ламинариевых водорослей должны охватывать период от достижения максимальных линейных размеров (и, соответственно, массы растений) до периода массового спороношения. В районе южных Курильских островов этот период начинается с 1 июня (Евсеева, 2011). Перенос начала промысла на 1 мая, закрепленный в последнем варианте «Правил…», на наш взгляд, является необоснованным. Изменение сроков промысла в конкретный промысловый период может осуществляться на основании динамики температуры воды и биологического состояния водорослей на каждом конкретном участке и на один промысловый сезон.

3. Глубины добычи водорослей не должны превышать 10 м, оптимальными для промысла считаются глубины 1–6 м, где сосредоточены основные промысловые ресурсы.

4. Промысел ламинариевых водорослей возможно проводить канзами или при помощи водолазов. Использование драгирующих орудий лова, перепахивающих субстрат, недопустимо.

При промысле канзами необходимо отделение камней от ризоидов и возвращение камней обратно на участки промысла (очищение субстрата необходимо для оседания спор нового поколения, что весьма актуально с учетом распространения непригодного для водорослей песчаного грунта с глубоководных участков). Подобная процедура давно и активно осуществляется в Японии при промысле ламинариевых водорослей (Kawashima, 1993). При подрезании водорослей водолазами также необходима дальнейшая очистка субстрата от черешков и ризоидов (мелиорация), поскольку оставшиеся ризоиды сохраняют силу сцепления с субстратом довольно продолжительное время, а холодная вода препятствует быстрому разложению останков слоевища (Крупнова, 2009). Занятый ризодами субстрат становится недоступным для оседания спор и препятствует образованию нового урожая водорослей.

В «Правилах рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна», утвержденных 2 июля 2011 г. в п. 17.12 и 41 «г» из рекомендованных орудий лова указана только канза. Несмотря на это, мы считаем, что необходимо вернуть водолазный способ добычи водорослей в «Правила…» как селективный и щадящий.

Заключение

Проведенные исследования еще раз показали, что прибрежная зона южных Курильских островов является одним из продуктивных районов российского Дальнего Востока. Здесь отмечается как богатое видовое разнообразие ламинариевых водорослей, так и значительные сырьевые ресурсы для организации масштабного промысла. Общий запас промысловых и перспективных для промысла ламинариевых водорослей в прибрежье южных Курильских островов по оценкам 2009 г. составил 1341,5 тыс. т.

Однако при организации промысла необходимо опираться не только на биологические характеристики, но и на опыт добычи в предыдущие годы. Разработанные к настоящему времени принципы организации промысла в полной мере учитывают все ошибки прошлого и позволяют максимально эффективно эксплуатировать имеющиеся ресурсы.

Благодарности

Хочу выразить благодарность всем сотрудникам СахНИРО, принимавшим в разные годы участие в рейсах и береговых экспедициях, а также тем, кто помогал ценными советами и просто добрым словом. Особая благодарность – водолазам А. В. Чижову, Д. А. Белоногову, А. М. Мшару, А. А. Белянину — за качественный сбор материала и ответственное отношение к работе; экипажам всех судов, на которых проводились исследования и всем тем, кто оказывал любую посильную помощь в проведении работ. Низкий поклон ныне ушедшим моим учителям — Л.П. Перестенко (БИН) и В.Ф. Сарочан (СахНИРО).

Список литературы

Бухрякова Л.К., *Леванидов И.П.* 1969. Химический состав ламинариевых Сахалино-Курильского района // Раст. ресурсы. Т. V. Вып. 2. С. 183–187.

Вилкова О.Ю. Место России в мировой добыче морских водорослей // «Рыбпром». №3/2010. С. 4–8.

Гусарова И.С., *Семкин Б.И.* 1986. Сравнительный анализ флор макрофитов некоторых районов северной части Тихого океана с использованием теоретико-графовых методов // Ботанический журн. Т. 71. № 6. С. 781–789.

Евсеева Н.В. 1997. Состояние зарослей и ресурсы промысловых водорослей в прибрежье островов Малой Курильской гряды // Раст. ресурсы. Вып.4. С. 98–104.

Евсеева Н.В. 2007. Макрофитобентос прибрежной зоны южных Курильских островов // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Тр. СахНИРО. Т. 9. С. 125–145.

Евсеева Н.В. 2009. Макрофитобентос прибрежной зоны южных Курильских островов: состав, распределение и ресурсы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук Москва: ВНИРО. 22 с.

Евсеева Н.В. 2011. К вопросу о промысле бурых водорослей в прибрежной зоне южных Курильских островов // Вопр. рыболовства. Т. 12. №2 (46). С. 66–83.

Клочкова Н.Г. 1998. Водоросли-макрофиты дальневосточных морей России: Автореф. дис. … докт. биол. наук. Владивосток. 45 с.

Крупнова Т.Н. 2009. Возобновляемость полей ламинарии японской (*Laminaria japonica* Aresch.) после водолазного промысла // Изв. ТИНРО. Т. 159. С. 168–175.

Петров Ю.Е. 1974а. Обзорный ключ порядков Laminariales и Fucales морей СССР // Новости сист. низш. раст. Т. 11. С . 153–169.

Петров Ю.Е. 1974б. Распределение морских бентосных водорослей как результат влияния системы факторов // Ботанический журн. Т. 59. № 7. С. 955–966.

Петров Ю.Е. 1975. Ламинариевые и фукусовые водоросли морей СССР: Автореф. дис. … докт. биол. наук. Л.: БИН. 53 с.

Подкорытова А.В. 2005. Морские водоросли-макрофиты и травы. М.: ВНИРО, 175 с.

Сарочан В.Ф. 1969. Биология, экология, распределение и запасы ламинарии японской и некоторых других видов ламинарий у берегов Южного Сахалина и Малой Курильской гряды: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток. 26 с.

Селиванова О.Н., *Жигадлова Г.Г.*, *Хэнсен Г. И.* 2007. Пересмотр систематики водорослей порядка Laminariales (Phaeophyta) из дальневосточных морей России на основании молекулярно-генетических данных // Биол. моря. Т. 33. № 5. С. 329–340.

Суховеева М.В., *Подкорытова А.В.* 2006. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология. Владивосток: ТИНРО-центр, 243 с.

Чэпмен В. 1953. Морские водоросли и их использование. М.: Изд-во иностран. лит-ры, 248 с.

Щапова Т.Ф. 1948. Географическое распространение представителей порядка Laminariales в северной части Тихого океана // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. Т. 2. С. 89–138.

Guiry M.D. & Guiry G.M. 2012. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. http://www.algaebase.org.

Kawashima S. 1993. Laminariaceaen algae of Japan. Muroran, 230 p.

Lane C.E., *Mayes C.*, *Druehl L.D.*, *Saunders G.W.* 2006. A multi-gene molecular investigation of the kelp (Laminariales, *Phaeophyceae*) supports substantial taxonomic re-organization // Journal of Phycology. No. 42. P. 493–512.

Nagai M. 1940. Marine algae of the Kurile Islands. I // J. Fac. Agric. Hokkaido Imp. Univ. Vol. 46. Pt. 1. P. 1–137.

Okasaki A. 1971. Seaweeds and their uses in Japan. Tokio Univ. Press., 165 p.

Tseng C.K. 1983. Phycological Research in the development of Chinese seaweed industry // Abstr. of 11 Intern. Seaweed Symp. Qindao (China), P. 236.

УДК 597.553.2

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ КЕТЫ ЮГО-ВОСТОЧНОГО РАЙОНА КАМЧАТКИ

Заварина Л.О.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: zavarina.l.o@kamniro.ru

Введение

На Камчатке одним из основных районов воспроизводства кеты является восточное побережье полуострова, которое на основании особенностей геологического, геоморфологического строения, климатических и гидрологических характеристик подразделяется на 3 района: юго-восточный, восточный и северо-восточный (Крохин, 1965; Остроумов, 2005).

Юго-восточное побережье Камчатки от р. Три Сестры до бассейна р. Камчатка занимает площадь в 47 тыс. км^2 и является четвертым по рыбопродуктивности районом Камчатского полуострова. Его промысловая продуктивность составляет 1045 кг/км^2, а общая 1715 кг/км^2 (Остроумов, 2005). Промысловая продуктивность меньше в 1,6 раза общей и ее доля составляет 61% что, выше среднемноголетней интенсивности промысла (44%).

По своему рыбохозяйственному значению юго-восточное побережье Камчатки относится к кетово-кижучево-горбушевому (Остроумов, 2005).

Целью настоящей работы является выявление основных закономерностей динамики численности кеты юго-восточной Камчатки. Для этого необходимо оценить изменения численности нерестовых подходов и выявить факторы, оказывающие влияние на численность поколений кеты юго-восточной Камчатки.

Материал и методика

В работе использована статистика прибрежного вылова тихоокеанских лососей юго-восточного побережья Камчатки с 1934 по 2011 г., материалы авиаучетов на нерестилищах с 1957 г. и по настоящее время. Численность нерестовых подходов определяли суммированием данных статистики прибрежного вылова и авиаучета количества производителей на нерестилищах. Численность поколений оценивали по суммарной величине возврата особей данных поколений в разные годы. Долю и численность рыб разных поколений в нерестовых подходах определяли по средневзвешенному возрастному составу кеты в береговых уловах. Кратность воспроизводства определяли как частное от деления численности дочернего поколения (R) и количества отнерестившихся родителей (E):

$$\text{Крат}_{\text{воспр}} = R/E.$$

Статистическая обработка проведена с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

За период с 1934 по 2011 гг. минимальная и максимальная величина уловов кеты юго-восточной Камчатки различалась 1980 раз. Максимальный вылов достигал 0,792 тыс. т в 2008 г., минимальный — 0,0004 тыс. т в 1964 г. (рис. 1).

До 1952 г. добыча кеты на юго-восточном побережье Камчатки в среднем составляла около 0,261 тыс. т, варьируя в пределах от 0,029 до 0,672 тыс. т. В последующие 20 лет (1953–1972 гг.) уловы кеты колебались от 0,0004 до 0,067 тыс. т, составляя в среднем 0,032 тыс. тонн. Начиная с 1973 г. вылов кеты в данном районе Камчатки постепенно увеличивается и достигает в среднем 0,279 тыс. т (0,031–0,792 тыс. т) (рис. 1).

В среднем с 1934 по 2011 гг. доля кеты юго-восточного побережья Камчатки составляет около 2,7% от общего объема вылова кеты на полуострове Камчатка и 4,5% от общего вылова на восточном побережье Камчатки. Анализ имеющихся данных показывает, что относительная численность кеты юго-восточной Камчатки была наибольшей в период 1934–1944 гг. (3 и 7,7%, соответственно), а также в последние 11 лет, когда доля вылова кеты юго-восточной Камчатки возросла до 4,3% от всей добычи кеты на Камчатке и до 7% — на восточном побережье Камчатки.

Следует отметить, что наблюдается примерно одинаковая тенденция вылова кеты на юго-востоке Камчатки с добычей ее на восточном побережье и на полуострове в целом (рис. 1).

Анализ вылова кеты юго-востока Камчатки по пятилетиям показывает, что максимальные уловы наблюдались в период 2006–2010 гг. и в 1936–1940 гг. (0,586 и 0,439 тыс. т, соответственно) (рис. 2).

В 1934–1935 и 1941–1945 гг. вылов в среднем составлял около 0,259 тыс. т. В последующие периоды наблюдается снижение добычи кеты, и минимальное значение уловов отмечено в 1961–1965 гг. (0,017 тыс. т). По всей видимости, возобновление промысла тихоокеанских лососей Японией в 1952 г. в открытом море более сильно отразилось на кете восточной Камчатки. В дальнейшем уловы кеты на юго-востоке Камчатки постепенно растут, достигая максимума в 2006–2010 гг. В 2011 г. вылов составил около 0,351 тыс. т (рис. 2, табл. 1).

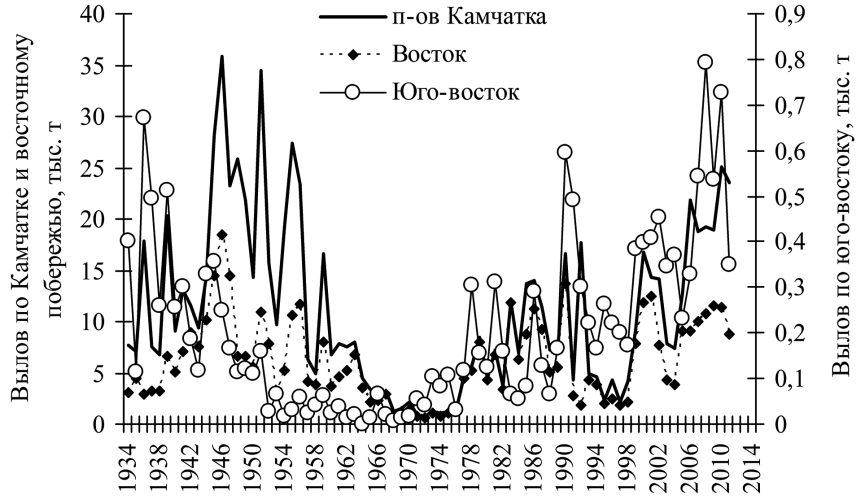


Рис. 1. Уловы кеты на Камчатке, на восточном побережье Камчатки, и на юго-востоке Камчатки, тыс. т

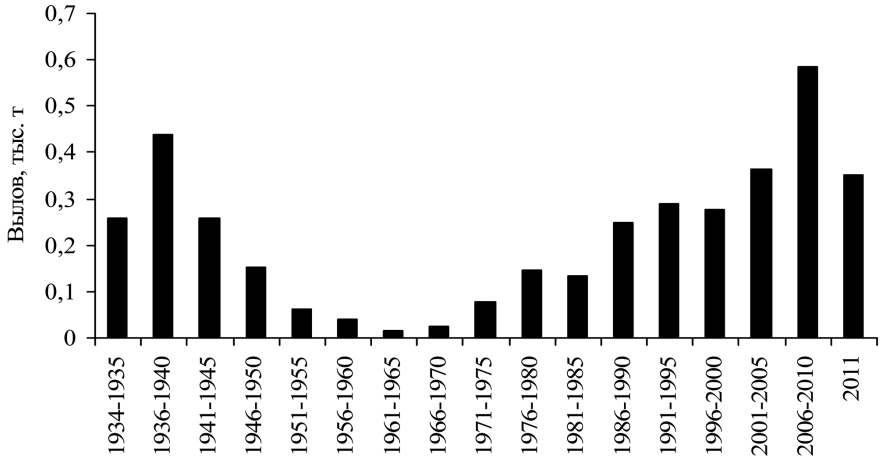


Рис. 2. Уловы кеты на юго-востоке Камчатки по пятилетиям, тыс. т

В целом в уловах на юго-восточном побережье Камчатки можно выделить три резко отличающихся периода: 1934–1951 гг. — высокие уловы (18 лет, 274 т в среднем), 1952–1972 гг. — низкие уловы (21 год, 32 т в среднем), 1973–2011 гг. — повышенные уловы (39 лет, 279 т в среднем) (рис. 1).

Процент изъятия (интенсивность промысла) кеты на юго-востоке Камчатки в среднем составляет 32% (1958–2011 гг.), а в отдельные годы достигает 65–78% (1958, 1975, 1978, 2008 и 2010 гг.). С начала 1990-х гг. интенсивность промысла неуклонно увеличивается и достигает максимальной величины в последние 5 лет (табл. 1, рис. 3).

Относительная численность кеты от вылова всех видов лососей на юго-восточном побережье Камчатки в среднем за период с 1990 по 2011 гг. изменяется от 9 (1997 г.) до 69% (2002 гг.) составляя в среднем около 32%.

Данные по численности производителей кеты на нерестилищах рек юго-восточного побережья Камчатки имеются с 1958 г. (рис. 4).

За период с 1957 по 2011 г. численность кеты на нерестилищах юго-восточного побережья Камчатки изменялась более чем в 132 раза (3,5 тыс. рыб в 1958 г. и 463 тыс. рыб в 1990 г.) (рис. 4). С падением

Таблица 1. Средние уловы, интенсивность промысла, пропуск производителей на нерестилища и подходы кеты на юго-восточном побережье Камчатки по пятилетиям

Годы	Улов, тыс. т	Улов, тыс. экз.	Пропуск, тыс. экз.	Подходы, тыс. экз.	Изъятие, %
1934–1935	0,259	–	–	–	–
1936–1940	0,439	–	–	–	–
1941–1945	0,258	–	–	–	–
1946–1950	0,153	–	–	–	–
1951–1955	0,061	–	–	–	–
1956–1960	0,042	11,104	46,333	57,437	37,4
1961–1965	0,017	4,994	19,095	24,089	18,9
1966–1970	0,026	7,596	33,965	41,561	17,8
1971–1975	0,078	22,848	37,153	60,001	39,1
1976–1980	0,146	42,561	40,091	82,652	46,7
1981–1985	0,135	39,591	178,383	217,974	19,3
1986–1990	0,249	68,421	315,800	384,221	17,5
1991–1995	0,289	86,326	159,840	246,166	35,1
1996–2000	0,276	80,497	168,880	249,377	34,2
2001–2005	0,363	102,511	214,300	316,811	34,0
2006–2010	0,586	185,986	188,720	374,706	49,3
2011*	0,351	113,647	125,000	238,647	47,6

Примечание: 2011 г.* – экспертная оценка заполнения нерестилищ

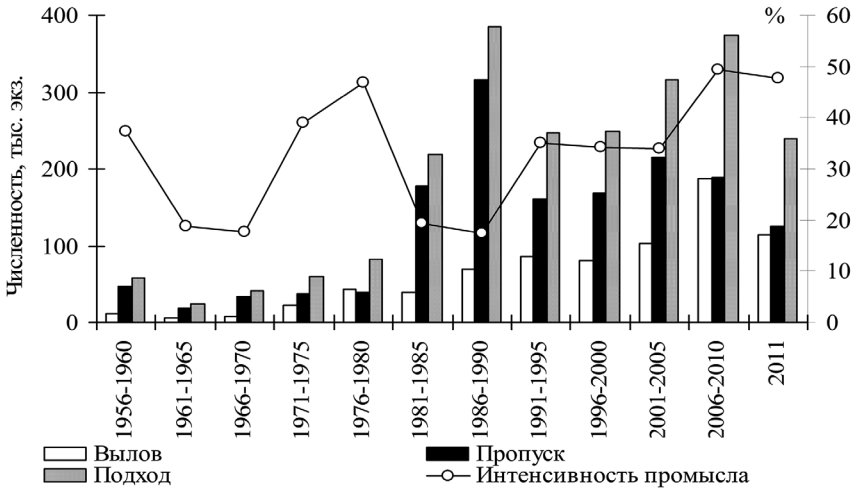


Рис. 3. Изменение численности нерестовых подходов, уловов, % изъятия и пропуска на нерестилища кеты на юго-востоке Камчатки

численности нерестовых подходов происходило и уменьшение количества производителей кеты на нерестилищах.

В конце 1950-х годов среднемноголетнее заполнение кетой нерестилищ составляло около 46 тыс. рыб. В начале 1960-х годов численность рыб на нерестилищах уменьшается до 19 тыс. экз., а затем увеличивается во второй половине 1960-х гг. до 34 тыс. особей (табл. 1, рис. 3). В 1970-е годы количество производителей составляет в среднем до 37–40 тыс. рыб. Последующие два 5-летия характеризуются ростом численности кеты на нерестилищах в среднем до 316 тыс. рыб (1986–1990 гг.). В 1991–2000 гг. количество производителей кеты на нерестилищах находилось на уровне 160–169 тыс. рыб. В 2001–2005 гг. и 2006–2010 гг. наблюдается снижение численности кеты на нерестилищах (табл. 1, рис. 3). По экспертной оценке в 2011 г. на нерест пропущено около 125 тыс. рыб. За период 1958–2011 гг. численность производителей кеты на нерестилищах юго-восточного побережья Камчатки составляет в среднем 130 тыс. рыб.

Низкая численность производителей кеты на нерестилищах всех рек юго-восточного побережья Камчатки отмечена с 1962 по 1980 г. (рис. 3, 4). В последующие годы количество учтенных производителей постепенно увеличивается и достигает наибольших величин в конце 1980-х годов.

Для всего юго-восточного побережья Камчатки характерно расширенное воспроизводство, однако в ряде лет (1987, 1988, 1990, 1991, 1998, 2000 гг. – 6 лет из 24) численность дочерних поколений ниже численности родителей (рис. 5).

Зависимость «родители-потомство» для кеты юго-восточного побережья Камчатки имеет отрицательную направленность как при разной численности производителей (до 300 тыс. рыб и более 300 тыс. экз.)

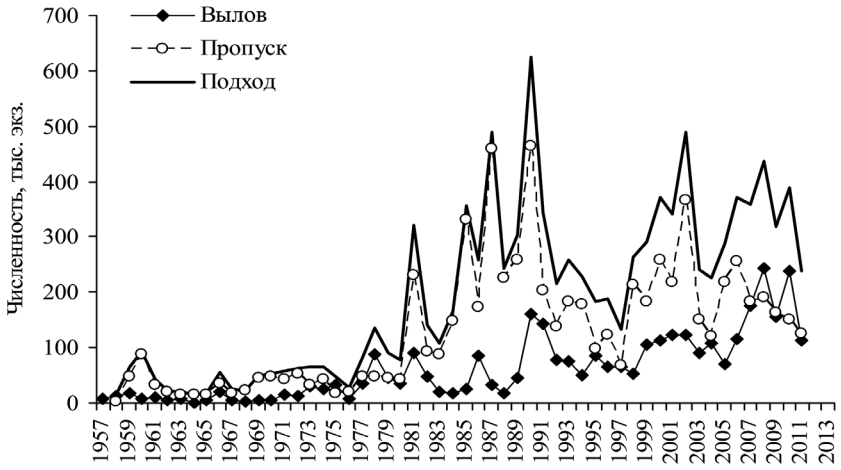


Рис. 4. Численность кеты в уловах, на нерестилищах и в нерестовых подходах на юго-восточном побережье Камчатки, тыс. экз.

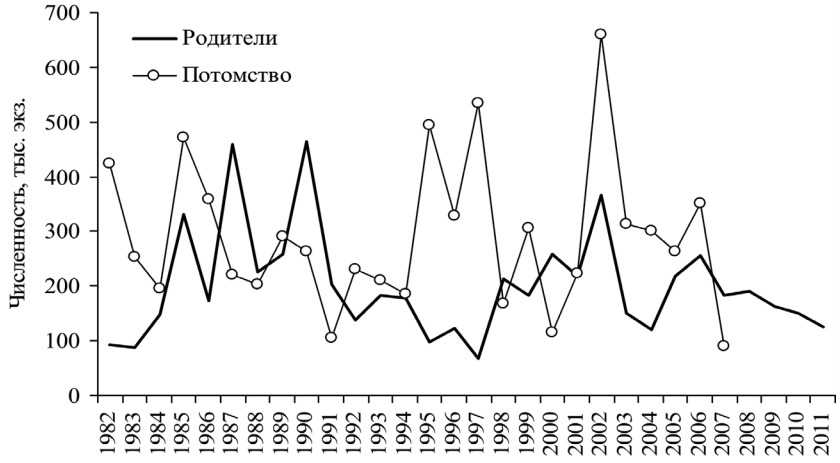


Рис. 5. Численность родителей и численность потомства кеты юго-восточного побережья Камчатки.
Примечание: Численность поколения 1982 г. представлена только рыбами возраста 4+ и 5+, численность поколения 2006 г. представлена без рыб возраста 5+; численность поколения 2007 г. — без рыб возраста 4+ и 5+

(рис. 6), так и для четных и нечетных лет воспроизводства. В нечетные годы воспроизводства связь «родители-потомство» более выражена r = - 0,65. Вероятно, что в формировании численности дочерних поколений кеты значительную роль играет не только численность производителей, но и другие факторы.

Показатель кратности воспроизводства у кеты юго-востока Камчатки, как и в других районах (Николаева, 1988; Заварина, 2008, 2010), очень изменчив.

Для юго-восточного побережья Камчатки кратность воспроизводства находятся в пределах 0,45–7,91 и различается в 14 раз (рис. 7). Максимальная кратность воспроизводства кеты была в 1997 г. (7,91), несколько ниже в 1995 г. (5,07) и 1982 г. (4,52). Минимальная кратность воспроизводства отмечена в 1987, 1990, 1991 и 2000 гг. (0,45–0,57) (рис. 7). По имеющимся данным, кратность воспроизводства в среднем за 1982–2006 гг. составила 1,90. С 1994 по 2000 г. наблюдается двухлетняя цикличность кратности воспроизводства с более высокими значениями в нечетные годы.

На юго-восточном побережье Камчатки нет четкого чередования низких и высоких заходов горбуши на нерестилища. Ее численность была выше в 1987, 1989, 1994, 1997, 1999, 2003, 2005 и 2011 гг. (рис. 8). Наблюдается увеличение численности кеты на нерестилищах в годы более низких заходов горбуши.

Был проведен анализ зависимости кратности воспроизводства кеты от общей биомассы отнерестившейся горбуши и кеты с 1984 г., который показал снижение кратности воспроизводства кеты с увеличением биомассы органических веществ от нереста лососей (рис. 9).

Аналогичные тенденции выявлены отдельно для четных и нечетных лет нереста.

Характер колебаний нерестовых подходов кеты обусловлен динамикой урожайности и темпом созревания поколений. Поколения как повышенной, так и пониженной численности, формируются преимущественно с 2-х и 4-х летней периодичностью, которая нарушается в отдельные годы.

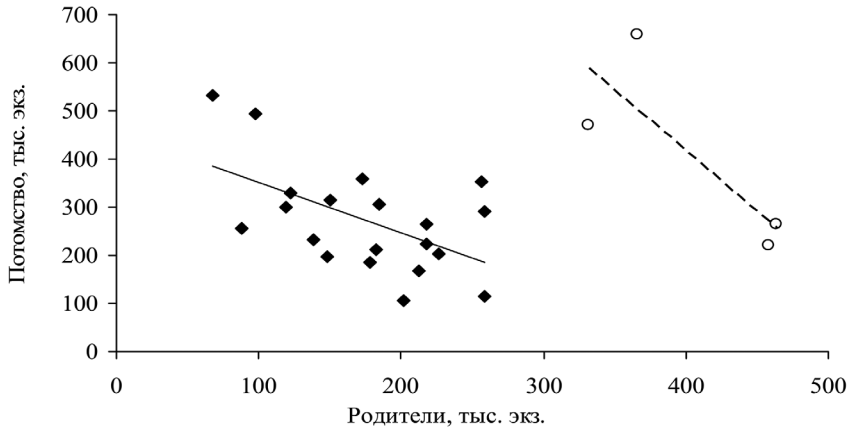


Рис. 6. Соотношение между численностью отнерестившихся родителей и потомством кеты юго-восточного побережья Камчатки.
Примечание: Черные точки, черная линия — 1984–2006 гг.; белые точки, пунктирная линия — 1985, 1987, 1990 и 2000 гг., когда численность родителей была более 300 тыс. экз.

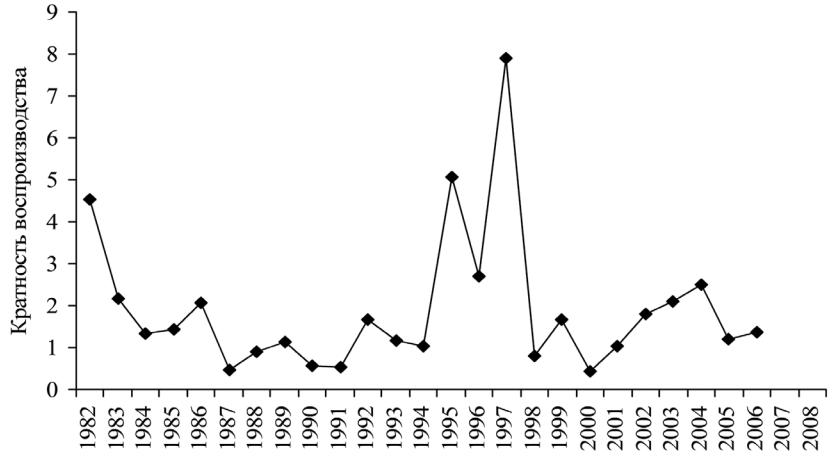


Рис. 7. Кратность воспроизводства кеты юго-восточного побережья Камчатки.
Примечание: Кратность 1982 г. представлена только для рыб возраста 4+ и 5+; кратность 2006 г. — без рыб возраста 5+

Численность дочерних поколений кеты юго-восточного побережья Камчатки варьирует в пределах 105–660 тыс. рыб (1991 и 2002 гг.), составляя за период 1982–2006 гг. в среднем 299 тыс. особей (рис. 10).

С 1984 по 1991 г. наблюдается 4-х летняя цикличность урожайности поколений, которая впоследствии нарушается и с 1994 по 2001 г. прослеживается 2-летняя цикличность и в последующие годы

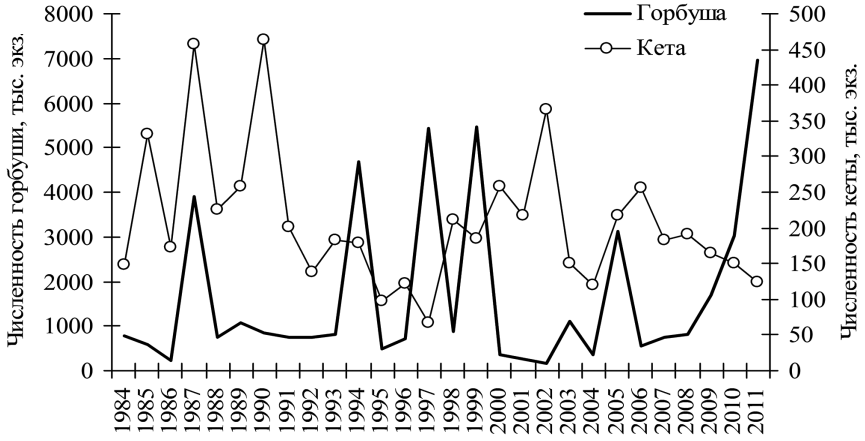


Рис. 8. Численность горбуши и кеты на нерестилищах юго-восточной Камчатки, тыс. экз.

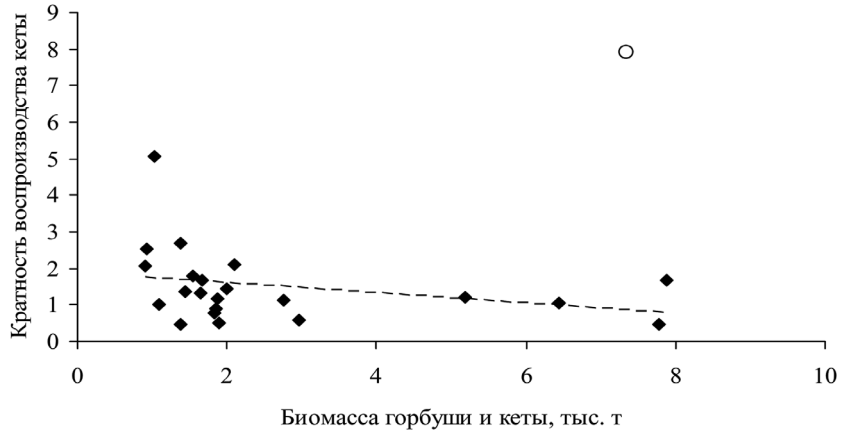


Рис. 9. Зависимость кратности воспроизводства кеты от общей биомассы производителей горбуши и кеты на нерестилищах юго-восточного побережья Камчатки.
Примечание: белая точка — 1997 г. (биомасса 7,35 тыс. т, кратность — 7,91)

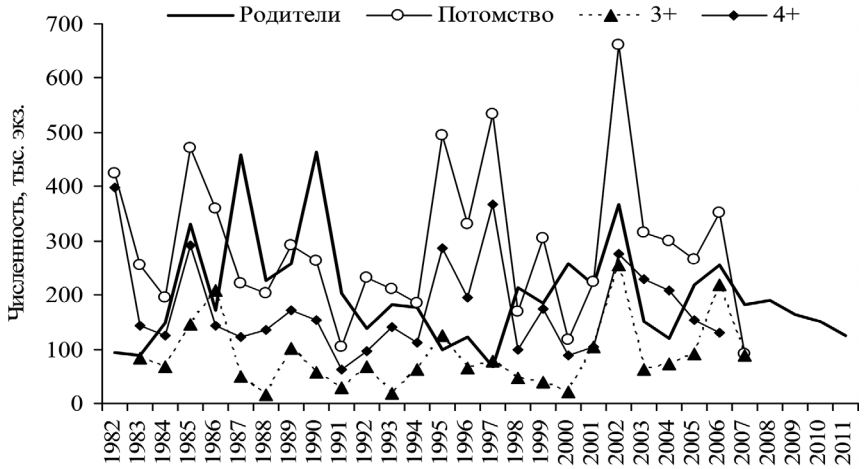


Рис. 10. Численность отнерестившейся кеты, общая численность ее потомства и численность потомства в возрасте 3+ и 4+ на юго-восточном побережье Камчатки.
Примечание: численность потомства 2006 г. представлено без рыб возраста 5+, потомство 2007 г. — без рыб возраста 4+ и 5+

цикличность отсутствует (рис. 10). В большинстве лет преобладают рыбы возраста 4+. Доминирование кеты возраста 3+ отмечено в 1986 и 2006 гг. В поколении 2001 г. численность кеты в возрасте 3+ и 4+ находится на одинаковом уровне и составляет около 104 тыс. экз. Поколение от 2002 г. нереста с максимальной урожайностью в 660 тыс. особей также представлено практически равнозначной численностью рыб возраста 3+ и 4+ с незначительным преобладанием последних (рис. 10).

Как нами было показано выше, на кратность воспроизводства кеты юго-восточного побережья Камчатки оказывает влияние величина пропуска горбуши на нерестилища этого района и в частности биомасса органических веществ от нереста горбуши и кеты. Наблюдается тенденция снижения кратности воспроизводства кеты с увеличением биомассы органических веществ.

С середины 1990-х годов происходит резкое увеличение количества горбуши на нерестилищах. Ее наиболее высокая численность на нерестилищах наблюдается в 1987, 1994, 1997, 1999 и 2005 гг. (рис. 11). Однако четкой цикличности не прослеживается, постоянно происходит ее нарушение. Наблюдается тенденция увеличения урожайности поколений кеты с уменьшением числа производителей горбуши на нерестилищах (рис. 11).

При количестве отнерестовавшей горбуши до 1 млн. особей отмечена направленность уменьшения численности поколений кеты. При численности горбуши более 3–5 млн. взаимосвязь между ее количеством и численностью поколений кеты не прослеживается (рис. 12).

Анализ зависимости численности поколений кеты от общей биомассы органических веществ показывает также тенденцию снижения численности поколений кеты от увеличения общей биомассы органических веществ (рис. 13).

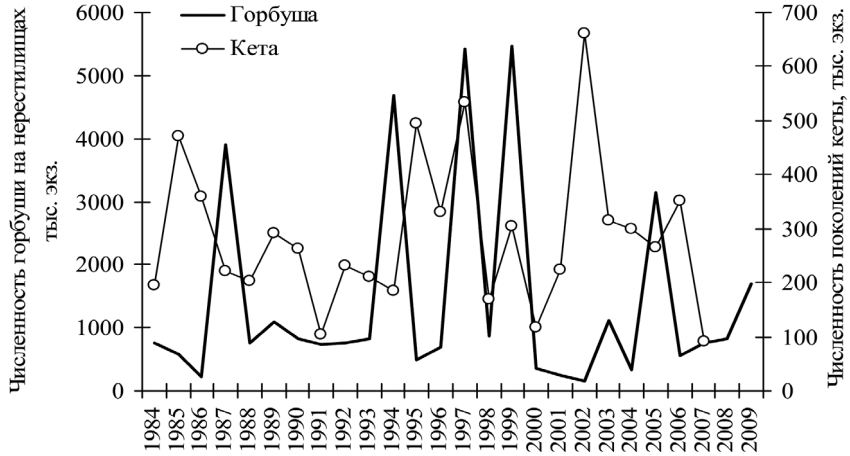


Рис. 11. Численность горбуши на нерестилищах и численность поколений кеты тех же лет нереста (тыс. экз.) на юго-восточном побережье Камчатки

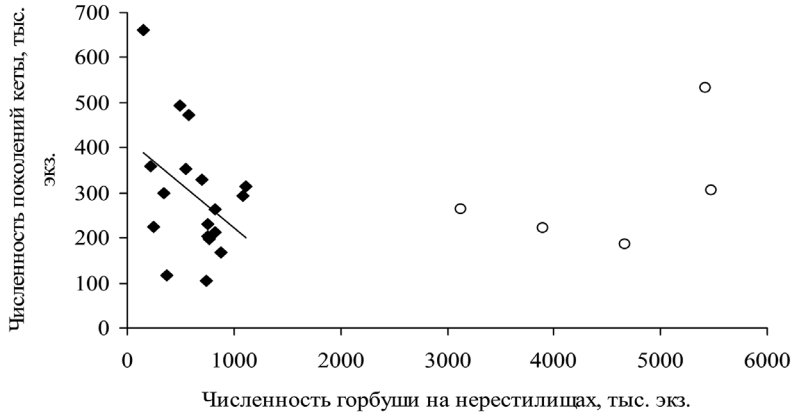


Рис. 12. Зависимость численности поколений кеты от численности производителей горбуши на нерестилищах юго-восточного побережья Камчатки.
Примечание: черные точки — численность горбуши до 1 млн, белые точки — численность горбуши более 3 млн рыб на нерестилищах

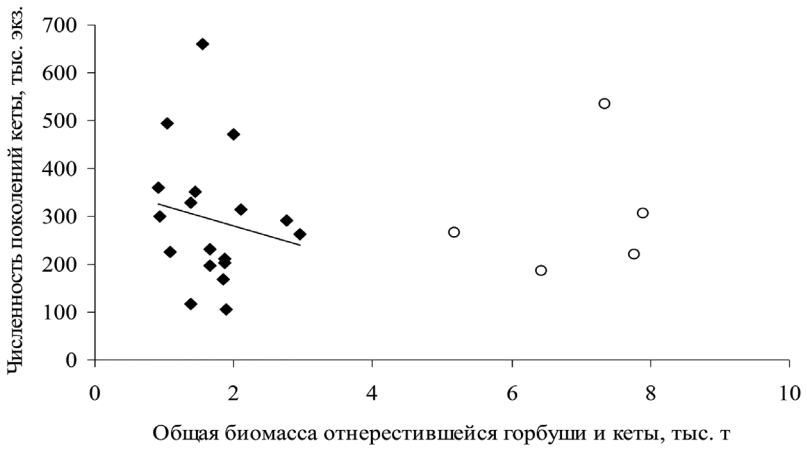


Рис. 13. Зависимость численности поколений кеты от общей биомассы отнерестившейся горбуши и кеты на юго-восточном побережье Камчатки
Примечание: Черные точки, черная линия — биомасса не более 3000 т; белые точки — биомасса более 5000 т

Таким образом, на юго-восточном побережье Камчатки можно говорить об отрицательном влиянии горбуши на численность поколений кеты этого района, тогда как в других районах воспроизводства (северо-восточное и западное побережья Камчатки) это влияние положительное. Площадь нерестилищ горбуши (в среднем 508,814 га) больше нерестовых участков кеты (в среднем 440,05 га) в данном районе Камчатки (Остроумов, 1981, 1984). Снижение эффективности воспроизводства кеты при максимальных заходах горбуши, по нашему мнению, связано с заполнением производителями горбуши всего нерестового фонда, сосредоточенного главным образом в притоках. Возможно, это отрицательно сказывается как на воспроизводстве самой горбуши, так и при растянутых при таких больших заходах сроках ее нереста на эффективность воспроизводства кеты, частично вытесняемой горбушей с нерестилищ (Шевляков, Заварина, 2004 а, б). Подобный эффект был отмечен и в более ранних исследованиях (Крохин, Крогиус, 1937). Кроме того, избыток органических веществ в воде обусловливает значительный расход кислорода на окислительные процессы, что может негативно сказываться на кислородном режиме в нерестовых буграх.

Заключение

Запасы кеты в юго-восточном районе Камчатки в период с 1934 до 2011 гг. значительно менялись. Кета этого района воспроизводства испытывала воздействие климатических факторов, японского морского промысла. Минимальное значение уловов отмечено в 1961-1965 гг. (0,017 тыс. т), максимальные уловы наблюдались в период 1936-1940 гг. и 2006-2010 гг. (0,439 и 0,586 тыс. т, соответственно). Помимо этого, на численность подходов оказал влияние высокий уровень эксплуатации отечественного промысла, а в последнее время и нелегального браконьерского. Тем не менее, в настоящее время при наблюдаемом росте уловов заполнение нерестилищ в последние 5 лет несколько понизилось, но находится выше среднемноголетнего уровня.

Характер колебаний нерестовых подходов кеты обусловлен динамикой урожайности и темпом созревания поколений. Поколения как повышенной, так и пониженной численности, формируются преимущественно с 2-х и 4-х летней периодичностью, которая нарушается в отдельные годы. В нерестовых подходах кеты юго-востока Камчатки в большинстве лет преобладают рыбы возраста 4+. Доминирование особей возраста 3+ отмечено в 1986 и 2006 гг. В поколениях 2001 и 2002 гг. численность кеты в возрасте 3+ и 4+ находится примерно на одинаковом уровне.

Значения показателя кратности воспроизводства кеты юго-восточного побережья Камчатки различается в 17 раз варьируя от 0,45-7,91. На его величину оказывает влияние общая биомасса органических веществ на нерестилищах после нереста кеты и горбуши. Наблюдается снижение кратности воспроизводства кеты с увеличением общей биомассы органических веществ от нереста лососей. Аналогичные тенденции выявлены отдельно для четных и нечетных лет нереста.

Наблюдается тенденция увеличения урожайности поколений кеты с уменьшением числа производителей горбуши на нерестилищах. Анализ зависимости численности поколений кеты от общей био-

массы органических веществ показывает тенденцию снижения численности дочерних поколений кеты от увеличения общей биомассы органических веществ. Таким образом, на юго-восточном побережье Камчатки можно говорить об отрицательном влиянии горбуши на численность поколений кеты этого района.

Список литературы

Заварина Л.О. 2008. Особенности воспроизводства кеты (Oncorhynchus keta) северо-восточного побережья Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 11. С. 57–71.

Заварина Л.О. 2010. О динамике биологических показателей и тенденциях изменения численности кеты (Oncorhynchus keta) р. Большая (Юго-Западная Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 18. С. 38–57.

Крохин Е.М., Крогиус Ф.И. 1937. Очерк бассейна р. Большой и нерестилищ лососевых, расположенных в нем // Изв. Тихоок. н.-и. ин-та рыбн. хоз-ва и океанографии. Т.9. С. 25-38.

Крохин Е.М. 1965. Реки Камчатки и их значение в воспроизводстве лососей // Вопр. геогр. Камчатки. Вып. 3. С. 17–24.

Николаева Е.Т. 1988. Закономерности динамики численности кеты Oncorhynchus keta (Walbaum) бассейна р. Камчатки // Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток. 26 с.

Остроумов А.Г. 1981. Нерестовый фонд лососей Юго-Восточной Камчатки (от р. Горбуша до р. Авача) // Отчет КоТИНРО. Петропавловск-Камчатский. 80 с.

Остроумов А.Г. 1984. Нерестовый фонд лососей Юго-Восточной Камчатки (от р. Авача до р. Три Сестры) // Отчет КоТИНРО. Петропавловск-Камчатский. 67 с.

Остроумов А.Г. 2005. Максимальная промысловая и общая рыбопродуктивность внутренних водоемов Камчатской области // Вопр. геогр. Камчатки. Вып. 11. С. 40–43.

Шевляков Е.А., Заварина Л.О. 2004 а. Закономерности динамики численности кеты западной Камчатки // Тез. докл. IX Всероссийской конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. 19–21 октября 2004 г. Мурманск: ПИНРО. С. 141–143.

Шевляков Е.А., Заварина Л.О. 2004 б. Об особенностях динамики численности и методиках прогнозирования запасов кеты Западной Камчатки // Сб. науч. тр. Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский. Вып. 7. С. 181–186.

УДК 574.584

СТРУКТУРА НЕКТОНА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОД ТИХОГО ОКЕАНА

Иванов О. А.

ФГУП «ТИНРО-центр», Владивосток
Контактный e-mail: koval.m.v@kamniro.ru

Введение

Управление и рациональное использование морских биоресурсов находятся в непосредственной связи с уровнем изученности сообществ и экосистем, в состав которых входят объекты промысла или марикультуры. Это во многом экологические проблемы, но их решение пока остается иллюзорным (Шунтов, 2004). С начала 1980-х гг. ТИНРО-центр приступил к планомерным экосистемным исследованиям морских биологических ресурсов дальневосточных морей и сопредельных вод Тихого океана. Основной акцент этих исследований был осознанно смещен в сторону изучения макроэкосистем, поскольку полностью охватить все элементы совокупностей биоты более низкого ранга усилиями 2–3 лаборато-

рий прикладного рыбохозяйственного института невозможно, тем более при столь обширной акватории исследований. Кроме нектонного и нектобентосного компонентов макроэкосистем в исследования были включены мезо- и макропланктонные, мезо- и макробентосные компоненты (Бочаров, Шунтов, 2004). Хотя экосистемный подход и является очень трудоемким (в силу сложной и многоуровневой организации сообществ, биоценозов и экосистем), но, тем не менее, достойной альтернативы ему не существует, поскольку качественное управление биоресурсами не возможно без детального представления об отношениях и связях морских организмов внутри сообществ и экосистем.

Основополагающей задачей при изучении сообществ и экосистем является описание и анализ структуры системы. По характеру связей между элементами в экологических системах выделяют видовую, размерную, трофическую и пространственную структуры. Каждая из этих структур отражает распределение вещества (общая биомасса системы) между элементами в определенных пространственно-временных координатах. Именно знание структуры сообществ и количественных взаимосвязей их компонентов и должно дать конкретные исходные данные для направленных действий с целью управления биологическими ресурсами (Шунтов, 2004).

Предметом настоящего исследования является видовая структура нектона (распределение общей биомассы нектона между видами) дальневосточных морей и сопредельных вод Тихого океана. Без этого исследования нельзя продвинуться дальше в изучении размерной, пространственной, трофической структуры сообщества.

Материал и методика

Данное исследование базируется на материалах 266 комплексных экспедиций ТИНРО-центра, проведенных с 1980 по 2009 г. в Японском, Охотском и Беринговом морях и сопредельных водах Тихого океана. Видовой состав нектона и относительная биомасса каждого из видов определялись по данным 20713 траловых уловов. Основная часть этих уловов (80%) пришлась на слой эпипелагиали (0–200 м). Остальная часть тралений пришлась на слой пелагиали от 200 до 1000 м. В верхнем слое эпипелагиали (0–70 м) было выполнено 55% тралений. Названия таксонов головоногих моллюсков изложены согласно К.Н. Несису (1982), с дополнениями по Свини и Роперу (Sweeney, Roper, 1998) и О.Н. Катугину (Катугин, 2004). Высшие таксоны рыб и рыбообразных соответствуют системе Нельсона (Nelson, 2006), а их видовые названия приводятся по Эшмайеру (Eschmeyer, 1998) с учетом последних on-line обновлений. Все приведенные числовые значения обилия конкретных видов или групп видов приводятся с учетом коэффициентов уловистости. Подробнее методика сбора материала в море и анализа данных приводятся в ряде работ (Иванов, Суханов, 2002; Нектон…, 2003, 2004, 2005, 2006; Суханов, Иванов, 2009).

Результаты и обсуждение

Таксономическое разнообразие

Встреченные в траловых уловах виды нектона представляют 4 класса морских организмов: головоногих моллюсков (Cephalopoda), миног (Petromyzontida), хрящевых и костных рыб (Chondrichthyes и Actinopterigii). Развернутая характеристика видового состава нектона по каждому из дальневосточных морей и сопредельных вод Тихого океана доступна в литературных источниках (Иванов, Суханов, 2008, 2010, 2012, в печати). Поэтому ниже остановимся лишь на некоторых сравнительных аспектах таксономического разнообразия нектона.

По результатам пелагических траловых ловов (период 1980-2009 гг.), в большинстве своем произведенных в слое эпипелагиали, в общий список видов нектона дальневосточных морей и сопредельных вод Тихого океана было включено 493 вида. Из них — 43 вида головоногих моллюсков, 2 вида миног, 15 видов хрящевых и 433 вида костных рыб. По числу видов нектона класс костных рыб не имеет себе равных, его доля составила 88%.

В таблице 1 подытожены данные о таксономическом разнообразии нектона дальневосточных морей и сопредельных вод Тихого океана. В целом по числу таксонов явно лидирует район прикурильских и прикамчатских вод Тихого океана. Далее по рангу убывания следует Охотское море, западная часть Берингова и северо-западная часть Японского морей. Та же тенденция сохраняется и при рассмотрении таксономического разнообразия внутри классов (за исключением миног) и при выявлении региона с наибольшим видовым богатством. Качественное сравнение видового состава нектона показало, что наибольшим фаунистическим сходством обладают Охотское и западная часть Берингова моря, а наи-

меньшим — северо-западная часть Японского моря и тихоокеанские воды Камчатки и Курильских островов. Коэффициент сходства фаун (коэффициент Серенсена-Чекановского) в первом случае составил величину — 0,64, во втором — 0,35. Нужно отметить, что северо-западная часть Японского моря по этому сравнительному показателю стоит обособленно — во всех случаях сравнения коэффициент сходства фаун оказался невысок и лежал в пределах 0,35–0,41 (табл. 2).

Кроме приведенного показателя связи региональных фаун приведем еще несколько ординарных характеристик видового состава нектона. Из общего числа видов по всему району исследований (493) только 48 видов (9,7%) были отмечены в уловах в каждом из дальневосточных морей и сопредельных водах Тихого океана. В этот небольшой список (*Acanthopsetta nadeshnyi*, ***Ammodytes hexapterus***, ***Anarhichas orientalis*** (молодь), ***Aptocyclus ventricosus***, *Bathyraja parmifera*, *Berryteuthis magister*, ***Blepsias bilobus***, *Careproctus rastrinus*, ***Clupea pallasii***, ***Cololabis saira***, *Eleginus gracilis*, ***Engraulis japonicus***, *Gadus macrocephalus*, ***Gasterosteus aculeatus***, ***Gonatopsis japonicus***, ***Gonatopsis octopedatus***, ***Gonatus madokai***, *Gymnacanthus detrisus*, *Gymnacanthus pistilliger*, *Hemilepidotus gilberti*, *Hemitripterus villosus*, *Hippoglossoides elassodon*, ***Lamna ditropis***, ***Leptoclinus maculatus*** (личинки и молодь), ***Lethenteron camtschaticum***, *Limanda aspera*, ***Limanda sakhalinensis***, *Lumpenus sagitta*, *Malacocottus zonurus*, ***Mallotus villosus***, *Myoxocephalus jaok*, *Myoxocephalus polyacanthocephalus*, ***Oncorhynchus gorbuscha***, ***Oncorhynchus keta***, ***Oncorhynchus kisutch***, ***Oncorhynchus masou***, ***Osmerus mordax dentex***, *Platichthys stellatus*, *Pleuronectes quadrituberculatus*, *Podothecus sturioides*, *Podothecus veternus*, *Ptilichthys goodie*, ***Salvelinus malma malma***, ***Squalus suckleyi***, ***Theragra chalcogramma***, ***Todarodes pacificus***, *Triglops pingelii*, *Triglops scepticus*) попали и нектобентосные виды, спорадически проникающие в пелагиаль из донных биотопов. Из этого списка 25 видов (5,1% от общего списка видов) можно охарактеризовать как не случайные элементы пелагических сообществ (в приведенном выше списке они выделены полужирным шрифтом). Конечно, присутствие в пелагических уловах видов бентальных биотопов носит лишь временный характер. Одни виды приспособились использовать кормовые ресурсы пелагиали в определенное время суток (например, дальневосточная песчанка — ночью это элиторальный вид, а днем неритопелагический), другие — нагуливаются в пелагиали на ранних стадиях жизненного цикла (например, дальневосточная зубатка — на стадии молоди это неритопелагический вид, а во взрослом состоянии — это уже элиторальный вид). Не случайно отмечаются в пелагических уловах (не только ночью, но и днем) и такие виды как рыба-лягушка, двулопастной бычок, сахалинская камбала — все они целенаправленно используют пищевой ресурс пелагиали. Строго говоря, чтобы перечислить среди «истинных» обитателей пелагиали в условиях климатических зон дальневосточных морей и сопредельных вод Тихого океана тех, кто тесно связан с биотопом пелагиали на всех стадиях жизненного цикла, то вполне хватит пальцев одной руки.

Таблица 1. Число таксонов разного ранга (отряд/семейство/род/вид), распределенных по классам нектонных организмов дальневосточных морей и сопредельных вод Тихого океана

	Cephalopoda	Petromyzontida	Chondrichthyes	Actinopterigii	Всего
ЯМ	2/4/7/8	1/1/1/1	4/4/5/5	12/39/77/108	19/48/90/122
ОМ	3/10/16/23	1/1/2/2	4/4/6/10	21/56/138/246	29/71/162/281
БМ	2/8/14/21	1/1/2/2	3/3/5/5	17/48/108/163	23/60/129/191
ТО	3/19/38/42	1/1/2/2	4/7/8/13	22/74/205/305	30/101/250/361

Примечание: ЯМ — северо-западная часть Японского моря; ОМ — Охотское море; БМ — западная часть Берингова моря; ТО — прикурильские и прикамчатские воды Тихого океана

Таблица 2. Матрица сходства (по Серенсену-Чекановскому) качественного состава нектона дальневосточных морей и сопредельных вод Тихого океана

	ЯМ	ОМ	БМ	ТО
ЯМ	1,00	0,41	0,35	0,35
ОМ	0,41	1,00	0,64	0,61
БМ	0,35	0,64	1,00	0,55
ТО	0,35	0,61	0,55	1,00
N	122	281	191	361

Примечание: N — видовое богатство; остальные условные обозначения как в таблице 1

В противоположность видам нектона, встреченным в уловах по всей акватории исследований, дадим статистику по видам, которые отмечались исключительно в одном из региональных подразделений акватории (условные «эндемики»). В северо-западной части Японского моря таких видов оказалось 24 (19,7% от N=122), в Охотском море — 59 (20,9% от N=281), в западной части Берингова моря — 23 (12,0% от N=191) и в сопредельных водах Тихого океана — 153 (37,9% от N=361). Очевидно, что более высокая доля таких видов в тихоокеанских водах связана с особым физико-географическим положением этого региона. Этот регион, являясь составной частью субарктической области Северной Пацифики, простирается в широтно-меридиональном направлении более чем на 2000 км и почти полностью занят западной разновидностью субарктической структуры вод (Шунтов, 2001). Исключение из этого составляет его южная часть, которая относится к переходной зоне — зоне смешения разных по происхождению водных масс: субарктической и субтропической структур. Именно здесь в результате взаимодействия различных по происхождению водных масс, как известно, являющихся биотопами пелагических биоценозов (Беклемишев, 1969), происходит смешение населения пелагиали умеренных и низких широт. Обогащение бореальной фауны в этом регионе происходит в теплый период года (лето–осень) за счет субтропическо-тропических мигрантов из низких широт.

Биотопические группировки

По отношению к биотопу среди облавливаемых пелагическим тралом видов нектона встречаются обитатели не только пелагиали, но и бентали. Встреча нектобентосных видов в толще воды связана либо с особенностями их биологии (смена образа жизни на определенном этапе развития и временные миграции), либо со случайными причинами (вынос течениями с прибрежных районов, случайное «подсаживание» трала на грунт при работе в неритической пелагиали). В таблице 3 суммированы сведения о количестве видов нектона в составе 8 пелагических и 6 бентальных биотопов. В целом выделенные типы биотопов соответствуют общепринятым схемам вертикальной зональности пелагиали и бентали. В отдельную категорию выделен биотоп водной толщи в пределах шельфа (неритический), а также анадромные виды из неритических и эпипелагических биотопов.

Доля бентальных видов из общего списка (51,7%) превышает долю «истинных» обитателей пелагиали (табл. 3). Это явление достаточно хорошо известно и весьма характерно для пелагических сообществ морей, прибрежных и островных районов океанских вод (Парин, 1968; Радченко, 1994; Лапко, 1996; Федоров, Парин, 1998; Федоров, 2000; Kafanov, Volvenko, 2001; Иванов, Суханов, 2002). Во всех дальне-

Таблица 3. Число видов нектона в биотопических группировках

Биотопические группировки	Общий список (493 вида)		Северо-западная часть Японского моря		Охотское море		Западная часть Берингова моря		Тихоокеанские воды России	
	Кол-во видов	Доля, %	Кол-во видов	Доля, %	Кол-во видов	Доля, %	Кол-во видов	Доля, %	Кол-во видов	Доля, %
Пелагические (всего)	**238**	**48,3**	**49**	**40,2**	**99**	**35,2**	**81**	**42,4**	**209**	**57,9**
Неритические морские	24	4,9	20	16,4	8	2,9	5	2,6	10	2,8
Неритические анадромные	6	1,2	3	2,5	6	2,1	4	2,1	2	0,6
Эпипелагические морские	10	2,0	11	9,0	7	2,5	5	2,6	34	9,4
Эпипелагические анадромные	34	6,9	6	4,9	9	3,2	9	4,7	10	2,8
Эпимезопелагические	16	3,2	7	5,8	9	3,1	4	2,1	15	4,1
Мезопелагические	56	11,4	2	1,6	37	13,2	31	16,3	56	15,5
Батипелагические	91	18,5	—	—	22	7,8	23	12,0	82	22,7
Абиссопелагические	1	0,2	—	—	1	0,4	—	—	—	—
Бентальные (всего)	**255**	**51,7**	**73**	**59,8**	**182**	**64,8**	**110**	**57,6**	**152**	**42,1**
Литоральные	2	0,4	—	-	1	0,4	1	0,5	1	0,3
Сублиторальные	28	5,7	10	8,2	21	7,5	15	7,9	12	3,3
Элиторальные	124	25,1	48	39,3	92	32,4	56	29,3	76	21,1
Верхнебатиальные	74	15,0	15	12,3	49	17,4	28	14,7	46	12,7
Нижнебатиальные	26	5,3	—	—	20	7,1	10	5,2	16	4,4
Абиссобентальные	1	0,2	—	—	—	—	—	—	1	0,3

восточных морях соотношение видов из донно-придонных и пелагических биотопов выглядит сходным образом (табл. 3) и только в тихоокеанских водах России количество видов нектона в пелагических биотопах превалирует над биотопами бентали (соответственно 57,9 и 42,1%). Обусловлено это тем, что проникновение нектобентосных видов в пелагиаль открытых Тихоокеанских вод ограничено малыми по площади морфоструктурами шельфа и склона Курильских островов и восточной Камчатки.

Зоогеографические группировки

В соответствии с подразделением планетарных широтных зон Северного полушария на арктическую, бореальную и тропическую (Перестеннко, 1982), а также выделением в каждой из них по две подзоны (высоко- и низкоарктическая, высоко- и низкобореальная, субтропическая и тропическая) весь нектон был распределен, в соответствии с типом ареала каждого из видов, по 7 зоогеографическим группировкам (табл. 4). Если рассматривать в целом весь видовой состав нектона (493 вида), то среди пелагической фауны большинство видов имеют ареалы низких широт (73,6%). В то время как среди фауны бентали большинство видов (79,9%) предпочитает умеренно-холодноводные области (бореальная зона). Очевидно, что объяснение столь значительных расхождений по типам ареалов нектона в составе фаун пелагиали и бентали кроется в гораздо большей приспособленности пелагической фауны к сезонным широтным перемещениям.

При разделении видов нектона по регионам (дальневосточные моря и сопредельные воды Тихого океана) отмеченные выше закономерности сохраняются только для фауны бентали. Максимальная доля видов бентальной фауны (табл. 4), с ареалами, размещенными в бореальной зоне, наблюдается в Охотском море (86,7%), где отмечается и максимальная площадь шельфа, составляющая около 40% (Шунтов, 2001). Минимальная доля таких видов (86,7%) — в тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов, где шельф выражен очень слабо.

Таблица 4. Число видов нектона в зоогеографических группировках

Зоогеографические группировки	Общий список (493 вида)		Северо-западная часть Японского моря		Охотское море		Западная часть Берингова моря		Тихоокеанские воды России	
	Кол-во видов	Доля, %	Кол-во видов	Доля, %	Кол-во видов	Доля, %	Кол-во видов	Доля, %	Кол-во видов	Доля, %
Пелагическая фауна (всего)	**238**	**48,3 (100,0)**	**49**	**40,2 (100,0)**	**99**	**35,2 (100,0)**	**81**	**42,4 (100,0)**	**209**	**57,9 (100,0)**
Арктическая	1	0,2 (0,4)	—	—	—	—	1	0,5 (1,2)	—	
Арктическо-бореальная	12	2,4 (5,0)	10	8,2 (20,4)	11	3,9 (11,1)	11	5,7 (13,6)	9	2,5 (4,3)
Высокобореальная	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Бореальная	33	6,7 (13,9)	5	4,1 (10,2)	30	10,7 (30,4)	26	13,6 (32,1)	31	8,6 (14,8)
Низкобореальная	17	3,5(7,1)	1	0,8 (2,0)	14	5,0 (14,1)	13	6,8 (16,1)	14	3,9 (6,7)
Низкобореально-субтропическая	60	12,2 (25,2)	20	16,4 (40,8)	22	7,8 (22,2)	15	7,9 (18,5)	46	12,7 (22,0)
Тропическо-субтропическая	115	23,3 (48,4)	13	10,7 (26,6)	22	7,8 (22,2)	15	7,9 (18,5)	109	30,2 (52,2)
Бентальная фауна (всего)	**255**	**51,7 (100,0)**	**73**	**59,8 (100,0)**	**182**	**64,8 (100,0)**	**110**	**57,6 (100,0)**	**152**	**42,1 (100,0)**
Арктическая	4	0,8 (1,7)	—		1	0,4 (0,6)	3	1,6 (2,7)	—	
Арктическо-бореальная	23	4,7 (9,0)	11	9,0 (15,1)	20	7,1 (11,0)	17	8,9 (15,5)	17	4,7 (11,2)
Высокобореальная	28	5,7 (10,9)	1	0,8 (1,4)	23	8,2 (12,6)	14	7,3 (12,7)	17	4,7 (11,2)
Бореальная	135	27,3 (52,9)	46	37,8 (63,0)	104	37,0 (57,1)	68	35,7 (61,8)	72	19,9 (47,3)
Низкобореальная	41	8,3 (16,1)	11	9,0 (15,1)	31	11,0 (17,0)	5	2,6 (4,6)	24	6,7 (15,8)
Низкобореально-субтропическая	6	1,2 (2,4)	2	1,6 (2,7)	2	0,7 (1,1)	2	1,0 (1,8)	5	1,4 (3,3)
Тропическо-субтропическая	18	3,7 (7,0)	2	1,6 (2,7)	1	0,4 (0,6)	1	0,5 (0,9)	17	4,7 (11,2)

Примечание: в колонке «доля» в скобках указана доля видов в конкретном фаунистическом комплексе пелагиали или бентали

Видовая структура

Любое сообщество характеризуется видовой структурой — набором видов с характеристикой обилия каждого из них. По мнению Левича (Левич, 1980), это своеобразная экологическая «система отсчета» и по ее изменению судят о проявлении многообразных факторов, определяющих жизнь сообщества. В любом сообществе все виды не бывают одинаково обильны. Распределение обилий видов (график ранг/обилие) является самым полным математическим описанием всей собранной по сообществу информации (Мэгарран, 1992). Наблюдаемые в сообществе варианты распределения обилий видов можно представить несколькими способами. Один из них заключается в построении так называемых ранговых кривых, описываемых несколькими моделями (геометрического ряда, логнормального распределения, «разломанного стержня» Макартура и др.). По характеру этих кривых, кроме ординарных выводов о структуре сообщества, выдвигаются гипотезы о взаимодействии видов, моделируются и прогнозируются различные события и процессы. Так, применительно к настоящим материалам по модельной оценке общей ранговой кривой для численностей видов (включая планктонных гидробионтов) было рассчитано потенциальное видовое богатство гидробионтов (облавливаемых пелагическим тралом) по каждому из регионов. Для Японского моря эта прогностическая оценка составила 411±11 видов, для Охотского моря — 508±2, для Берингова моря — 420±18 видов и для тихоокеанских вод Камчатки и Курильских островов — 693±8 (Иванов, Суханов, 2008, 2010, 2012, в печати).

Распределения обилий видов можно представить в упрощенном варианте, для этого достаточно «сфокусировать взгляд» на структуре «ядра сообщества». В контексте настоящей работы под «ядром сообщества» подразумеваются доминирующие по биомассе виды, суммарная доля которых превышает 90% биомассы всех видов либо близка к этому значению. При этом число видов в «ядре сообщества» ограничено их 1%-ным долевым вкладом в общую биомассу нектона. Как правило, при выполнении этих условий ядро сообщества в климатических условиях бореальной широтной зоны формируют 5–10 первых по биомассе видов. То есть редким и малочисленным видам не уделяется должного внимания, а во главу исследований ставятся массовые, имеющие важное прикладное значение виды. Очевидно, что основной поток перераспределения вещества и энергии в сообществе по пищевой цепи происходит между элементами его ядра, поэтому прогностических целях вполне достаточно проследить изменения в структуре ядра сообщества при его переходе от одного состояния к другому.

Анализ многолетней динамики рыбопродуктивности от начала 1980-х до середины 2000-х гг. (Шунтов и др., 2007) подтвердил ранее сформулированную гипотезу (Шунтов и др., 1997) о направлении перестроек в экосистемах дальневосточных морей. Эту направленность перестроек В.П. Шунтов с соавторами (2007) формализует по трем временным отрезкам. Первый период «максимума рыбопродуктивности» датируется примерно 10-летним отрезком времени с начала 1980-х гг. Второй период «резкого снижения рыбопродуктивности» с точкой отсчета в конце 1980-х – начале 1990-х гг. продолжился примерно до второй половины 1990-х гг. И наконец, начало третьего периода — периода «роста и стабилизации рыбопродуктивности» — датируется концом 1990-х – началом 2000-х гг. В настоящей работе изменения в видовой структуре нектона прослежены в рамках этих периодов, с выделением короткого периода с 2006 по 2009 гг. (Шунтов, 2010). В контексте этих временных отрезков по рисункам 1–5 можно проследить динамику относительной биомассы массовых видов нектона дальневосточных морей и сопредельных вод Тихого океана.

Северо-западная часть Японского моря. С 1981 по 2003 г. выполнено 32 пелагические траловые съемки с 2074 учетными тралениями. С начала 1990-х гг. съемки выполнялись не регулярно, а начиная с 2004 г. пелагиаль моря вообще перестала быть предметом исследования. В период «максимума рыбопродуктивности» (1981–1990 гг.) общая относительная биомассы нектона оценена в 18,0 т/км^2 (рис. 1). Ядро сообщества составили 4 вида (дальневосточная сардина, минтай, тихоокеанская сельдь и японский анчоус) с долей по биомассе 97,5 %, а его структура соответствует монодоминантному сообществу с доминирующим видом — дальневосточной сардиной. В период «резкого снижения рыбопродуктивности» (1991–1995 гг.) общая биомасса нектона (оцененная по 4 съемкам) снизилась до 1,3 т/км^2 (примерно в 14 раз), а структура ядра сообщества претерпела существенные изменения. Ядро сообщества в этот период было сформировано 7 видами (рис. 1), с долей 96,3%, но уже без участия дальневосточной сардины. Видом доминантом стал минтай с долей биомассы 64,1%, что соответствует чертам монодоминантного сообщества. Отметим, что его относительная биомасса уменьшилась более чем в 2 раза по сравнению с периодом 1981–1990 гг. В период «роста и стабилизации рыбопродуктивности» дальневосточных

морей (Шунтов и др., 2007) на акватории северо-западной части Японского моря выполнено только 2 съемки. Этого крайне не достаточно, чтобы сделать достоверные выводы о «росте и стабилизации рыбопродуктивности» моря. Все же согласно этим данным нектонное сообщество осталось по своей структуре монодоминантным сообществом, но опять произошли изменения в структуре его ядра. Видом доминантом с 76,3 %-ной долей по биомассе стал тихоокеанский кальмар, а структуру сформировали 6 видов с общей долей биомассы 98,3% (рис. 1).

Охотское море. С 1980 по 2009 г. выполнено 76 пелагических траловых съемок с 8493 учетными тралениями. В период «максимума рыбопродуктивности» (1982–1990 гг.) общая относительная биомассы нектона оценена в 21,5 т/км^2 (рис. 2). Ядро сообщества составили 4 вида (минтай, тихоокеанская сельдь, серебрянка *Leuroglossus schmidti* и дальневосточная сардина *Sardinops melanostictus*) с долей по биомассе 96,4%. В структуре ядра сообщества в этот период выделялись два вида — минтай (доминант, с долей по биомассе 57,5%) и тихоокеанская сельдь (субдоминант, с долей по биомассе 30,5%). Такой тип сообщества в какой-то степени можно уже назвать бидоминантным. В период «резкого снижения рыбопродуктивности» (1991–1995 гг.) общая биомасса нектона снизилась до 7,5 т/км^2, при этом по-прежнему основной ресурс биомассы сообщества составляли минтай (57,5%) и тихоокеанская сельдь (20,5%). Ядро сообщества формировали 5 видов (рис. 2), с долей 95,0 %, а в его структуре дальневосточная сардина была замещена горбушей и кетой. Причем на фоне снижения общей биомассы нектона выросла роль тихоокеанских лосей в сообществе (например, горбуша занимала 3-й ранг по биомассе с долей 12,7%).

Период «роста и стабилизации рыбопродуктивности» дальневосточных морей (Шунтов и др., 2007) особенно хорошо проявился на примере Охотского моря. Общая относительная биомасса нектона по сравнению с предыдущим периодом возросла в 2,5 раза, составив при этом 18,5 т/км^2, и почти приблизилась к аналогичным оценкам периода 1982–1990 гг. Ее основной прирост дали 2 вида — минтай и тихоокеанская сельдь, но поскольку доля минтая достигла 80,1%, то такой тип сообщества уже можно смело назвать монодоминантным. Ядро сообщества с долей 96,5% (по биомассе) было сформировано 5 видами: минтаем, тихоокеанской сельдью, мойвой, горбушей и сахалинской лимандой (рис. 2). В последний 4-летний период наблюдений 2006–2009 гг. тенденция роста общей относительной биомасса нектона Охотского моря сохранилась и достигла 24,5 т/км^2. Структура ядра монодоминантного сообщества упростилась до 2-х видов — минтай и тихоокеанская сельдь «захватили» ресурс биомассы в 98,4%. При этом по сравнению с периодом 1996–2005 гг. абсолютная биомасса тихоокеанской сельди почти не

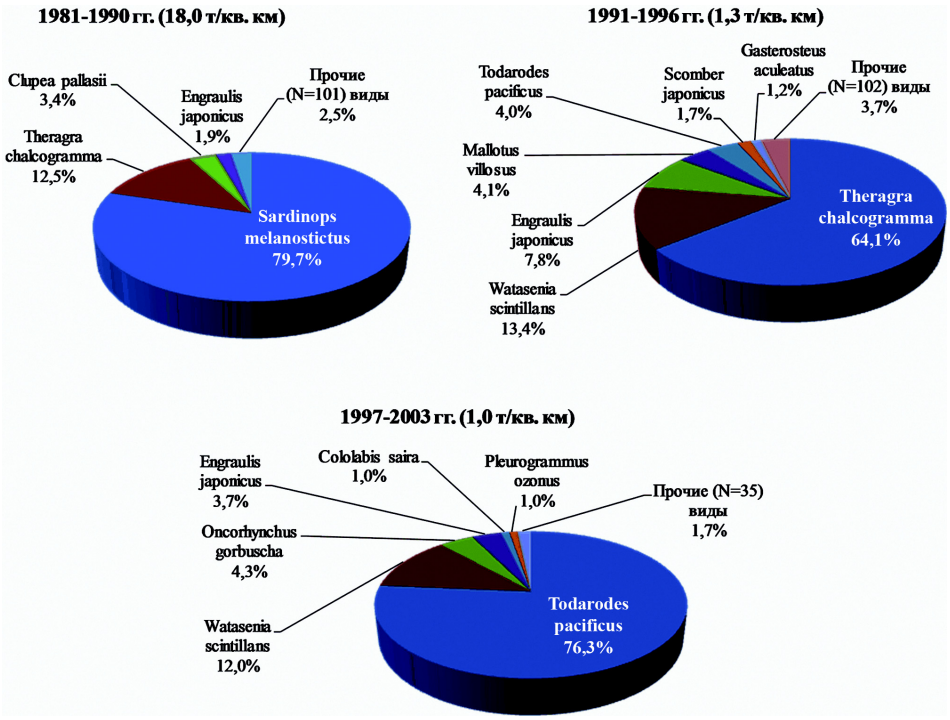


Рис. 1. Видовая структура нектона северо-западной части Японского моря по трем периодам лет (1981–2003 гг.)

изменилась (соответственно 2,3 и 2,2 т/км^2), а биомасса минтая показала заметную динамику роста — с 14,8 до 21,9 т/км^2. Рассматривая в прикладном свете видовую организацию нектонного сообщества Охотского моря за весь период наблюдений (1982–2009 гг.), можно выделить следующие особенности. Нектонное сообщество в период наблюдений было организовано по бидоминантному и монодоминантному типу, видом доминантом во всех случаях выступал минтай, а субдоминантом — тихоокеанская сельдь. Ядро сообщества во всех случаях составляли только костные рыбы (без головоногих моллюсков). В период «резкого снижения рыбопродуктивности» в структурной организации сообщества возросла роль тихоокеанских лососей.

Западная часть Берингова моря. С 1982 по 2009 г. выполнено 40 пелагических траловых съемок с 3756 учетными тралениями. В период «максимума рыбопродуктивности» (1982–1990 гг.) общая относительная биомассы нектона оценена в 21,9 т/км^2 (рис. 3). Ядро сообщества составили 6 видов (минтай, мойва, сайка *Boreogadus saida*, тихоокеанская сельдь, светлоперый стенобрах *Stenobrachius leucopsarus* и командорский кальмар *Berryteuthis magister*) с долей 98,3% (по биомассе). Тип сообщества в этот период можно определить как бидоминантный, поскольку минтай (доминант, с долей по биомассе 57,2%) и мойва (субдоминант, с долей по биомассе 19,6%) формируют долю 76,8% (по биомассе).

В период «резкого снижения рыбопродуктивности» (1991–1995 гг.) общая биомасса нектона снизилась до 5,9 т/км^2, основной ресурс биомассы сообщества составляли минтай (68,7%) и тихоокеанская сельдь (21,3%). Ядро сообщества формировали 6 видов (рис. 3) с долей 96,8 % и по сравнению с предыдущим периодом в структуре ядра сообщества появились тихоокеанские лососи (горбуша и кета). В период «роста и стабилизации рыбопродуктивности» дальневосточных морей (1997–2005 гг.) биомасса нектона по сравнению с предыдущим периодом возросла в 2,1 раза и составила 12,5 т/км^2, но в сравнении с аналогичными оценками периода 1982–1990 гг. стала меньше в 1,8 раза. Минтай хотя и сохранил за собой доминирующие позиции, но его влияние на структуру ядра сообщества, образованного 6 видами, уменьшилось (49,9%). Примерно в равных пропорциях (12,2–15,7%) в ранге по обилию за минтаем следуют сайка, тихоокеанская сельдь и мойва (рис. 3). Доля по биомассе видов составляющих ядро сообщества оказалась равной 95,0%. По сравнению с предыдущим периодом заметно возросла биомасса кеты с 77 до 438 кг/км^2 (структурная доля увеличилась с 1,5 до 3,5%).

В последний 4-летний период наблюдений 2006–2009 гг. относительная биомасса нектона была оценена в 3,1 т/км^2, но следует учесть, что в этот период съемки проводились только в верхней эпипелаги-

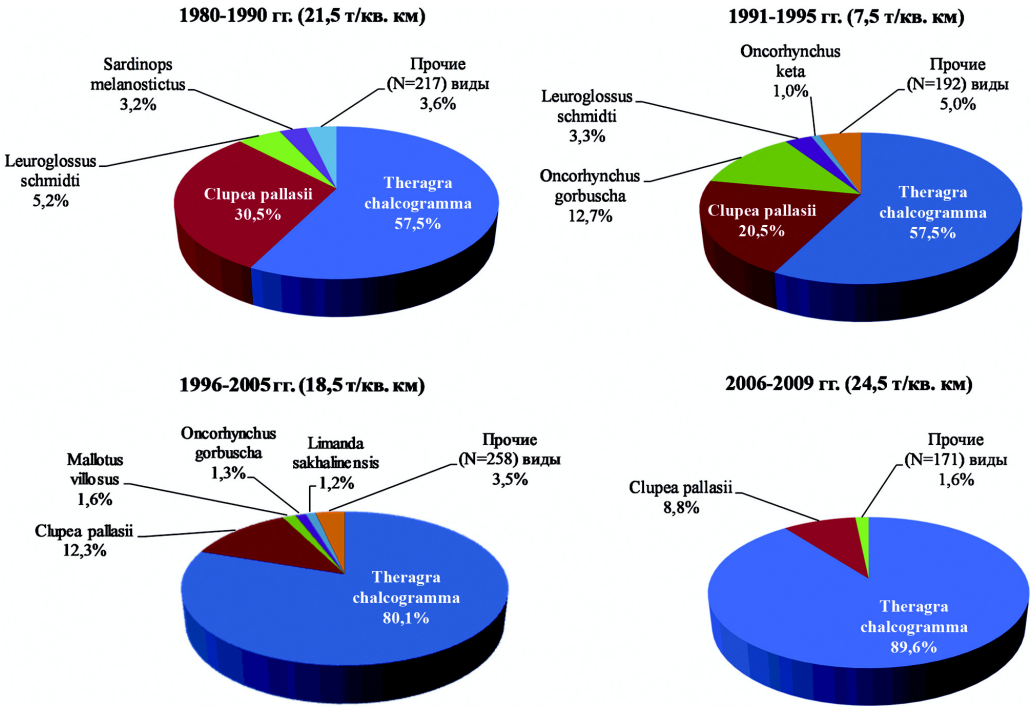


Рис. 2. Видовая структура нектона Охотского моря по четырем периодам лет (1982–2009 гг.)

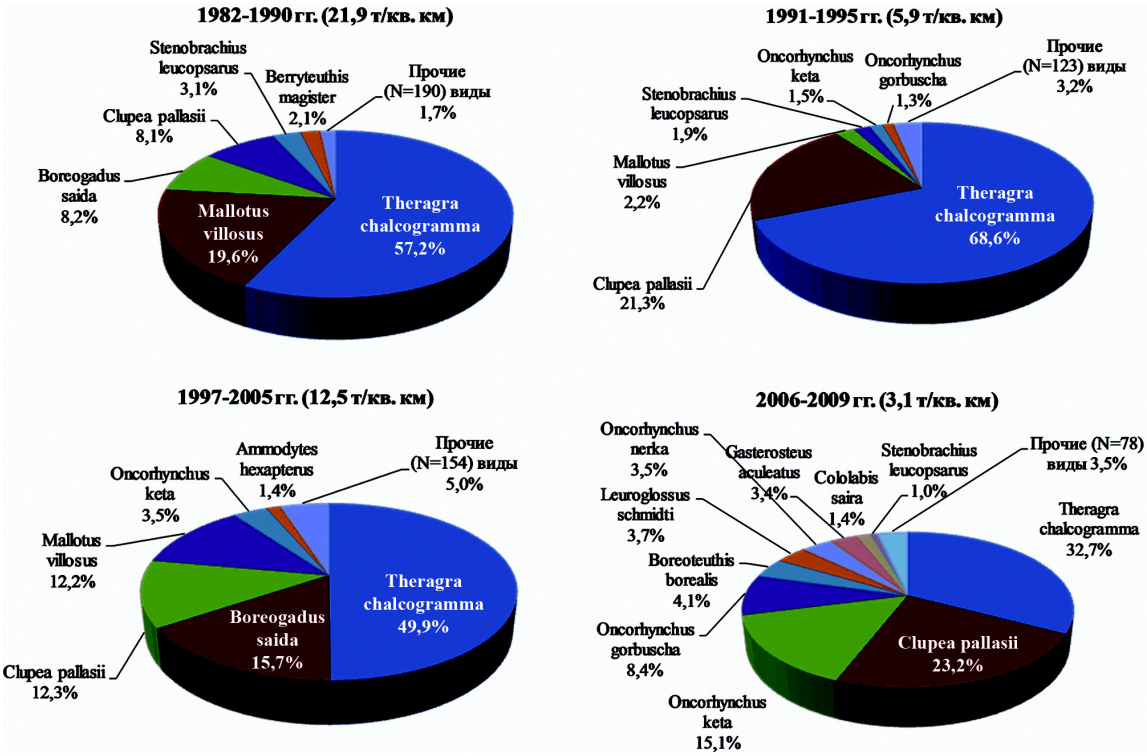


Рис. 3. Видовая структура нектона западной части Берингова моря по четырем периодам лет (1982–2009 гг.)

али (лососевые съемки). Это обстоятельство, конечно, сыграло роль на понижение общей биомассы нектона и изменения в структуре ядра сообщества. Ядро сообщества в этот период видов составляли 10 видов с долей по биомассе 97,0%, а нектонное сообщество было организовано по полидоминантному типу. Вид доминант — минтай по биомассе имел не высокую долю — 32,7%, а вид субдоминант — тихоокеанская сельдь — 23,2%. Весьма заметными в структуре ядра сообщества оказались тихоокеанские лососи — их общая доля по биомассе составила 27,0% (рис. 3). Итак, нектон западной части Берингова моря в зависимости от периода наблюдений демонстрировал черты от монодоминантного до полидоминантного сообщества. Кроме короткого периода 2006–2009 гг. динамика общей биомассы нектона соответствовала динамике общей рыбопродуктивности дальневосточных морей за период от начала 1980-х до середины 2000-х гг. В период 2006–2009 гг. отмечено значительное снижение биомассы нектона в противовес динамике обилия нектона Охотского моря.

Прикурильские и прикамчатские воды Тихого океана. С 1982 по 2009 г. были выполнены 124 пелагические траловые съемки с 6390 учетными тралениями. Причем в тихоокеанских водах Камчатки было выполнено заметно меньше траловых съемок, чем в прикурильских водах Тихого океана (соотношение числа тралений 1,0:7,4). Поэтому ниже приведена краткая характеристика особенностей видовой структуры нектона отдельно для этих двух вполне самостоятельных регионов.

Курильские острова. В период «максимума рыбопродуктивности» (1982–1990 гг.) средняя оценка общей биомассы нектона достигала 31,6 т/км^2 (рис. 4). В ядро сообщества (98,0%) вошли только три вида: минтай (52,9%), дальневосточная сардина (36,4%) и японская скумбрия (8,7%). В этот период видовая структура сообщества соответствовала бидоминантному типу. В период 1991–1995 гг. общая биомасса нектона снизилась почти в 17 раз и составила только 1,9 т/км^2. В этот период полностью утратила свои субдоминирующие позиции дальневосточная сардина, и в ядре сообщества появился целый спектр из 12 новых видов (их доля по биомассе 88,5%). В ситуации, когда резко снизились и запасы минтая, видовая структура сообщества претерпела изменения и на место бывших лидеров пришли другие виды, но не столь массовые и обильные. Наряду с обитателями верхних слоев пелагиали (тихоокеанские лососи, японский анчоус) свою долю в структуре ядра приобрели интерзональные виды рыб и кальмаров (7 видов). Нектонное сообщество по типу стало полидоминантным. В период 1996–2005 гг. по типу сообщество осталось полидоминантным, а общая биомасса нектона

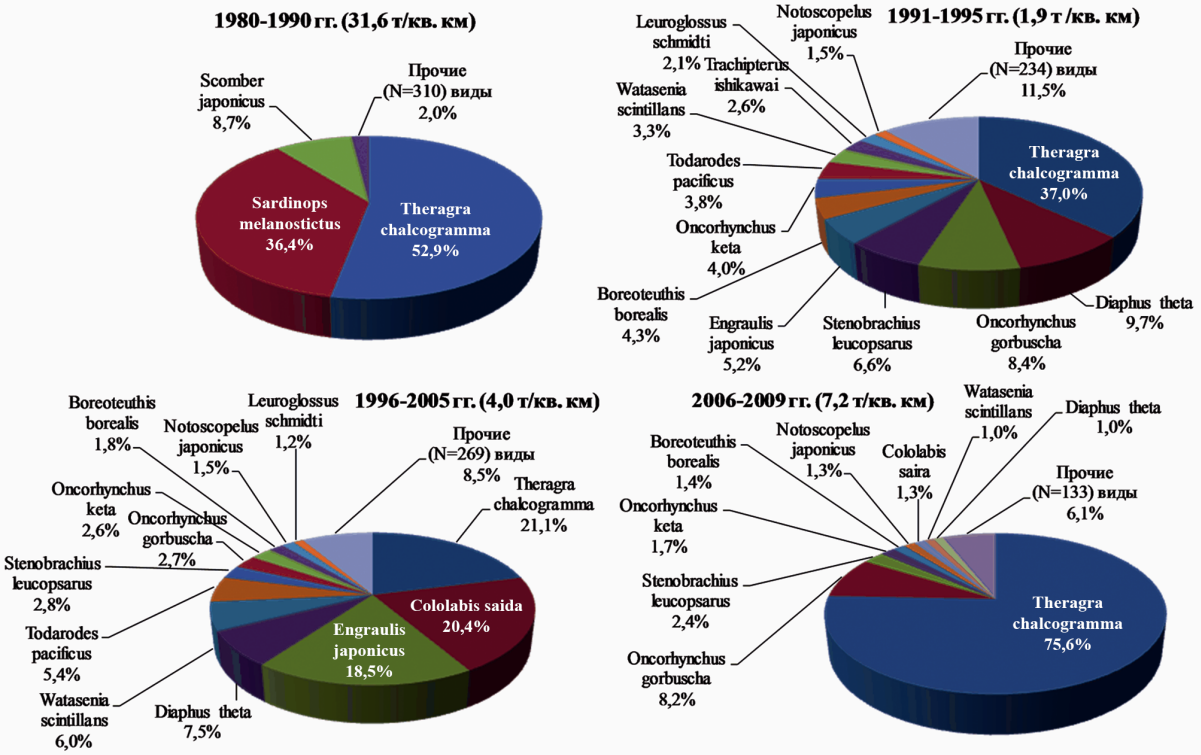


Рис. 4. Видовая структура нектона прикурильских вод Тихого океана по четырем периодам лет (1982–2009 гг.)

по сравнению с предыдущим периодом увеличилась вдвое (4,0 т/км^2). Ядро сообщества формировали 12 видов с общей долей по биомассе 91,5%. В этот период минтай, тихоокеанская сайра и японский анчоус примерно в равных пропорциях формировали по биомассе долю в 59%. В последний 4-летний период наблюдений 2006–2009 гг. видовая структура сообщества изменилась за счет заметного роста обилия минтая. По типу сообщество стало монодоминантным, общая биомасса оценена в 7,2 т/км^2. Из этой оценки доля доминирующего вида — минтая — составила 75,6%. Ядро сообщества формировали 9 видов с общей долей по биомассе 93,9% (рис. 4).

Восточная Камчатка. По периодам лет в тихоокеанских водах Камчатки съемки проводились не регулярно. Особенно большие перерывы между съемками пришлись на период 1996–2005 гг., по сути, в этот период съемки проводились только в последний 4-летний период, т. е. с 2002 по 2005 гг. Кроме того, начиная с 2002 г. съемки осуществлялись только в верхнем слое эпипелагиали. Поэтому сравнивать результаты этих исследований по периодам лет и с другими регионами дальневосточных морей следует с оговоркой. В период «максимума рыбопродуктивности» (1982–1990 гг.) общая биомасса нектона составила 30,9 т/км^2 (рис. 5). О ядре сообщества в этот период говорить не приходится, поскольку 97,8% биомассы сообщества формировал один супердоминантный вид — минтай. В период 1991–1995 гг. общая биомасса нектона сократилась более чем в 4 раза и составила 7,1 т/км^2. По сравнению с предыдущим периодом минтай сохранил свою супердоминирующую позицию в видовой структуре сообщества (доля по биомассе 92,3%) и кроме него ядро сообщества сформировали еще 4 вида (северный кальмар *Boreoteuthis borealis*, светлоперый стенобрах, горбуша и кета) с общей не высокой долей (по биомассе 4,4%). За периоды 2002–2005 и 2006–2009 гг. общая биомасса нектона была оценена только для верхнего слоя эпипелагиали (0–50 м). В первом случае общая биомасса нектона составила 1,5 т/км^2 (рис. 5), а ядро сообщества формировали 11 видов с общей долей по биомассе 95,4%. В это время в видовой структуре нектона кета захватила доминирующие позиции (19,8% от общей биомассы). Во втором случае (2006–2009 гг.) видовая структура сообщества не претерпела существенных изменений, лишь усилилось влияние на нее тихоокеанских лососей (50,1%), а видом доминантом с долей 27,0% стала горбуша. Общая биомасса нектона была оценена в 1,3 т/км^2.

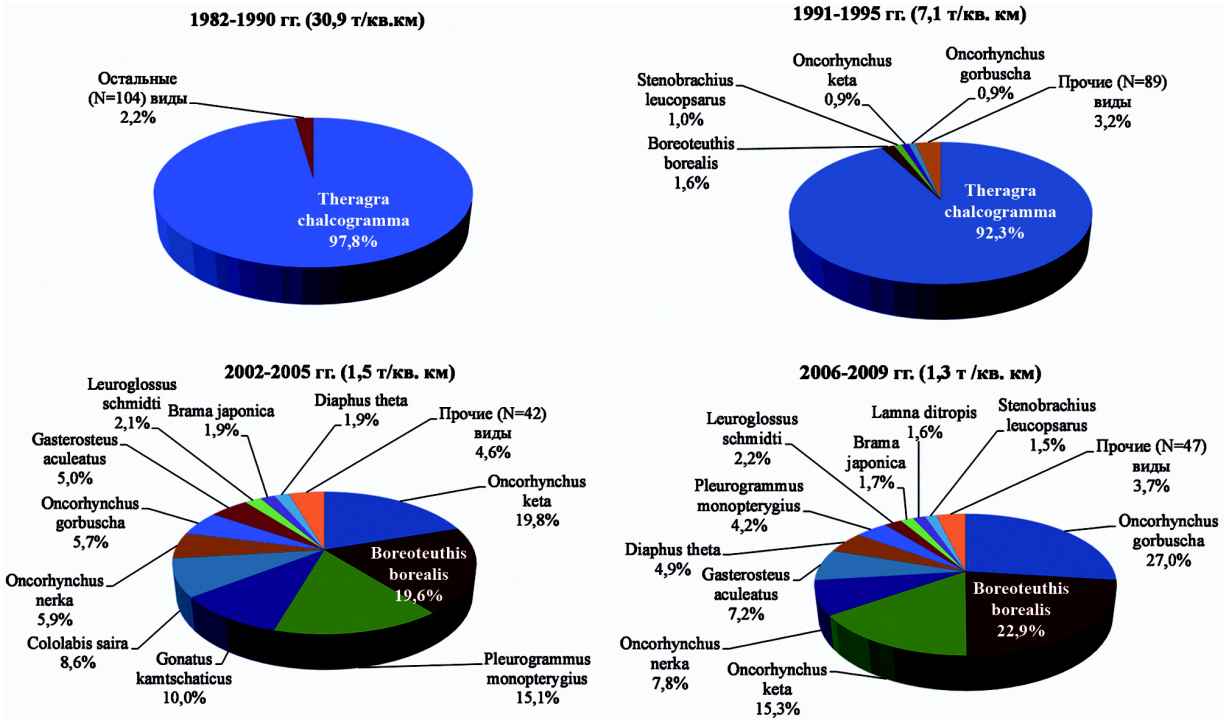


Рис. 5. Видовая структура нектона прикамчатских вод Тихого океана по четырем периодам лет (1982–2009 гг.)

Список литературы

Беклемишев К.В. 1969. Экология и биогеография пелагиали. М.: Наука, 292 с.

Бочаров Л.Н., Шунтов В.П. 2004. Состояние и задачи современного этапа экосистемных исследований биологических ресурсов дальневосточных морей России // Изв. ТИНРО. Т. 137. С. 3–15.

Иванов О.А., Суханов В.В. 2002. Структура нектонных сообществ прикурильских вод. Владивосток: ТИНРО-центр, 154 с.

Иванов О.А., Суханов В.В. 2008. Видовая структура нектона в северо-западной части Японского моря // Вестник СВНЦ ДВО РАН. № 1. С. 47–60.

Иванов О.А., Суханов В.В. 2010. Видовая структура нектона Охотского моря // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. № 2. С. 48–62.

Иванов О.А., Суханов В.В. 2012. Видовая структура нектона западной части Берингова моря // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. № 1. С. 43–60.

Иванов О.А., Суханов В.В. (в печати). Видовая структура нектона прикурильских и прикамчатских вод Тихого океана // Вестник СВНЦ ДВО РАН.

Катугин О.Н. 2004. Кальмары семейства Gonatidae Северной Пацифики: генетическая дифференциация и проблемы систематики и филогении // Ruthenica, С. 73–87.

Лапко В.В. 1996. Состав, структура и динамика нектона эпипелагиали Охотского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток: ТИНРО-центр, 24 с.

Левич А.П. 1980. Структура экологических сообществ. М.: МГУ, 182 с.

Нектон Охотского моря. 2003. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов (Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). Владивосток: ТИНРО-центр, 643 с.

Нектон северо-западной части Японского моря. 2004. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов (Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). Владивосток: ТИНРО-центр, 226 с.

Нектон северо-западной части Тихого океана. 2005. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов (Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). Владивосток: ТИНРО-центр, 544 с.

Нектон западной части Берингова моря. 2006. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов (Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова). Владивосток: ТИНРО-центр, 416 с.

Несис К.Н. 1982. Краткий определитель головоногих моллюсков Мирового океана. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 360 с.

Парин Н.В. 1968. Ихтиофауна океанской эпипелагиали. — М.: Наука, 186 с.

Перестенко Л.П. 1982. О принципах зонального биогеографического районирования шельфа Мирового океана и о системах зон // Морская биогеография. — М.: Наука, С. 99–114.

Радченко В.И. 1994. Состав, структура и динамика нектонных сообществ эпипелагиали Берингова моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток.: ТИНРО-центр, 24 с.

Суханов В.В., Иванов О.А. 2009. Сообщества нектона в северо-западной части Японского моря — Владивосток: ТИНРО-центр, 282 с.

Федоров В.В. 2000. Видовой состав, распределение и глубины обитания видов рыбообразных и рыб северных Курильских островов // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг.: сб. науч. Тр. М.: Изд-во ВНИРО. С. 7–41.

Федоров В.В., Парин Н.В. 1998. Пелагические и бентопелагические рыбы тихоокеанских вод России. — М.: ВНИРО, 154 с.

Шунтов В.П. 2001. Биология дальневосточных морей России. — Владивосток: ТИНРО-центр. Т. 1, 580 с.

Шунтов В.П. 2004. Управление морскими биологическими ресурсами — это пока все еще мечта, а не реальность // Изв. ТИНРО. 137. С. 232–240.

Шунтов В.П. 2010. Некоторые результаты экосистемного изучения биологических ресурсов дальневосточных морей в связи с задачами дальнейших исследований // Бюллетень № 5 реализации «концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток: Изд-во ТИНРО-центра. С. 186–195.

Шунтов В.П., Дулепова Е.П., Темных О.С., Волков А.Ф., Найденко С.В., Чучукало В.Н., Волвенко И.В. 2007. Состояние биологических ресурсов в связи с динамикой макроэкосистем в дальневосточной российской экономической зоне // Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России. — Владивосток: Дальнаука. С. 75–176.

Шунтов В.П., Радченко В.И., Дулепова Е.П., Темных О.С. 1997. Биологические ресурсы дальневосточной российской экономической зоны: структура пелагических и донных сообществ, современный статус, тенденции многолетней динамики // Изв. ТИНРО. Т. 122. С. 3–15.

Eschmeyer W.N. 1998. Catalog of fishes. 3 vols. San Francisco. 2905 p.

Kafanov A.I., Volvenko I.V. 2001. Ichthyofaunistic biogeography of the Japan (East) Sea: the comparison of various rank taxa for zoning. Jornal of Biogeography. Vol. 28. C. 1255–1269.

Nelson Joseph S. 2006. Fishes of the world. Hoboken; New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 601 p.

Sweeney M.J., Roper C.F.E. 1998. Classification, type localities, and type repositories of recent Cephalopoda, In: N.A. Voss. M. Vecchione. R.B. Toll and M.J. Sweeney (eds.) // Systematics and Biogeography of Cephalopods. Volume II. Smithsonian Contributions to Zoology. P. 561–595.

УДК 597.553.2:597–113

РОЛЬ ТРОФИЧЕСКОГО ФАКТОРА В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКЦИИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ КАМЧАТКИ В МОРСКИХ ВОДАХ

Карпенко В.И., Андриевская Л.Д., Коваль М.В.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский

Контактный e-mail: koval.m.v@kamniro.ru

Введение

Формирование продукции тихоокеанских лососей p. Oncorhynchus происходит на обширных акваториях северной части Тихого океана и открытых водах дальневосточных морей — Охотского и Берингова. Причем значительную часть жизненного цикла лососи проводят вблизи берегов, что характерно как для только что скатившейся молоди, так и для неполовозрелых и созревающих взрослых рыб, мигрирующих через прибрежные воды на нерест в родные водоемы для воспроизводства. В целом менее трети календарного года дальневосточные лососи обитают в удаленных районах центральной и вос-

точной части Северной Пацифики, где могут смешиваться с рыбами, воспроизводящимися в водоемах Северной Америки (Атлас..., 2002; Кловач, 2003). Это обстоятельство позволяет считать важным изучение и оценку условий нагула в прибрежных водах Камчатки в обеспечении продуктивности лососей азиатских стад, чему были посвящены интересы многих дальневосточных исследователей-лососевиков в течение последнего более чем 50-летнего периода.

Настоящее исследование основано в основном на архивных данных, накопленных в КамчатНИРО, где изучение питания лососей в морских водах было начато одним из соавторов настоящего сообщения — Л.Д. Андриевской еще в 1952 г. (Андриевская, 1975; Бирман, 1985; Karpenko, 2003).

Материал и методика

Материалы по питанию тихоокеанских лососей, положенные в основу данной работы, были собраны в течение более 50 лет в трех основных районах, прилегающих к Камчатке: в Беринговом и Охотском морях, а также в северо-западной части Тихого океана.

Основными орудиями лова лососей и их молоди были дрифтерные сети (до начала 1980-х годов капроновые, а позднее — монофиламеновые) и пелагический разноглубинный трал 54,4/192 м, используемый для поверхностных тралений (Карпенко и др., 1997). Кроме того, в некоторых районах для лова молоди лососей иногда применялись кошельковые и обкидные невода.

Лов дрифтерными сетями производился, преимущественно, в ночное время, лишь в некоторых случаях для выяснения суточного ритма питания использовались круглосуточные постановки дрифтерных порядков, которые поднимались на борт судна через 3–4 часа. Разноглубинный трал применялся для лова молоди лососей в основном в светлое время суток.

Камеральная обработка желудков выполнялась в лабораторных условиях, хотя для оценки общего их содержания по групповой принадлежности основных пищевых компонентов массовый просмотр желудков осуществлялся на судах в течение рейса. Определение компонентов пищи в лаборатории производилось индивидуально-весовым методом, по возможности до вида, кроме того, определялись их размеры и стадия развития. Статистическая обработка произведена общепринятыми методами (Методическое пособие…, 1974). Всего за период исследований камеральной обработке было подвергнуто более 16800 желудков взрослых лососей и 18000 их молоди.

Результаты и обсуждение

Состав пищи

Молодь тихоокеанских лососей начинает потреблять морских животных спустя две-три недели после ската из рек, хотя некоторые лососи способны поедать отдельные виды морских ракообразных еще в эстуариях рек, куда они заносятся приливно-отливными течениями. После откочевки в океанические воды молодь лососей в массе переходит на потребление представителей морской фауны.

В течение морского периода жизни (в результате роста и общего увеличения размеров) у тихоокеанских лососей происходят значительные сдвиги в наборе компонентов, формирующих основу их спектра питания. Так, если в первые дни после ската из рек в прибрежных районах, в пище молоди лососей могут значительную роль играть представители мезопланктона, то по мере роста, роль этой группы у всех видов лососей резко сокращается, а наиболее значимыми пищевыми компонентами становятся макропланктон и мелкий нектон. У взрослых рыб мезопланктон в пище вообще практически не встречается.

Также неоднократно отмечено, что на спектр питания лососей в море в значительной степени влияют их видовые особенности: если горбуша, кета и нерка в течение всего морского периода жизни потребляют преимущественно, зоопланктон, то кижуч и чавыча, являясь типичными хищниками, питаются, в основном, ихтиопланктоном и мелким нектоном.

Пищевые отношения

Сравнение пищевых спектров лососей представляет интерес с точки зрения использования кормовых ресурсов отдельных водоемов или их регионов. Так, в Охотском море основной пищей молоди лососей-планктофагов (горбуши, кеты и нерки) в течение периода наблюдений являлись гипериды, которые практически ежегодно занимали лидирующее положение в содержимом пищевого комка. Второе

место занимали эвфаузииды, которые лишь у молоди горбуши были замещены птероподами. Эвфаузииды занимали лидирующее положение у молоди горбуши в Беринговом море. Однако у молоди двух других видов (нерки и кеты) они делили это положение с гипериидами, которые в некоторых случаях даже преобладали в пище. Третье место у двух видов — горбуши и кеты, занимала молодь рыб, а у нерки — молодь кальмаров, которые доминировали в последние годы.

В Беринговом море значительную часть пищи молоди лососей занимали также представители нектона — молодь рыб и кальмаров. Если у горбуши и нерки они редко формировали более 50% массы пищевого комка, то у кеты иногда достигали 90% (например, в сентябре 1991 г.). Чаще и в большем видовом разнообразии и количестве они встречались в последние годы. Другие компоненты пищи молоди лососей были хотя и не совсем редки, но обычно занимали лишь небольшую часть пищевого комка.

Доминирование отдельных компонентов пищи у молоди лососей по периодам (начиная с 50-х годов прошлого века), как в Охотском, так и в Беринговом морях, также различалось. В целом у молоди лососей в разных водоемах, в течение всего периода наблюдений происходило изменение пищевого спектра за счет снижения доли основных компонентов пищи, при этом отмечено существенное расширение состава рациона (рис. 1).

Спектр питания взрослых лососей был шире, чем молоди, особенно в северо-западной части Тихого океана. Однако доминирование отдельных компонентов было более существенным. Так, у горбуши в Беринговом море при относительно широком пищевом спектре обычно наблюдалось общее преобладание эвфаузиид и молоди рыб. В Тихом океане до середины 1980-х годов отмечено доминирование гипериид и эвфаузиид, которые перестали играть какое-либо значение в последующий период. Роль же молоди рыб, наоборот, возросла существенно.

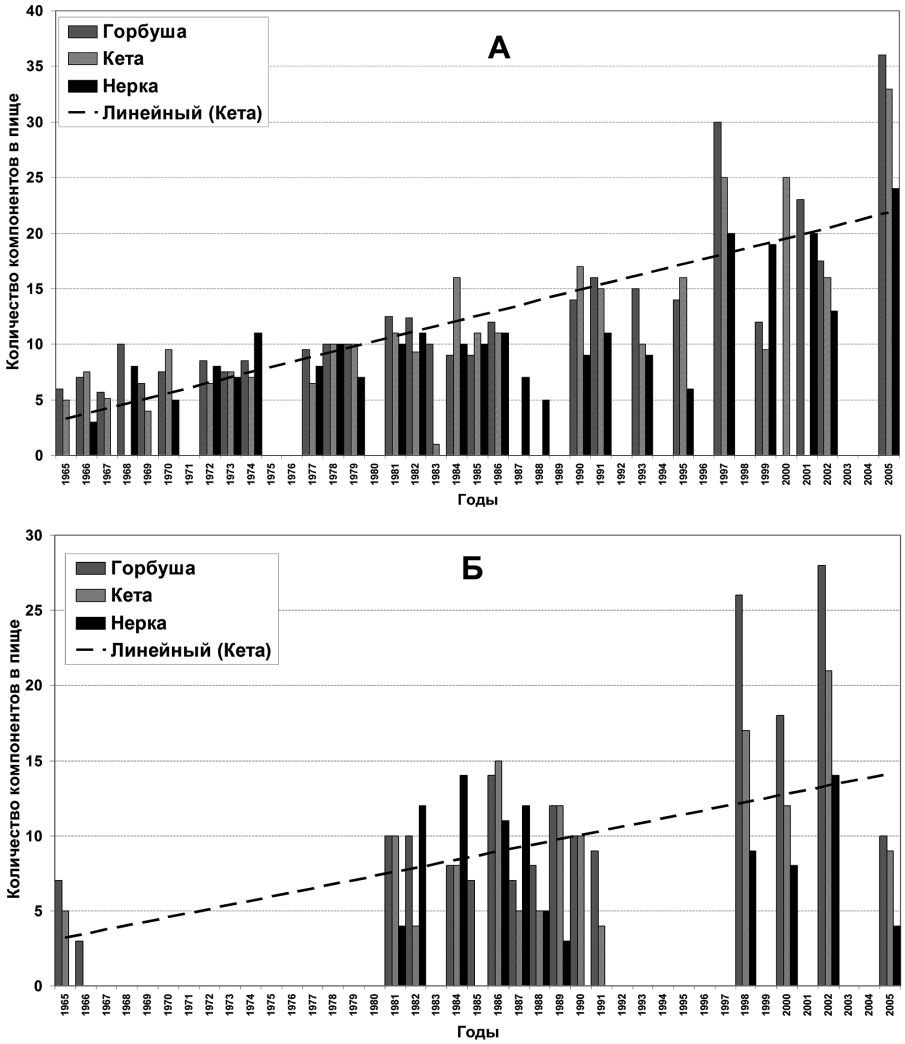


Рис. 1. Изменение количества компонентов в пище молоди горбуши, кеты и нерки в прикамчатских водах Охотского (А) и Берингова (Б) морей в сентябре–октябре 1965–2005 гг.

В пищевом спектре кеты, как в Беринговом море, так и в тихоокеанских водах, с начала наблюдений до последних лет отмечался рост доли крылоногих моллюсков и молоди рыб. Однако, если в Беринговом море отмечалось некоторое сужение пищевого спектра, то в Тихом океане, наоборот, он существенно расширился (рис. 2). Особенно четко проявлялось в тот же период, который мы приводили для молоди, т. е. с 1965 г. по 2005 г. (см. рис. 1).

Для нерки в Беринговом море было характерно также некоторое сокращения общего числа видов в рационе, при одновременном увеличении роли эвфаузиид и гипериид. Однако доля молоди рыб в пище нерки оставалась стабильной. В Тихом океане спектр питания нерки отличался снижением доли копепод и гипериид, при одновременном росте таковой эвфаузиид, молоди кальмаров и рыб. Общее же расширение пищевого спектра происходило за счет представителей нектона.

Таким образом, среди взрослых лососей отмечено как расширение (кета, северо–западная часть Тихого океана), так и сужение (другие виды и районы) пищевого спектра, а также вариабельность значения отдельных компонентов в разные периоды наблюдений. У взрослых лососей, как и у молоди, значение нектонных животных в пище возрастало.

Стратегии питания и особенности роста лососей в море

Как было отмечено выше, основной индивидуальный рост и формирование общей продукции лососевых популяций происходит в морской период жизни. Для иллюстрации различий в скорости роста от-

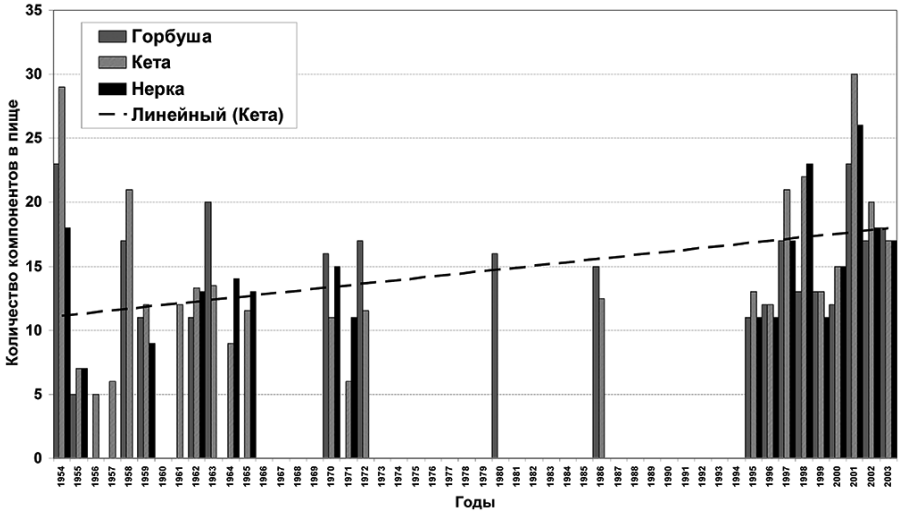


Рис. 2. Изменение количества компонентов в пище взрослой горбуши, кеты и нерки в северо–западной части Тихого океана в весенне–летний период 1954–2003 гг.

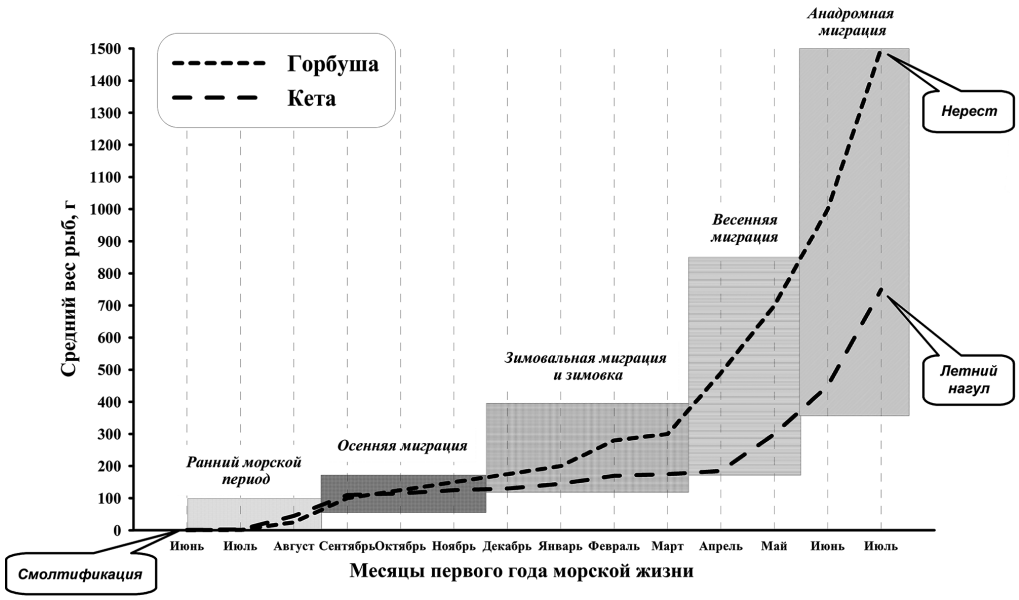


Рис. 3. Обобщенная схема роста камчатской горбуши и кеты на отдельных этапах первого года морской жизни

дельных видов лососей можно привести изменения средней массы камчатской горбуши и кеты (видов, которые покидают реки в возрасте сеголетка) в течение первого года морской жизни (рис. 3). Очевидно, что скорость роста этих двух видов в отдельные периоды морского нагула существенно различается. Так, на раннем этапе морской жизни скорость роста горбуши и кеты наиболее близки. Различия начинают проявляться в зимние месяцы, и к концу зимовки средняя масса тела горбуши уже превышает таковую кеты в два раза. В дальнейшем эта разница в весовых показателях сохранятся вплоть до следующего лета. В чем же причина таких различий в скорости роста горбуши и кеты?

По мнению большинства исследователей, на рост лососевых рыб определяющее влияние оказывают три фактора — это рацион, размер тела и температура (Stauffer, 1973; Elliot, 1975; Hoar et al. 1979; Shulman and Love, 1999; и др.). Считается, что рацион это движущая сила организма. Температура — это основной фактор, контролирующий все обменные процессы у рыб, а вес — это фактор масштаба, который модифицирует все скорости процессов в соответствие с размером тела растущей особи (Hoar et al., 1979).

Анализ изменений состава пищи у различных видов лососей в отдельные периоды морского нагула свидетельствует, что в период обитания в эстуариях рек и на литорали молодь горбуши и кеты питаются сходной пищей. Различия начинают резко проявляться в прибрежных водах Камчатки. Во время осеннего нагула эти различия несколько снижаются, а в период зимовки горбуша и кета вновь начинают потреблять сходную пищу. Однако в весенне–летний период различия в составе пищи горбуши и кеты вновь возрастают (Коваль, 2007). Таким образом, особенности питания горбуши и кеты в отдельные периоды морского нагула, судя по всему, и являются одной из причин различий в их скорости роста. При сравнении таковых показателей лососей–нектонофагов: кижуча и чавычи, наблюдается сходный темп роста обоих видов. При этом рост кижуча аналогичен росту горбуши, а чавычи — кете, как видов имеющих близкую продолжительность морского нагула, т.е. в первом случае — около года, а во втором — несколько лет морской жизни.

Напомним, что по типу питания тихоокеанские лососи подразделяются на две основные группы — это планктофаги и хищники. Более интенсивно в море питаются именно хищники, т. е. кижуч и чавыча (рис. 4). Из видов планктофагов максимальная интенсивность питания наблюдается у горбуши, а минимальная у нерки. Кета занимает в этой группе промежуточное положение. Несомненно, что такие различия в стратегиях питания отдельных видов лососей связаны с их морфологическими и физиологическими особенностями.

Так, Н.С. Романов (1981), который исследовал морфологию скелета головы у лососей, установил, что в течение всего постэмбрионального онтогенеза по морфологии черепа наиболее близки между собой кижуч и чавыча (рис. 5–А). Во второй группе наибольшее сходство характерно для горбуши и кеты, к ним же примыкает нерка. Между видами во второй группе морфометрические различия больше, чем в первой (Романов, 1981).

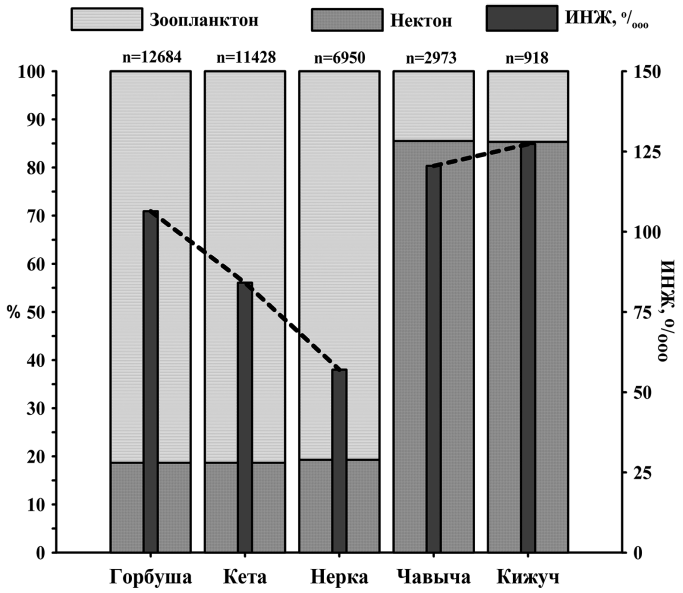


Рис. 4. Соотношение зоопланктона и нектона в составе пищи (%) и интенсивность питания (ИНЖ, $^{\circ}/_{ooo}$) тихоокеанских лососей в прикамчатских морских водах (по среднемноголетним данным 1954–2009 гг.)

Как показывают данные, представленные на рисунке 5–Б, в соответствии с морфологическим строением черепа у отдельных видов лососей хорошо соотносится и степень их пищевого сходства в течение морского периода жизни. К первой группе по степени сходства пищи можно отнести горбушу, кету и нерку, ко второй - чавычу и кижуча. Кроме того, было показано, что помимо морфологических особенностей строения скелета у рыб на их питание непосредственное влияние оказывает также и строение внутренних органов, прежде всего, пищеварительной системы.

Например, отличие состава пищи взрослой кеты от других видов лососей обусловлены почти исключительно особенностями строения ее желудка и внутренних органов (в частности

селезенки) (Кловач, 2003). Желудок кеты примерно в 3,5 раза больше, чем у других видов, а показатель pH внутренних стенок желудка существенно выше. Это способствует более высокой скорости переваривания пищи в желудке кеты (Azuma, 1991). У нее также маленькая по размеру селезенка, которая значительно ограничивает ее двигательную активность. В результате, в течение морского периода жизни в рационе кеты всегда высока доля медуз и гребневиков, крылоногих моллюсков, аппендикулярий и сагитт. Известно, что калорийность этих животных существенно ниже, чем планктонных ракообразных, которые доминируют в пище горбуши. Как считает Н.В. Кловач (2003), из-за низкой двигательной активности, кете сложно охотиться на высококалорийных нектонных животных и ракообразных. Мягкотелый планктон менее подвижен, видимо, поэтому он и является более доступным кормом для кеты. В результате, общая калорийность пищевого комка у взрослой кеты существенно ниже, чем у других видов лососей (Devis, 2003).

Таким образом, интенсивность питания разных видов лососей в морской период жизни значительно различается, при этом отличаются и их пищевые стратегии. К примеру, горбуша потребляет меньшее по сравнению с кетой количество корма, однако его пищевая ценность более высока, чем у кеты. Это напрямую определяет высокую скорость роста горбуши, которая за один год успевает подготовиться к нересту. Кета в море также интенсивно питается, но в составе ее рациона преобладают низкокалорийные животные. Однако большой объем желудка и высокая скорость переваривания все же позволяет кете обеспечить необходимый для нормальной жизнедеятельности, роста и созревания приток энергии с пищей. Возможно, это является адаптационным механизмом, позволяющим кете избежать пищевой конкуренции с другими видами лососей в местах совместного нагула. Однако за это кета вынуждена "расплачиваться" снижением скорости роста, и, в результате за один год она, как правило, не успевает достичь нерестовых размеров (рис. 3).

Интенсивность питания нерки в морской период жизни минимальна относительно других видов лососей, что, скорее всего, вызвано более низкими показателями общего обмена веществ в организме этого вида. Известно, что темп роста нерки в море также значительно ниже, чем у других лососей (Бирман, 1985). Так как нерка наиболее холоднолюбивый вид среди тихоокеанских лососей — для нее характерны пониженные скорости энергетического обмена (в соответствии с кривой Крога) (Krogh, 1914). Пониженный уровень обмена у этого вида и отражается, по нашему мнению, на общей интенсивности ее питания, поскольку при общих равных условиях для получения необходимой энергии из пищи нерке достаточно потреблять меньшее количество корма на единицу массы тела, чем горбуше и кете.

Оценка роли трофического фактора в формировании продукции лососей Камчатки

По нашему мнению, широкий пищевой спектр лососей-планктофагов обусловлен адаптационными способностями видов-потребителей и обычно вызван недостатком тех или иных видов-жертв. При этом, многолетние изменения пищевого спектра лососей могли послужить причиной снижения биологических показателей взрослых рыб, а в некоторых случаях (например, у кеты и нерки), и изменения возрастного состава производителей на нерестилищах в отдельных регионах воспроизводства.

Наиболее репрезентативную оценку условий нагула тех или иных поколений всех видов лососей дают сведения об их биологических показателях в период возврата в районы воспроизводства. Несомненно, основным из них являются средняя масса тела рыб, хотя нельзя игнорировать возрастной и размерный состав, плодовитость, содержание различных биохимических компонентов в теле и пр.

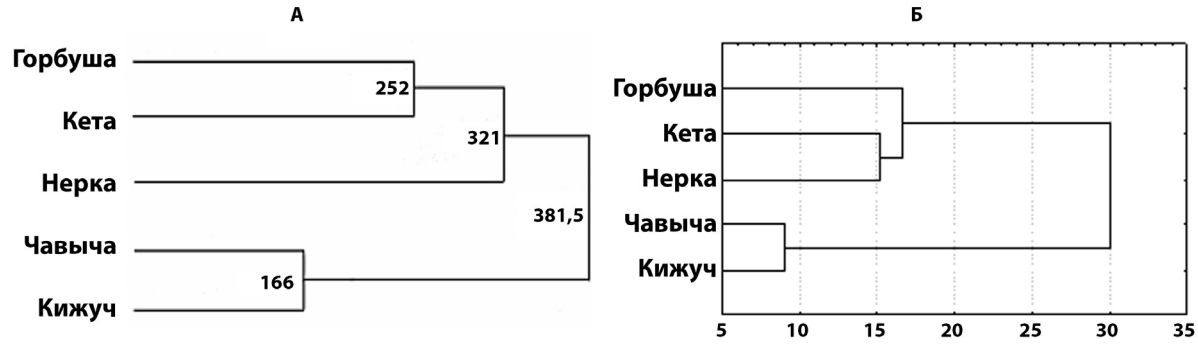


Рис. 5. Фенетические связи (А, обобщенные данные по всему онтогенезу, Романов, 1981) и различия состава пищи тихоокеанских лососей (Б, обобщенные данные по всему морскому периоду жизни, Коваль, 2007)

Изменения средних биологических показателей рыб в последние годы, отмеченные в большинстве регионов воспроизводства, в частности стад и популяций высокой численности, позволили на основе их анализа определить причины этой изменчивости. Так, была определена роль трофики и трофических отношений лососей, а также отношений этих рыб с другими сопутствующими видами рыб и гидробионтов. Как было установлено ранее, основное влияние на взаимоотношения лососей оказал именно трофический фактор.

Нами предпринята попытка оценки условий нагула камчатских лососей в Северной Пацифике по данным официальной статистики о состоянии их запасов, представляемой Россией в международные организации. Для этого были проанализированы материалы промысловой статистики, а также данные о билогических показателях рыб, начиная с 1971 г. — после периода депрессии основных промысловых камчатских стад тихоокеанских лососей, когда высокая численность лососей априори предусматривает изменение пищевых отношений между разными видами.

За 40-летний период прибрежные уловы основных видов лососей — горбуши, кеты и нерки изменялись: на Западной Камчатке — с 55 т до 114,4 тыс. т, с 100 т до 13,7 тыс. т и с 209 т до 22,3 тыс. т, соответственно; а на Восточной Камчатке — с 1,2 до 139,1 тыс. т, с 690 т до 12,4 тыс. т и с 230 т до 10,7 тыс. т, соответственно по видам. Сходные колебания уловов наблюдались для кижуча и чавычи. Размерные показатели рыб, в частности средняя масса тела, в уловах также изменялись значительно.

При рассмотрении средней массы тела лососей можно отметить, что наиболее мелкие рыбы были в уловах в 1990-х годах, когда наблюдался максимальный вылов горбуши на обоих побережьях: 114,37 тыс. т (1998 г.) и 85,21 тыс. т (2000 г.) на Западной Камчатке, и 83,64 тыс. т (1999 г.) — на Восточной (табл. 1). Колебания средней массы тела горбуши на Западной Камчатке были выше и составили от 1,01 до 1,79 кг, тогда как на Восточной Камчатке — от 1,03 до 1,50 кг. Большей вариабельностью отличались изменения средней массы кеты на западной Камчатке: 2,89–4,23 кг, против 3,00–4,15 кг (восточной), и нерки на восточной: 2,18–3,24 кг против 2,18–3,11 кг (западной). Хотя колебания уловов этих видов на обоих побережьях, как отмечалось выше, были ниже, чем горбуши. Причем, у всех видов (за исключением горбуши) отмечено снижение средней массы рыб к концу XX века. Такое же явление наблюдалось во всех регионах Дальнего Востока (табл. 2 и 3).

Таблица 1. Средняя масса тела (кг) камчатских лососей в прибрежных уловах на Западной и Восточной Камчатке с 1971 по 2010 гг. (по декадам)

Район	Вид	1971–1980	1981–1990	1991–2000	2001–2010	Средняя
Западная Камчатка	Горбуша	1,37	1,43	1,40	1,65	1,46
	Кета	3,98	3,62	3,38	3,50	3,62
	Нерка	2,86	2,88	2,55	2,83	2,78
	Кижуч	3,18	3,02	2,86	3,07	3,03
	Чавыча	10,36	11,16	8,10	7,19	9,20
Восточная Камчатка	Горбуша	1,23	1,23	1,24	1,33	1,26
	Кета	3,88	3,54	3,35	3,19	3,49
	Нерка	2,63	2,71	2,62	2,50	2,62
	Кижуч	3,32	3,10	2,98	2,93	3,08
	Чавыча	9,67	8,10	8,15	6,95	8,22

Таблица 2. Средняя масса тела горбуши и кеты (кг) в разных районах Дальнего Востока и ее изменение (в %) с 1970-х по 2000-е гг.

Район	Горбуша		Кета	
	кг	%	кг	%
Приморье	1,48	–11,0	3,57	+3,8
Амур	1,24	–21,7	3,37	–18,0
Курилы	1,32	+10,2	3,78	–8,4
Западный Сахалин	1,24	–7,9	3,61	–7,0
Восточный Сахалин	1,24	+8,2	3,58	–25,6
Северное побережье Охотского моря	1,27	+5,6	3,78	–7,0
Западная Камчатка	1,46	+19,2	3,62	–13,2
Восточная Камчатка	1,26	+7,9	3,49	–19,8
Север Берингова моря	1,35	+1,4	3,58	–7,2
Япония (Kaeriyama et al., 2008)	–	–	–	–26,3
Северная Пацифика (Helle et al.,2008)	–	–	–	–25,6

Таблица 3. Средняя масса тела нерки, кижуча и чавычи (кг) в некоторых районах Дальнего Востока и ее изменение (%) с 1970-х по 2000-е гг.

Вид	Западная Камчатка		Восточная Камчатка		Побережье Охотского моря		Север Берингова моря	
Нерка	2,78	–1,1	2,62	–5,0	2,59	–2,0	3,33	+1,2
Кижуч	3,03	–3,6	3,08	–12,7	3,86	+6,1	_	–
Чавыча	9,20	–34,4	8,22	–33,1	–	–	_	–

Попытаемся найти объяснение отмеченному явлению.

Как отмечалось выше, средняя масса рыб в уловах имеет большую вариабельность при значительных их колебаниях, что характерно для всех лососей при сравнении таковых по двум побережьям Камчатки. Причем это наблюдается у всех видов, независимо от того в какую сторону происходит изменение этого показателя. Однако, если горбуша и нерка в меньшей степени подвержена изменениям средней массы рыб по годам, то кета резко реагировала на изменение численности вылова, а значит и количества рыб, нагуливающихся в морских водах рыб. Она повсеместно снизила свои весовые показатели в уловах, за исключением одного региона — Приморья. Это свидетельствует о значительной плотностной зависимости роста этого вида в морских водах. Особенно четко прослеживалось это явление на кете Северной Америки и Японии, где средняя масса рыб в уловах снизилась на 1 и 1,1 кг, соответственно (по данным Helle et al., 2008 и Kaeriyama et al., 2008). Кроме того, значительно изменился возрастной состав возвращающихся на нерест рыб в сторону снижения возраста созревания. В других регионах воспроизводства снижение средней массы возвращающихся рыб было менее значительным: от 810 г у восточного Сахалина до 260 г у северного побережья Охотского моря и р. Анадырь, а также 250 г у юго-западного Сахалина. Однако уловы в последних районах намного ниже, чем там, где снижение веса было более существенным.

Ранее, одним из соавторов данного исследования было установлено, что в годы нагула высокочисленных поколений у горбуши (впрочем, как и у кеты) может расширяться спектр питания и уменьшаться средняя масса (Андриевская, 1966, 1975, 1988). Это может быть связано с высокой плотностью рыб в местах скоплений и переходом на питание второстепенными малокалорийными пищевыми объектами. По-видимому, это должно расцениваться как показатель нехватки основных кормов. Снижение среднего размера горбуши в высокоурожайных поколениях может быть следствием вынужденного перехода определенного количества особей на второстепенные, менее калорийные корма и увеличивающегося при этом расхода энергии на добычу корма, и, как следствие, снижение общей скорости роста (Андриевская, 1966; Бирман, 1985; Коваль, 2009).

В целом, анализ наших многолетних трофологических данных показал, что в пище молоди горбуши и кеты в Охотском море в последние десятилетия существенно увеличилась доля низкокалорийных пищевых объектов. Наряду с этим, произошло существенное расширение их спектров питания (рис. 1-А).

Увеличение общего количества пищевых объектов в последние годы отмечено у молоди лососей и в юго-западной части Берингова моря (рис. 1-Б). Однако, в этом районе не наблюдалось такого четкого изменения калорийности пищи, как в Охотском море. Вместе с тем, по нашим данным, условия для нагула лососей в прикамчатских водах Берингова моря всегда менее стабильны, чем в Охотском море, что связано с более низкой продуктивностью кормовой базы и меньшей площадью для нагула лососей в этом районе. В результате пищевой спектр лососей в Беринговом море всегда шире, чем в Охотском море (Коваль, 2007).

Наиболее продолжительный ряд наблюдений имеется по питанию взрослых лососей в северо-западной части Тихого океана. К сожалению, в этом ряду есть много пропущенных лет, и если рассмотреть его в целом, то можно видеть, что в отдельные периоды пищевой спектр лососей мог сужаться или расширяться. Однако при сравнении того же периода, который исследован для молоди в других районах — Охотское и Берингово моря, с 1965 по 2005 гг., в этом районе у взрослых лососей также происходило расширение пищевых спектров (рис. 2). Причем наиболее сильно эти изменения проявлялись у кеты. Кроме того, в этом районе в пище взрослой кеты доля низкокалорийной пищи практически всегда составляла более 50% рациона. В пище же горбуши в 1950–1970-е годы преобладал зоопланктон, тогда как в последующий период существенно возросла доля молоди рыб и кальмаров, что привело к увеличению калорийности ее рациона.

Таким образом, численность горбуши оказывает влияние не только на формирование биологических показателей этого вида разноурожайных поколений, а также на таковые других близких по экологии питания видов лососей, в частности кеты и нерки, питающихся сходной пищей. Так, в середине 1990-х годов, когда кета питалась в море в значительной степени желетелыми животными, она имела изменения структуры мышц, выражающиеся в их дряблости (Кловач, 2003). По мнению некоторых исследователей, такие особенности пищевого поведения этого вида обуславливались не только очень высокой численностью горбуши в море, а большим количеством кеты, выпущенной с рыбоводных заводов Японии, США, России и Канады.

По мнению В.Ф. Бугаева с соавторами (2007, стр. 206), высокая численность горбуши приводит к существенным изменениям размерных показателей нерки обоих побережий Камчатки. Причем, такое явление отмечено как под влиянием западнокамчатской, так и восточнокамчатской горбуши. Сходное влияние горбуши на формирование размерных показателей нерки Аляски отмечено американскими исследователями; считается, что численность горбуши оказывает воздействие и на другие виды лососей (Ruggerone, et al., 2003, 2004, 2005, 2007). Кроме того, в этом случае ряд исследователей (Заварина, 2006, 2008; Волобуев В.В., Волобуев М.В., 2000; Volobuev, 2000) отмечают изменение возрастного состава нерки и кеты, в частности увеличение среднего возраста возвращающихся на нерест рыб в разные регионы дальневосточного бассейна.

По мнению большинства исследователей это явление связано как с ограниченностью кормовых ресурсов Северной Пацифики, так и экологическими особенностями кеты — ее высокой пищевой пластичностью (Бирман, 1985; Марковцев, 2006; Davis et al., 2005; Karpenko et al., 2007; Helle et al., 2008; Kaeriyama et al., 2008; Beamish et al., 2005; Ishida et al., 2001; и др.). Кета не способна выдерживать пищевую конкуренцию с более адаптированными видами — горбушей и неркой. По нашему мнению, изменения средней массы других видов камчатских лососей — кижуча и чавычи, в большей степени связано с особенностями их промысла, а не ограниченностью кормовой базы этих видов.

Таким образом, ранее уже рассмотрели два основных фактора роста лососевых — это рацион и вес тела. Осталось упомянуть еще один важнейший фактор, влияющий на продуктивность тихоокеанских лососей — это температура. Именно температура, как нам кажется, и послужила основной причиной небывалого увеличения продуктивности горбуши, которое наблюдается в последнее десятилетие на Камчатке.

Как известно, горбуша является одним из самых теплолюбивых видов тихоокеанских лососей, в отличие от кеты и нерки (Бирман, 1985; Welch et al., 1995, 1998). Также известно, что повышение температуры в определенных пределах благоприятно для роста рыб, в особенности для теплолюбивых видов (Hoar et al., 1979; Shulman and Love, 1999). Вполне вероятно, что общее повышение температуры в Северной Пацифике, которое наблюдается в последние десятилетия (в том числе и в прикамчатских водах в период раннего морского нагула молоди), было благоприятным для выживаемости лососей Камчатки — об этом свидетельствует общее увеличение численности массовых видов — горбуши, кеты и нерки. Также это могло способствовать и более эффективному росту именно горбуши в море. Однако эта гипотеза требует дальнейшего изучения, в частности накопления данных и детального их анализа.

Заключение

Продолжительный ряд наблюдений питания тихоокеанских лососей камчатскими учеными (в течение более 50 лет) позволил выявить значительные межгодовые изменения, которые в большей степени отразились на пищевом спектре лососей-планктофагов — горбуши, кеты и нерки. Состав пищи этих лососей в течение периода наблюдений расширился в два-три раза, преимущественно за счет включения новых компонентов в их рацион. Кроме того, происходило как перераспределение значения отдельных групп животных, так и замена одних видов жертв другими. Это обстоятельство происходило на фоне тенденции повышения численности лососей после периода депрессии 1960-х - 1970-х годов. Кроме того, средняя масса возвращающихся на нерест лососей практически всех видов, за исключением горбуши, имела тенденцию к снижению. По нашему мнению, это связано с плотностными факторами в период морского нагула. Причем, наибольшее влияние на формирование биологических показателей лососей оказывал самый массовый вид — горбуша.

Лососи-нектонофаги — кижуч и чавыча, в течение периода исследований имели меньшие изменения спектра питания, что связано, как с низкой численностью этих видов, так и с их пищевой специали-

зацией. Вероятно, даже в периоды повышения плотности нагульных скоплений для кижуча и чавычи в морских водах достаточно нектонных животных. Кроме того, чавыча, как вид с длительным морским периодом жизни, обычно имеет более широкий спектр питания по сравнению с кижучем. Тенденция к снижению размерных показателей кижуча и чавычи, по нашему мнению, обусловлено главным образом особенностями их промыслового использования.

Таким образом, многолетние трофологические материалы по питанию камчатских лососей в морских водах свидетельствуют, что при значительном увеличении численности нагуливающихся рыб общая продукция их популяций в целом может значительно возрастать. Тем не менее, индивидуальные биологические показатели почти всех лососей, за исключением горбуши, начинают снижаться. Из всех видов тихоокеанских лососей горбуша может считаться доминантом, тогда как другие виды реагируют под ее воздействием снижением средней индивидуальной массы особей и изменениями других популяционных характеристик.

Благодарности

Настоящая публикация подготовлена в память о многих российских исследователях, явившихся пионерами изучения морского периода жизни тихоокеанских лососей начатого в 50-х годах прошлого века. 1 августа 1960 г. в КоТИНРО была организована лаборатория морских исследований лососей под руководством известного лососевика И.Б. Бирмана, которая продолжает изучение биологии этих важных рыб в Северной Пацифике до сих пор. В рейсах в разные регионы за весь этот период приняли участие несколько поколений научных и технических специалистов на самых разнообразных судах, часто в тяжелых условиях наших северных морей. Каждая рыба, проба или различные фоновые и биологические данные были получены в результате титанического труда команд и научных групп судов, поэтому их обобщение и публикация, по нашему мнению, должны быть доступны всем исследователям тихоокеанских лососей. Авторы выражают глубокую благодарность всем участникам сбора, первичной и камеральной обработки классическими методамипредставленных в настоящей публикации материалов.

Список литературы

Андриевская Л.Д. 1966. Пищевые взаимоотношения тихоокеанских лососей в море // Вопр. ихтиологии. Т. 6. Вып. 1. С. 84–90.

Андриевская Л.Д. 1975. Питание тихоокеанских лососей в морской период жизни // Автореф. дис. канд. биол. наук. ТИНРО. Владивосток. 28 с.

Андриевская Л.Д. 1988. Об обеспеченности пищей сеголеток западнокамчатской горбуши Oncorhynchus gorbuscha // Вопр. ихтиологии. Т. 28. Вып. 2. С. 332–334.

Атлас распространения в море различных стад тихоокеанских лососей в период весенне-летнего нагула и преднерестовых миграций. 2002 // под ред. О.Ф. Гриценко. М.: ВНИРО. 190 с.

Бирман И.Б. 1985. Морской период жизни и вопросы динамики стад тихоокеанских лососей. М.: Агропромиздат. 208 с.

Бугаев В. Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О., Зорбиди Ж.Ч., Остроумов А.Г., Тиллер И.В. Рыбы реки Камчатка. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2007. 488 с.

Волобуев В.В., Волобуев М.В. 2000. Экология и структура популяций как основные элементы формирования жизненной стратегии кеты Oncorhynchus keta континентального побережья Охотского моря // Вопр. ихтиологии. Т. 40, № 4. С. 516–529.

Заварина Л.О. 2006. Об изменении биологических показателей кеты Oncorhynhcus keta (Walbaum) на северо-восточном побережье Камчатки // Тр. ВНИРО. Т. 146. С. 211–226.

Заварина Л.О. 2008. Биология и динамика численности кеты (Oncorhynhcus keta) северо-восточного побережья Камчатки // Автореф. дис. канд. биол. наук. М. ВНИРО 25 с.

Карпенко В.И. и др. 1997. Методика морских исследований тихоокеанских лососей // Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 64 с.

Кловач Н.В. 2003. Экологические последствия крупномасштабного разведения кеты. М.: ВНИРО. 164 с.

Коваль М.В. 2007. Кормовая база и особенности питания тихоокеанских лососей в прикамчатских водах Охотского и Берингова морей и в северной части Тихого океана // Автореф. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 24 с.

Коваль М.В. 2009. Особенности нагула и преднерестовых миграций тихоокеанских лососей в прикамчатских водах летом 2009 г. // Бюл. № 4 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой про-

граммы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток. ТИНРО-Центр. С. 150–158.

Марковцев В.Г. 2006. Состояние рыбного хозяйства стран АТР и перспективы международного рыбохозяйственного научно-технического сотрудничества // Изв. ТИНРО. Т. 144. С. 365–398.

Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. 1974. М.: Наука. 254 с.

Романов Н.С. 1981. Морфология скелета головы тихоокеанских лососей в постэмбриональном онтогенезе // Автореф. дис. канд. биол. наук. М. 22 с.

Azuma T. 1991. Diurnal variations in salmon catch by surface gillnets in the Bering Sea during the summer // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. Vol. 57. № 11. P. 2045–2050.

Beamish R.J. et al. 2005. Changing trends in the rearing capacity of the Strait of Georgia ecosystem for juvenile Pacific salmon // NPAFC doc. 875. 15 p.

Davis N. 2003. Feeding ecology of Pacific salmon (Oncorhynchus spp.) in the central North Pacific Ocean and central Bering sea, 1991–2000 // Ph. D. Dissertation. Hokkaido Univ. Japan. 190 p.

Davis N.D., Fukuwaka M., Armstrong J.L., Myers K.W. 2005. Salmon food habits studies in the Bering sea, 1960 to present // NPAFC Tech. Rep. 6. p. 24–28.

Elliot J. 1975. The growth rate of brown trout (*Salmo trutta*), fed on maximum rations // J. Anim. Ecol. № 44. P. 805–821.

Helle J.H, Martinson E.C., Fukuwaka M. 2008. Is body size of maturing chum salmon returning to North America and Japan related to population density and/or sea conditions in the eastern Bering sea // BASIS Symposium. P. 37.

Hoar W.S., D.J. Randall and J.R. Brett. 1979. Bioenergetics and Growth // Fish Physiology. Vol. VIII. Academic Press. New York, 786 p.

Ishida Y. et al. 2001. Interannual variability in stock abundance and body size of Pacific salmon in the central Bering sea // NPAFC Doc. 549. 12 p.

Kaeriyama M., Seo H., Urawa S. 2008. Perspective on production trends and Carrying Capacity of Pacific salmon in the North Pacific // BASIS Symposium. P. 33.

Karpenko V.I. 2003. Review of Russian marine investigations of juvenile Pacific salmon // Bull. NPAFC, N. 3, Vancouver, C. 69–88.

Karpenko, V.I., Volkov A.F., Koval M.V. 2007. Diets of Pacific salmon in the Sea of Okhotsk, Bering Sea, and Northwest Pacific Ocean // NPAFC Bull. 4 P. 105–116.

Krogh A. 1914. The quantative relation between temperature and standart metabolism in animals // Int. Z. Phys.-Chem. Biol. №1. P. 491–508.

Ruggerone G.T., M. Zimmerman et al. 2003. Competition between Asian pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) and Alaskan sockeye salmon (*O. nerka*) in tha North Pacific ocean // Fish. Oceanogr. 12 (3). P. 209–219.

Ruggerone G.T., and J.L. Nielson. 2004. Evidance for competitive dominance of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) over other salmonids in the North Pacific ocean // Rev. Fish Biol. Fish. 14 (3). P. 371–390.

Ruggerone G.T., E.V. Farley Jr., et al. 2005. Seasonal marine growth of Bristol Bay sockeye salmon (Oncorhynchus nerka) in relation to competition with Asian pink salmon (*O. gorbuscha*) and the 1977 ocean regime // Fish. Bull. 103 (2). P. 355–370.

Ruggerone G.T., J.L. Nielson, and J. Bumgarner. 2007. Linkages between Alaskan sockeye salmon abundance, growth at sea, and climate, 1955–2002 // Deep Sea Res. II. 54 (23-26). P. 2776–2793.

Shulman G.E. and R.M. Love. 1999. The biochemical ecology of marine fishes. Advances In Marine Biology: Vol. 36. Academic Press. London. 351 p.

Stauffer G. 1973. A growth model for salmonids reared in hatchery environments // Ph. D. Thesis. University of Washington. Seattle.

Volobuev V.V. 2000. Long-term changes in the biological parameters of chum salmon of the Okhotsk Sea. NPAFC Bull. 2. P. 175–180.

Welch D.W., A.I. Chigirinsky, et al. 1995. Upper thermal limits on the oceanic distribution of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) in the spring. Can. J. Fish. Aguat. Sci. 52 (3). P. 489–503.

Welch D.W., Y. Ishida, et al. 1998. Thermal limits and oceanc migrations of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*): long-term consequences of global warming. Can. J. Fish. Aguat. Sci. 55 (4). P. 937–948.

УДК 594.582.2/.8

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЗАПАСА КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА (*BERRYTEUTHIS MAGISTER*) У КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО И СТОХАСТИЧЕСКОГО ПОДХОДОВ

Катугин О.Н., Кулик В.В.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток

Контактный e-mail: katugin@tinro.ru

Введение

Командорский кальмар (Berryteuthis magister) — основной промысловый вид головоногих моллюсков на Дальнем Востоке России (Nesis, 1998; Roper et al., 2010). Траловый промысел этого вида кальмара ведется, в основном, в Тихом океане у Курильских остр о-вов и Юго-Восточной Камчатки, а также в северо-западной части Берингова моря. Вылов кальмара на склоне у средних и Северных Курил составлял в разные годы от 60,9 до 99,2% общего вылова данного вида в водах России. Сезонные и годовые флуктуации уловов и расчетной биомассы командорского кальмара могут быть очень значительными, что затрудняет краткосрочное и долгосрочное прогнозирование динамики запаса. В связи с этим, мы попытались проанализировать и смоделировать межгодовую изменчивость уловов и биомассы командорского кальмара по данным, собранным за период промысла этого вида, с целью выявления факторов, детерминирующих величину и динамику годового вылова, а также прогнозирования тенденций изменений уловов и биомасс.

Материал и методика

Данная работа основана на ежедневных данных о промысле (ССД) командорского кальмара в Северо-Курильской промзоне за период с января 1979 г по декабрь 2011 г., имеющихся в зарегистрированной за ТИНРО-Центром базе данных промысловой информации «Промысел» (№ 0220006764). При анализе промысла использовались такие показатели как вылов за год и уловы на судосутки лова, осредненные по годам.

Поскольку донные съемки у Курильских островов проводятся крайне редко с периодичностью примерно один раз в 10 лет (в 2000 г. и 2009 г. на НИС «Профессор Леванидов»), кроме того шельф и материковый склон узкий, рельеф дна очень изрезан, что не позволяет организовать проведение донной траловой съемки по сетке станций. В связи с этим в ТИНРО разработана методика определения биомассы командорского кальмара методом «траловых дорожек» исключительно в скоплениях, на основании величины улова на траление и суточного вылова промысловыми судами. Принятая методика используется на протяжении многих лет и подробно описана (Раилко, 2005).

Из имеющихся в нашем распоряжении рядов наблюдений наиболее продолжителен ряд уловов командорского кальмара у Курильских островов. Он состоит из 33 значений суммарного годового вылова и промысловых усилий с 1979 года, а также оценок биомассы с 1987 по 2011 годы. Таким образом, информационное обеспечение расчётов соответствует второму уровню. Согласно предосторожному подходу при таком уровне информационного обеспечения рекомендуется использовать продукционные модели или методы экстраполяции временных рядов (Бабаян, 2000).

Детерминированный подход включал использование регрессионного анализа и продукционных моделей: линейной с логистическим уравнением популяционного роста модели Шефера (Schaefer, 1954, 1957), модифицированной Прагером (Prager, 1994; Prager et al., 1996); нелинейной Фокса (Fox, W. W., 1970) и обобщённой Пелла-Томлинсона (Pella and Tomlinson, 1969), модифицированной Флетчером (Fletcher, 1982). Для подгонки параметров продукционных моделей использована программа ASPIC (Prager, 2011).

Стохастический подход реализован в данной работе при экстарполяции временных рядов методами авторегрессии скользящего среднего (АРСС).

Разница между наблюдёнными значениями и результатами модели сравнивалась с колебаниями климата, представленными климатическими индексами северо-западной части Тихого океана. Предварительный отбор наиболее подходящих климатических ин-дексов из числа общедоступных (на сайте www.beringclimate.noaa.gov) осуществлён по значениям критерия максимальной информации MIC (Reshef et al., 2011; Speed, 2011).

Результаты и обсуждение

Среди всех исследованных продукционных моделей наилучшим соответствием имеющимся в нашем распоряжении рядам наблюдений обладала модифицированная Прагером модель Шефера. Наша задача была не столько оценить параметры модели, сколько найти возможные пути снизить её расхождение с наблюдёнными данными посредством добавления климатических индексов. Модельные оценки биомассы командорского кальмара у северных Курильских островов из 1000 бутстрэп-выборок практически полностью накрывают кривую динамики биомассы, полученную на основании прямых оценок биомассы (рис. 1а), при этом средние значения нередко достигают десятков тысяч тонн (рис. 1б). Конечно, значительная неопределённость может присутствовать и в экспертных оценках, но в данной работе ряды «наблюдённой» биомассы и уловов условно принима-ются достаточно точными.

Предварительная фильтрация по максимальным значениям MIC выявила довольно слабую связь остатков биомассы командорского кальмара у северных Курильских островов с климатическими индексами (табл. 1). Для приведенных максимальных по знкачеиям MIC пар нет ни одной со статистически значимым коэффициентом корреляции Пирсона, Спирмена или Кендала (рис. 2).

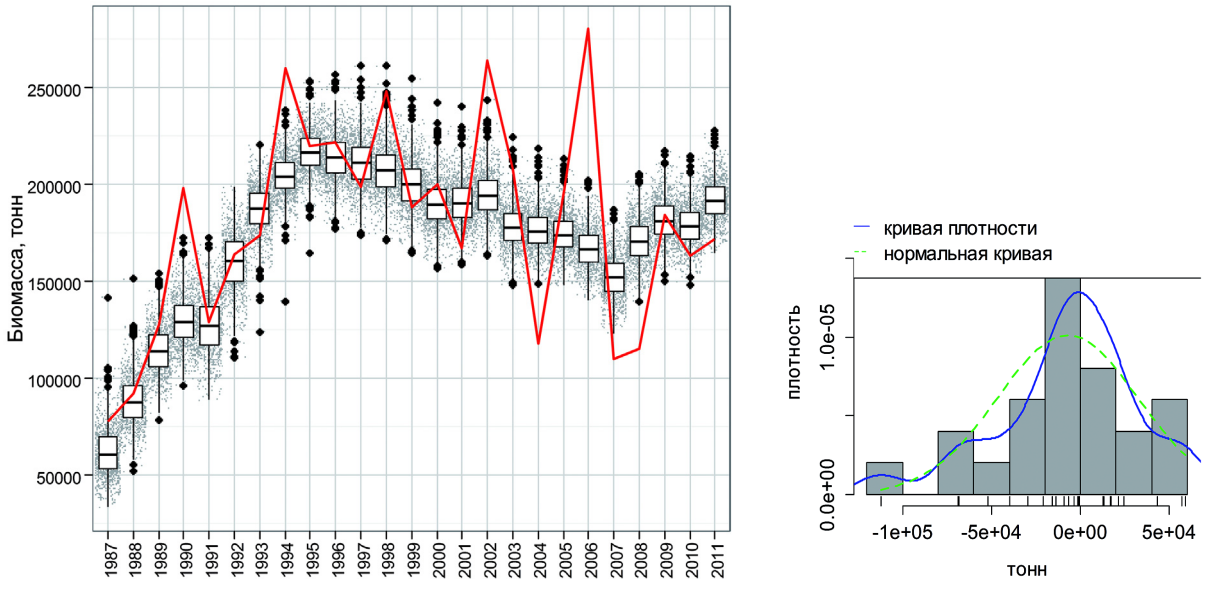
Сплайн аппроксимация распределения неучтённой моделью биомассы по значениям индексов PDOs и WPsp с лагом в один год выглядит обнадёживающе (рис. 3), но при поиске всевозможных вариантов генерализованных аддитивных моделей, включающих сплайн сглаживание распределений в различных сочетаниях, не найдено ни одной значимой.

Таким образом, улучшить точность прогнозирования биомассы, работая с её остатками после модели Шефера, не удалось.

Теперь допустим, что у нас нет необходимых для продукционных моделей рядов (вылова и усилия или индекса биомассы). Тогда можно применить стохастический подход, например, экстраполировать временной ряд биомассы.

Таблица 1. Значения MIC между остатками биомассы командорского кальмара у северных Курильских островов и климатическими индексами

Лаг	Индекс	MIC
1 год	WPsp (Wallace and Gutzler, 1981)	0,42
0	PDOs (Mantua et al., 1997)	0,38
0	NPIa (Kalnay et al., 1996)	0,38



А Б

Рис. 1. Отличие экспертных и восстановленных по модели Шефера оценок биомассы командорского кальмара у северных Курильских островов: а — по годам, б — в среднем

В режиме автоматического поиска оптимальной модели АРСС экспертные оценки биомасс командорского кальмара у северных Курильских островов статистически значимо не отличались по динамике от белого шума со смещением 179080±s=53245 тонн (рис. 4). С практической точки зрения такая модель бесполезна. Если допустить, что ряд экспертных оценок биомассы менее точен, чем промысловая статистика годового вылова и анализ его хода по годам, и может каким-то образом отражать биомассу запаса лучше, то попробуем рассмотреть варианты модели экстраполяции временных рядов вылова (рис. 5).

С одной стороны, модель АРСС (0,1,1) по вылову имеет меньше шума (s(et) = 13,9 тыс. т), но с другой стороны значение её информационного критерия Акайке (Akaike, 1974) больше (706), чем у модели белого шума по биомассе (620). Однако от этой модели пользы больше, так как теперь мы имеем однозначное подтверждение временной автокорреляции в один год (тест KPSS (Kwiatkowski et al., 1992) статистически значим), которую можно использовать при построении других моделей по вылову.

Рассмотрим корреляцию вылова командорского кальмара с климатическими индексами (табл. 2, рис. 6).

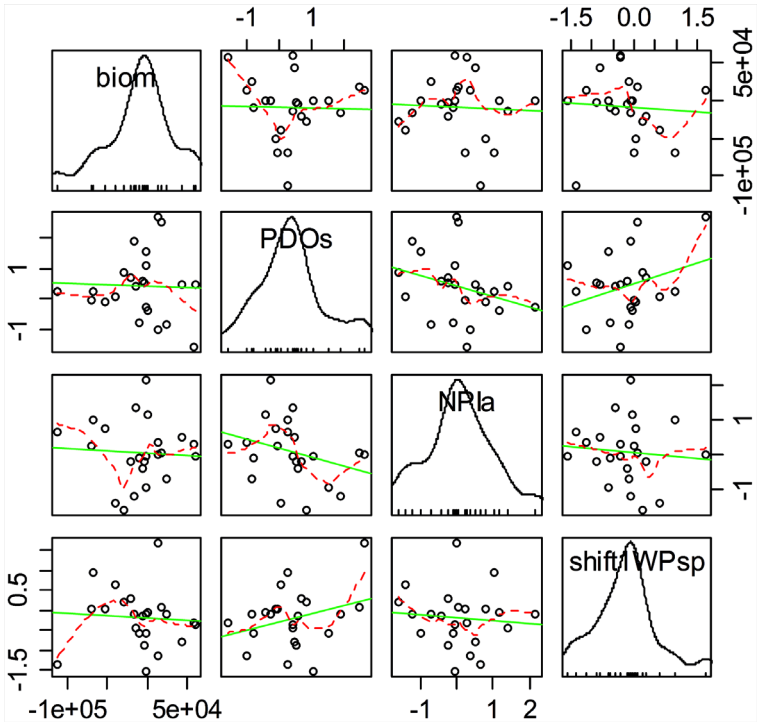


Рис. 2. Интеркорреляции климатических индексов и разницы между модельными и экспертными (biom) оценками биомассы командорского кальмара у северных Курильских островов

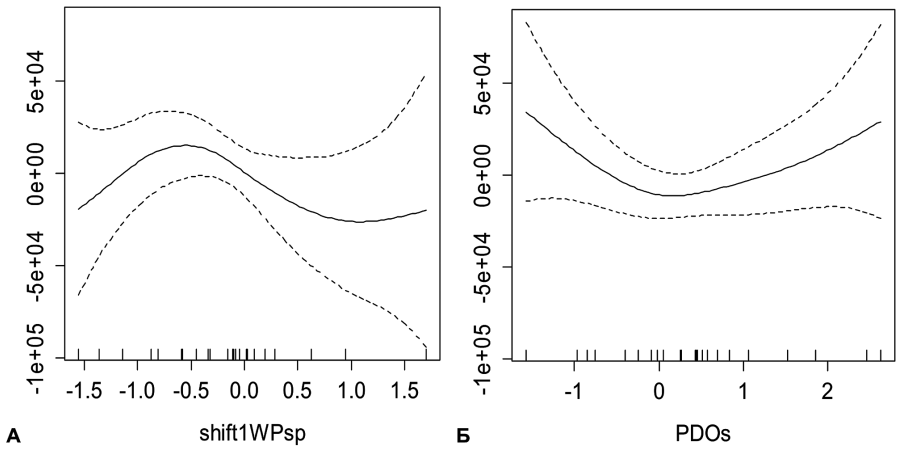


Рис. 3. Сплайн аппроксимация отличий в оценках биомасс командорского кальмара у северных Курильских островов, распределённых по значениям климатических индексов: а) shift1WPsp — WPsp с временным сдвигом в один год, б) PDOs

Связь уловов смежных лет оказалась довольно сильной, но были и некоторые другие статистические корреляции, которые могли бы улучшить наши оценки уловов командорского кальмара. В результате множественного перебора всех наиболее вероятных сочетаний индексов в моделях линейной регрессии оказалось, что, кроме самих уловов, оптимальным будет добавление только одного индекса — NPIa, вклад которого в суммарный коэффициент детерминации составляет около 10% (рис. 7а).

На линейных моделях подробнее останавливаться не будем, так как связь между уловами соседних лет оказалась нелинейной (рис. 7б). Отбор наиболее подходящей функции связи уловов следующих годов по критерию Акайке выявил, что кривая логистического роста приближалась к данным лучше (38,299), чем экспоненциальная (38,318) и линейная (44,837).

В итоге подбора коэффициентов логистической кривой получилась формула 1:

$$Y_{t+1} = \frac{a \times Y_t}{1 + b \times Y_t},$$

где Y — вылов, t — год, a и b — коэффициенты (1).

Метод складного ножа (Seber and Wild, 2003) выявил сильное влияние на коэффициент a уловов 1982, 1984 и 2005 годов, а на коэффициент b уловов 1982, 1984, 2005 и 2006 годов. Соответственно, удаление этих лет изменяет коэффициенты: $a \approx 2{,}08$ (доверительный интервал от 0,37 до 3,8), $b \approx 2{,}33 \times 10^{-5}$ (доверительный интервал от $-1{,}57 \times 10^{-5}$ до $6{,}23 \times 10^{-5}$).

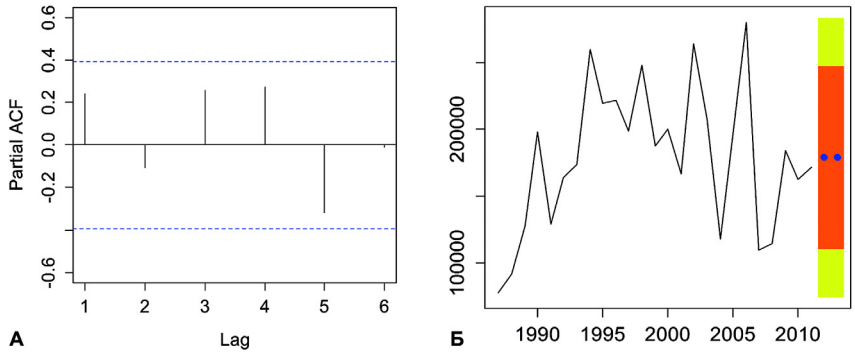


Рис. 4. Частная автокорреляционная функция ряда экспертной оценки биомасс командорского кальмара у северных Курильских островов (а) и прогноз по модели ARCC (0, 0, 0) на 2012 и 2013 годы (б)

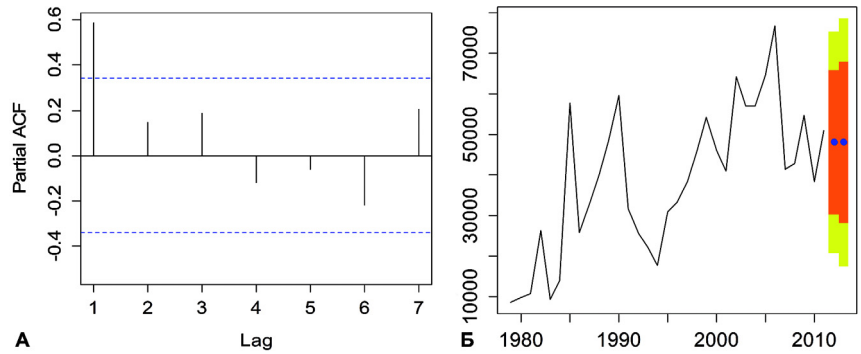


Рис. 5. Частная автокорреляционная функция годового вылова командорского кальмара у северных Курильских островов (а) и прогноз модели ARCC (0, 1, 1) на 2012 и 2013 годы (б)

Таблица 2. Некоторые значения MIC для уловов командорского кальмара у северных Курильских островов (СК) и западной части Берингова моря (ЗБМ)

X	Y	MIC
Улов у СК	улов через год	0.69
WPsp	улов через год	0.38
PDOs	улов через год	0.38
NPIa	улов через год	0.32
улов в ЗБМ	улов через год	0.30

Как до, так и после исключения выбросов стандардизированные остатки смоделированного по формуле 1 улова проявляют линейную отрицательную корреляцию с индексом NPIa (рис. 8а).

Найденное значение коэффициента для включения в формулу 1 индекса NPIa позволяет вывести формулу 2:

$$Y_{t+1} = \frac{a \times Y_t}{1 + b \times Y_t} + c \times I_t,$$

где *a,b* и *c* — коэффициенты, I — значения NPIa (2).

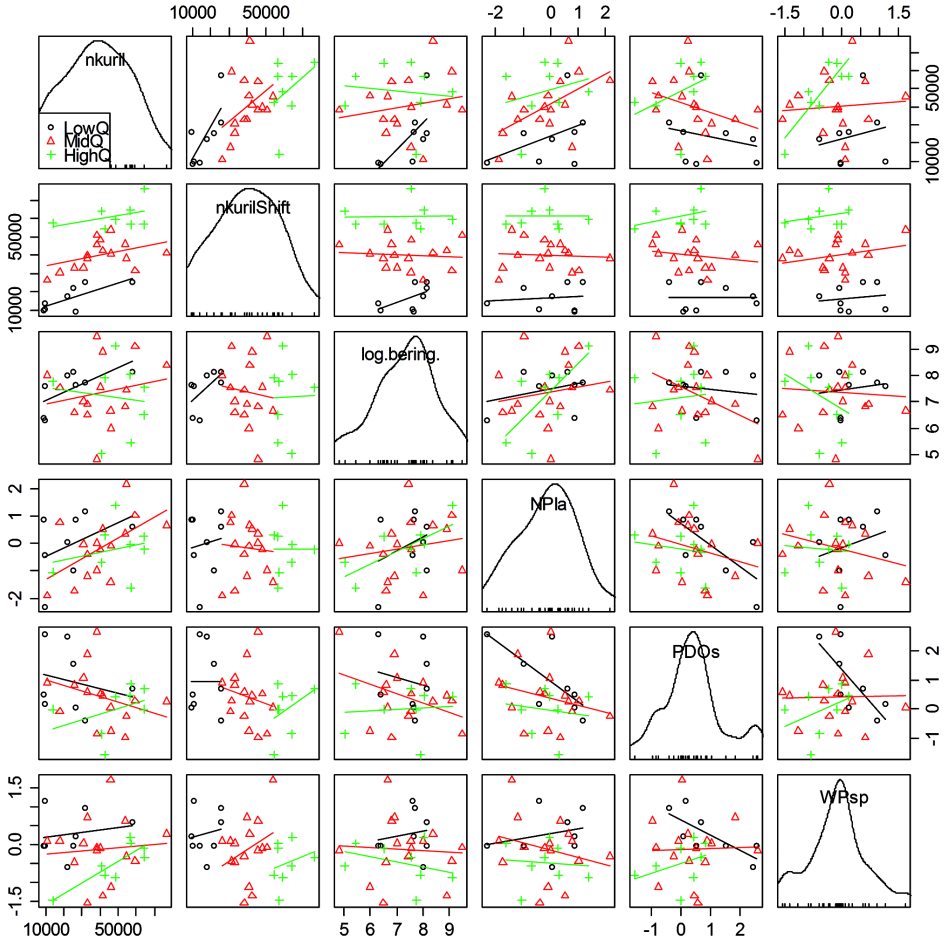


Рис. 6. Поквартильная корреляция вылова командорского кальмара и индексов (LowQ — первые 25%, MidQ от 25 до 75%, HighQ — более 75% у северных Курильских островов, ранжированного по увеличению (nkurilShift), nkuril — вылов у северных Курильских островов предыдущего года, log.bering — логнормированный вылов в западной части Берингова моря предыдущего года; NPIa, PDOs, WPsp — климатические индексы)

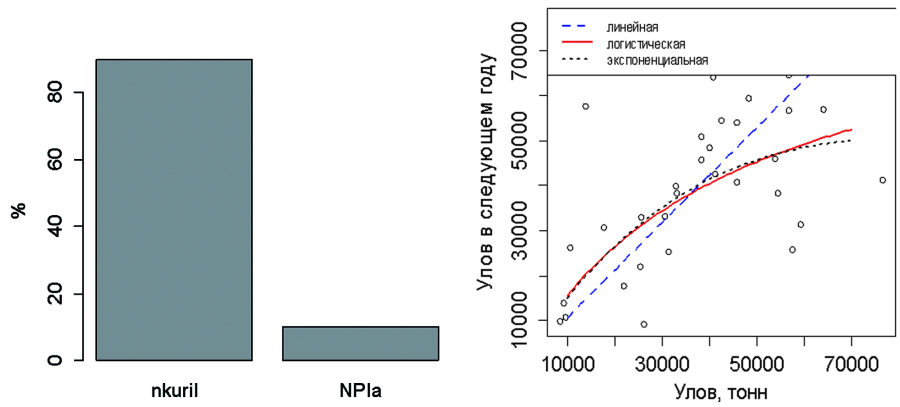


Рис. 7. Доля в общем коэффициенте детерминации линейной модели (а) и варианты аппроксимации связи уловов командорского кальмара у северных Курильских островов в смежные годы (б)

Уточнённые методом складного ножа коэффициенты приведены в табл. 3.

В итоге, формула 2 оказалась немного предпочтительнее формулы 1 по критерию Акайке (линейный 698< 704, линейный смешанный с пуассоновым шумом 133836 < 157170), и по *F*-критерию дисперсионного анализа формула 2 имеет слабое преимущество. Однако, формула 2 добавляет к ранее выделенным выбросам ещё и 1985 год, а также хорошо улавливает выброс 1982 года (рис. 8б).

Восстановленные по формулам 1 и 2 уловы командорского кальмара показаны на фоне статистики вылова (рис. 9).

Заключение

Для работы с рядом биомассы командорского кальмара у Курильских островов лучше остальных подходит модифицированная Прагером модель Шефера. При этом следует помнить, что эта модель создавалась для поиска точки максимального устойчивого вылова, а модельный ряд биомассы является «побочным» продуктом и, по мнению авторов, недостаточно точным. Тем не менее, используя методы детерминированного и стохастического подходов (регрессионный анализ и анализ временных рядов) в отношении биомассы построить модель лучше названной продукционной не удалось.

Анализ ряда вылова показал, что, по большей части, вылов следующего года может быть угадан по вылову и значению индекса NPIa текущего года. Включение климатического индекса при экстраполяции временных рядов вылова способно немного улучшить их схождение. Тем не менее, использовать этот метод вряд ли целесообразно, если, кроме статистики вылова, есть еще и данные о промысловых усилиях или оценках биомасс, так как, используя экстраполяцию вылова, мы допускаем, что промысловые усилия из года в год были одинаковыми, чего в реальности не бывает.

Таблица 3. Коэффициенты формулы 2

Коэффициент	Минимальное значение доверительного интервала	Среднее	Максимальное значение доверительного интервала
a	0,56	1,65	2,75
b	–9,96г10^{-6}	1,42×10^{-5}	3,84г10^{-5}
c	–9754	–5477	–1201

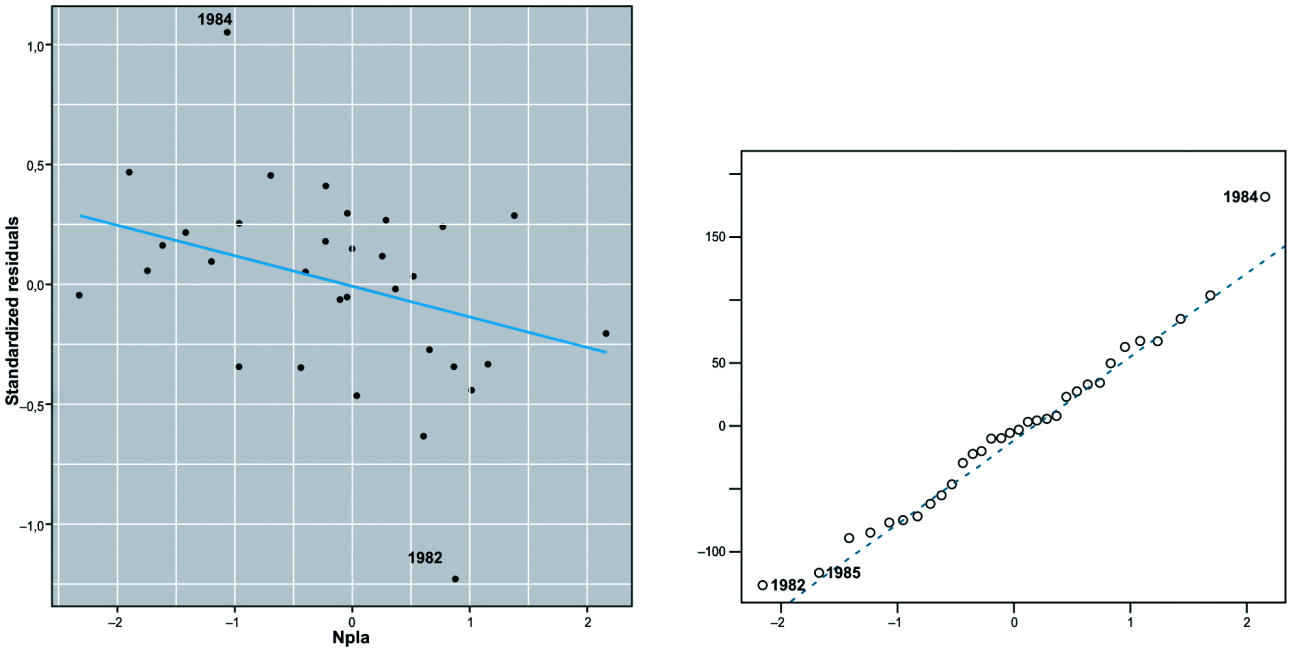


Рис. 8. Распределение стандардизированной разницы между выловом командорского кальмара и его значением по формуле 1 по значениям индекса NPIa (а) и отношение квантилей стандардизированных ошибок формулы 2 против нормальных (прямая линия) (б), где значимые отклонения подписаны соответствующим годом

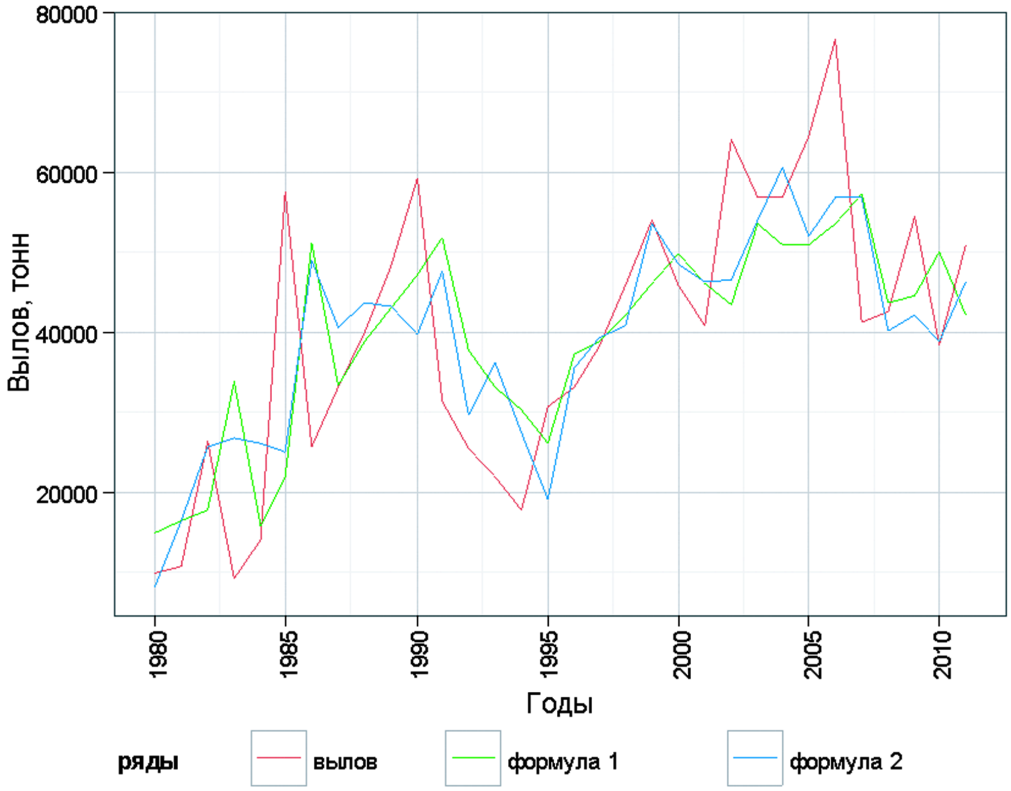


Рис. 9. Уловы командорского кальмара в районе Курильских островов

Благодарности

Авторы выражают признательность Диденко В.Д. за предоставленные оценки биомассы командорского кальмара методом «траловых дорожек», а также всем сотрудникам НТО ТИНРО, принимавшим участие в рейсах и программистам, написавшим свободный язык статистического программирования R[1]: и многим другим авторам оригинальных библиотек функций[2] для R, использованных в данной работе.

[1] *R Core Team* (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL *http://www.R-project.org/*

[2] *H. Wickham.* ggplot2: elegant graphics for data analysis. Springer New York, 2009;
Wood, S.N. (2011) Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. Journal of the Royal Statistical Society (B) 73(1): 3–36
Wood, S.N. (2004) Stable and efficient multiple smoothing parameter estimation for generalized additive models. Journal of the American Statistical Association. 99: 673–686.
Rob J Hyndman with contributions from SlavaRazbash and Drew Schmidt (2012).forecast: Forecasting functions for time series and linear models. R package version 3.24. *http://CRAN.R-project.org/package=forecast*
F. Baty and M.L. Delignette-Muller (2011), nlstools: tools for nonlinear regression diagnostics.
Edsel A. Pena and Elizabeth H. Slate (2010).gvlma: Global Validation of Linear Models Assumptions. R package version 1.0.0.1.*http://CRAN.R-project.org/package=gvlma*
Thomas Lumley using Fortran code by Alan Miller (2009). leaps: regression subset selection. R package version 2.9. *http://CRAN.R-project.org/package=leaps*
Angelo Canty and Brian Ripley (2012).boot: Bootstrap R (S-Plus) Functions. R package version 1.3–5.
Simon Urbanek (2011). rJava: Low-level R to Java interface. R package version 0.9–3.
http://CRAN.R-project.org/package=rJava

Список литературы

Бабаян В.К. 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): Анализ и рекомендации по применению. М.: ВНИРО, 212 с.

Раилко П.П. Методы оценки плотности распределения и биомассы командорского кальмара // Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2005, С. 59–60.

Akaike H. 1974. A new look at the statistical model identification // IEEE Transactions on Automatic Control. V. 19. № 6. P. 716–723.

Fletcher R.I. 1982. A class of nonlinear productivity equations from fishery science and a new formulation // Math. Biosci. V. 61. P. 279–293.

Fox, W. W. J. 1970. An exponential yield model for optimizing exploited fish populations // Trans. Am. Fish. Soc. V. 99. P. 80–88.

*Kalnay E.,Kanamitsu M., Kistler R., Collins W.*1996.The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project // Bull. Amer. Meteor. Soc. V. 77. P. 437-471.

Kwiatkowski D.,Phillips P. C. B., Schmidt P., Shin Y. 1992. Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of a Unit Root // Journal of Econometrics. V. 54. P. 159–78.

Mantua Nathan J., Hare Steven R., Zhang Yuan, Wallace John M., Francis Robert C. 1997. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production // Bulletin of the American Meteorological Society. V. 78. № 6. P. 1069–1079.

Nesis K.N. 1998. The gonatid squid Berryteuthis magister (Berry, 1913): distribution, biology, ecological connections, and fisheries, in: Okutani, T. (Ed.) // Contributed Papers to International Symposium on Large Pelagic squids, JAMARC, Tokyo, 233–249.

Pella J.J., Tomlinson P.K. 1969. A generalized stock production model // Trop. Tuna Comm. V. 13. P. 419–496.

Prager M.H. 1994.A suite of extensions to a nonequilibrium surplus-production model // Fishery Bulletin. V. 92. P. 374–389.

Prager M.H. 2011.User's Manual for ASPIC?: A Stock - Production Model Incorporating Covariates (ver. 5.47). P. 26.

Prager M.H., Goodyear C.P., Scott G.P. 1996. Application of a Surplus Production Model to a Swordfish-Like Simulated Stock with Time-Changing Gear Selectivity // Transactions of the American Fisheries Society. V. 125. № 5. P. 729–740.

Reshef David N., Reshef Yakir A., Finucane Hilary K., Grossman Sharon R., McVean Gilean, Turnbaugh Peter J., Lander Eric S., Mitzenmacher Michael, Sabeti Pardis C. 2011. Detecting novel associations in large data sets // Science (New York, N.Y.). V. 334. № 6062. P. 1518–1524.

Roper C.F.E., Jorgensen E.M., Katugin O.N., Jereb P. 2010. Family Gonatidae, in: Jereb, P., Roper C.F.E. (Eds.) // Cephalopods of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Cephalopod Species Known to Date. Volume 2. Myopsid and Oegopsid Squids, Rome, FAO: 200–222.

Schaefer M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries // Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. V. 1. № 2. P. 27–56.

Schaefer M.B. 1957. A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean // Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. V. 2. P. 247–268.

Seber G., Wild C. 2003. Nonlinear Regression. New York: Wiley. 792 p.

Speed T. 2011. Mathematics. A correlation for the 21st century // Science (New York, N.Y.). T. 334. № 6062. С. 1502–1503.

Wallace J.M., Gutzler D.S. 1981. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere // Mon. Wea. Rev. V. 109. P. 784–812.

УДК 597.553.2

НЕРЕСТИЛИЩА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ АМУРА. ИТОГИ ОБСЛЕДОВАНИЙ 2005–2012 ГГ.

Михеев П.Б., Подорожнюк Е.В., Золотухин С.Ф., Островский В.И., Семенченко Н.Н., Медков Л.В.

ФГУП «ХфТИНРО–Центр», г. Хабаровск
Контактный e-mail: pmikheev@yandex.ru

Введение

Обследование нерестилищ тихоокеанских лососей *Oncorhynchus* важная составляющая системы мониторинга состояния их популяций, необходимая для прогнозирования запасов и планирования ведения промысла.

Цель проведенных работ осветить современное заполнение некоторых нерестилищ тихоокеанских лососей Амура, оценить зависимость заполнения от ряда факторов, а также оценить масштабы браконьерства в районах нереста лососей. Проведение таких исследований необходимо для оценки значимости разных речных систем Амура в естественном воспроизводстве амурских лососей в настоящее время. Обозначенная цель в большей степени относится к осенней кете *O. keta*, чем к летним лососям. Работы по осенней кете ведутся с 2005 года. Специализированное обследование нерестилищ летней кеты проводилось только в 2011 году, горбуши *O. gorbuscha* в 2011 и 2012 гг.

Материал и методика

География проведения работ затрагивает 15 рек Амурского бассейна, но систематические исследования проводились только на двух реках: Хор и Анюй (табл. 1). Поскольку проведение работ во всем бассейне притока Амура требует существенных материальных и временных затрат, исследованиям подвергали центр репродуктивного ареала лососей обследуемого водотока. Протяженность маршрутов составляла не менее 10% от части реки, используемой лососями для нереста.

В большинстве случаев работы проводились методом маршрутной съемки с фиксацией результатов визуальных наблюдений. На нерестилищах подсчитывали живых производителей, снёнку, а также нерестовые бугры. Замеряли площадь всего нерестилища и площадь используемую лососями для нереста на момент проведения работ. Подсчитывали число производителей отловленных и оставленных браконьерами.

Таблица 1. Обследованные водотоки системы Амура

Район работ (расстояние от устья Амура, км)	Река (длина, км)	Период работ
	Летняя кета, горбуша	
23	Большой Ваккер (8)	VIII 2007
43	Нижняя Патха (16)	VIII 2007, 2008, 2011, VII 2012
41	Таракановка (21)	VIII 2007, 2011
59	Камора (20)	VIII 2007
52	Личи (20)	VIII 2007
80	Первая Вайда (20)	VIII 2007, 2011, VII 2012
174	Акша (58)	VIII 2011, VII 2012
210	Хилка (26)	VIII 2011, VII 2012
225	Гера (41)	VIII 2011, VII 2012
260	Кривая Кенжа (39)	VIII 2011, VII 2012
	Осенняя кета	
475	Нимелен (311)	X, 2008
450	Керби (254)	X, 2009
1051	Кур (434)	X, 2006, 2010
894	Анюй (393)	X, 2007–2011
1115	Хор (453)	X, 2005–2011

Обследование с использованием вертолета Ми 8 проводилось дважды, в 2008 году на реке Нимелен и в 2010 году в бассейне реки Кур. Забегая вперед, отметим, что во втором случае эффективность использования воздушного суда была существенно ниже ввиду приуроченности нерестилищ осенней кеты реки Кур к небольшим протокам, расположенным в густом древостое придаточной системы.

Результаты и обсуждение

Нерестилища летних лососей Амура

В результате работ, проведенных в 2011 году, было установлено, что плотность летней кеты, зашедшей на нерест в реки существенно различалась. Наибольшие значения отмечены в ближайших к устью Амура водотоках рр. Нижняя Патха и Первая Вайда. В остальных притоках она была существенно ниже (табл. 2).

Тоже было отмечено для горбуши. Высокую плотность этого вида в 2011 году наблюдали в реках Нижняя Патха, Первая Вайда, Таракановка. По мере удаления от устья Амура количество горбуши резко сокращалось. В р. Кривая Кенжа горбуша нами не отмечена. В 2012 году подобного выявлено не было (табл. 2). Высокая плотность, связанная с подходом урожайного поколения горбуши четных лет, отмечалась как вблизи устья Амура, так и на расстоянии свыше 200 км от него.

Наиболее вероятной причиной наблюденного в 2011 году распределения летних лососей является то, что в период их захода был отмечен чрезмерный прогрев воды в р. Амур. Во второй половине июля начале августа температура воды в Амуре не опускалась ниже 25–27 °С, температурный максимум доходил до 29 °С. В период наибольших значений температуры воды в Амуре, ход летних лососей продолжался. Рыба начала в массе заходить в ближайшие холодноводные притоки. Отметим, что в период с 26 июля по 4 августа до наблюдательного пункта, расположенного в 70 км от устья Амура лососи не доходили, хотя в лимане Амура уловы были стабильными (рис. 1).

Значительная доля летних лососей, зашедших в нерестовые притоки в 2011 году, погибла (табл. 2). Погибшие производители характеризовались I–II стадией брачного наряда, не имели внешних повреж-

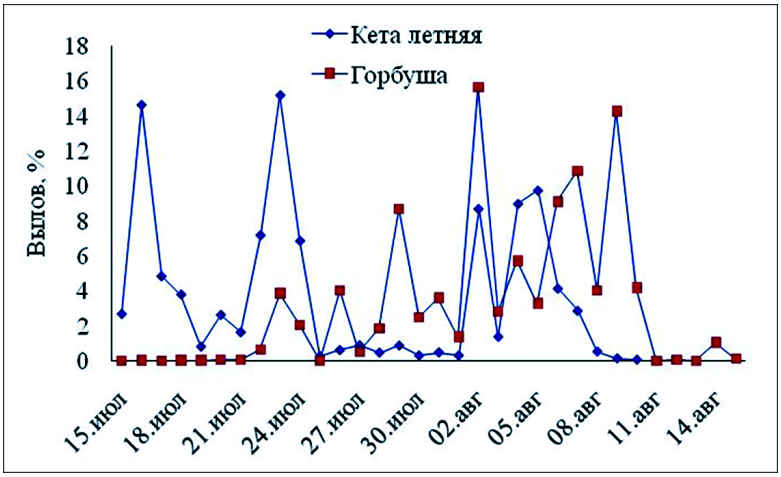


Рис. 1 Динамика уловов летних лососей в лимане Амура в 2011 году

Таблица 2. Обследованные водотоки системы Амура

Река	Летняя кета			Горбуша			
	2007	2008	2011	2007	2008	2011	2012
Большой Ваккер	0,117			83,3			
Нижняя Патха	0,378	1,5	51,85 (97,3)*	1,77	5,9	20,85 (34,4)*	67,47
Первая Вайда	0,075		18,4 (97,3)*	0,20		3,44 (34,6)*	31,46
Таракановка			3,7 (23,1)*			2,46 (4,6)*	
Акша			0,051			0,013	21,89
Хилка			0,35			0,013	51,54
Гера			0,097			0,0028	42,85
Кривая Кенжа			0,017			0	6,67

*Доля снёнки от всего числа учтенных производителей

дений покровов тела, жабр. Большая часть живых производителей характеризовалась III–IV стадией брачного наряда.

Был зафиксирован факт дифференцированной смертности самцов и самок у кеты и горбуши. Количество погибших самцов у горбуши выше в 1,7 раза, чем у самок. У летней кеты наоборот число погибших самок было в 2 раза выше, чем самцов. Отметим, что количество погибшей летней кеты относительно такового горбуши выше в несколько раз (табл. 2), что может быть связано с большей экологической пластичностью горбуши.

Параллельно в 2007–2011 гг. проводился учет производителей и молоди симы *O. masu*. Показатели их плотности в исследованных реках варьируют (рис.2). Интересно, что в 2011 году в реках приустьевой части Амура не было встречено молоди этого вида, хотя ранее в 2007–2008 гг. она нами в этих водотоках отмечалась. Учитывая особенности биологии вида (Семенченко, 1989) можно предположить, что в 2009–2010 году нереста симы в приустьевом районе не было, а в реках, расположенных выше он имел место. И наоборот, производители симы в 2011 г. были отмечены в реках Нижняя Патха и Тараковка, хотя в 2007 они не были встречены. Интересно присутствие большого числа производителей симы в наиболее удаленной от устья Амра реке Кривая Кенжа. Ранее экспедициями Амургосрыбвода (Отчет…, 1956) на всем протяжении этой реки не было учтено производителей этого вида. Вполне возможно, что сима в Амуре представлена рядом локальных популяций со своей динамикой, либо ее распределение по рекам коррелирует с рядом факторов, природу которых только предстоит выяснить.

Нерестилища амурской осенней кеты

Поскольку по осенней кете из рек Анюй и Хор у нас имеются наблюдения за ряд лет, то мы можем проследить влияние различных факторов на плотность заполнения ее нерестилищ. По нашему мнению наибольшее влияние имеет численность производителей и уровень рек в период их нерестовой миграции и нереста.

Используя данные об уровне р. Хор в момент захода производителей осенней кеты мы провели анализ зависимости этого показателя с плотностью бугров на нерестилищах. Оказалось, что для некоторых нерестилищ характерна положительная связь этих параметров (рис. 3). Наиболее сильно она выражена

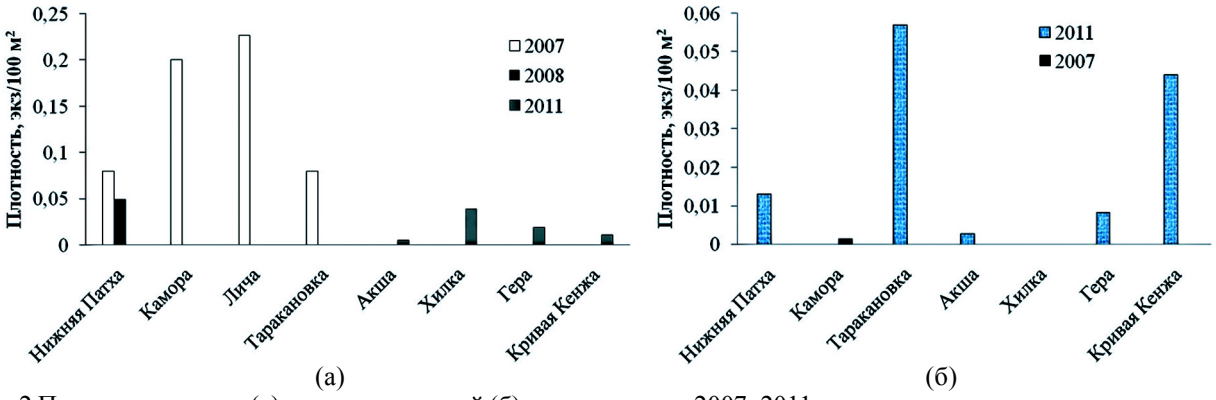


Рис. 2 Плотность молоди (а) и производителей (б) симы в реках в 2007–2011 гг.

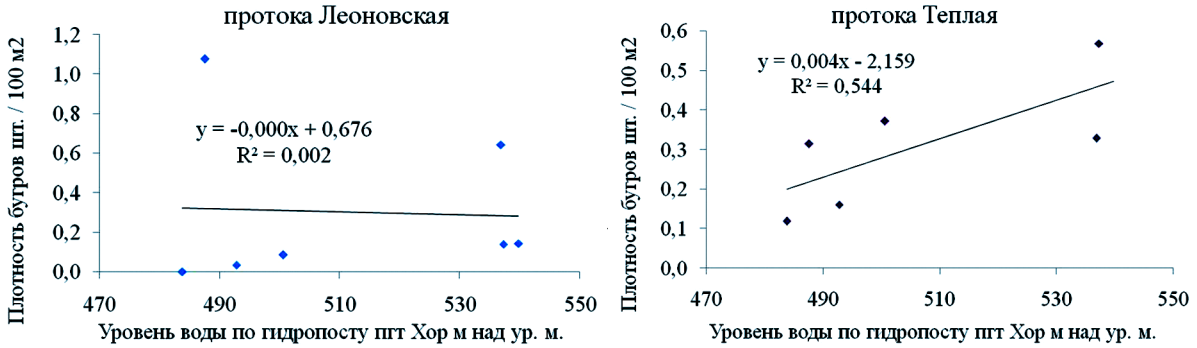


Рис. 3 Зависимость плотности бугров разных нерестилищ осенней кеты р. Хор от уровня воды

для протоки Теплая, поэтому использование данных по заполнению этого нерестилища необходимо использовать с поправкой на уровень реки в момент массового захода кеты на нерест.

Доминирующим фактором, влияющим на заполнение исследованных нерестилищ рек Анюй и Хор является численность кеты в Амуре (Уссури для р. Хор). Сравнение имеющихся в нашем распоряжении данных по заходу осенней кеты в Амур с заполнением нерестилищ р. Анюй показало присутствие положительной связи между этими показателями (рис. 4). Это указывает на существенный вклад анюйского стада в формировании численности всей амурской осенней кеты.

Корреляционная связь плотности бугров осенней кеты в р. Хор с ее численностью в Амуре выявлена не была. Показатели плотности на большинстве исследованных нерестилищ положительно связаны с учтенным числом кеты, зашедшей в Уссури (рис. 5). Отсутствие связи между кетой Хора и Амура в целом одно из доказательств минимального влияния кеты Уссури на численность амурской осенней кеты. Хотя ранее, согласно данным В.Я. Леванидова (1958), удельный вес притоков Уссури в ее естественном воспроизводстве в середине XX века оценивался в 40%, а анюйское стадо составляло порядка 15% от всего стада осенней кеты. При этом по сравнению с началом XX века численность уссурийской осенней кеты в 1950-х годах снизилась в 5 раз.

В конце XX века, распределение осенней кеты по нерестовому ареалу существенно изменилось. Основная роль в воспроизводстве осенней кеты Амура отводилась рекам Кур, Гур, Амгунь и Анюй (75–80%). Значимость Уссури в формировании амурского стада упала по разным оценкам от 8 до 20 раз (Рослый, 2002; Золотухин, 2007, Новомодный и др., 2004). Доля реки Анюй в воспроизводстве существенно не изменилась (табл. 3).



Рис. 4 Зависимость плотности бугров осенней кеты р. Анюй от общей численности амурского стада

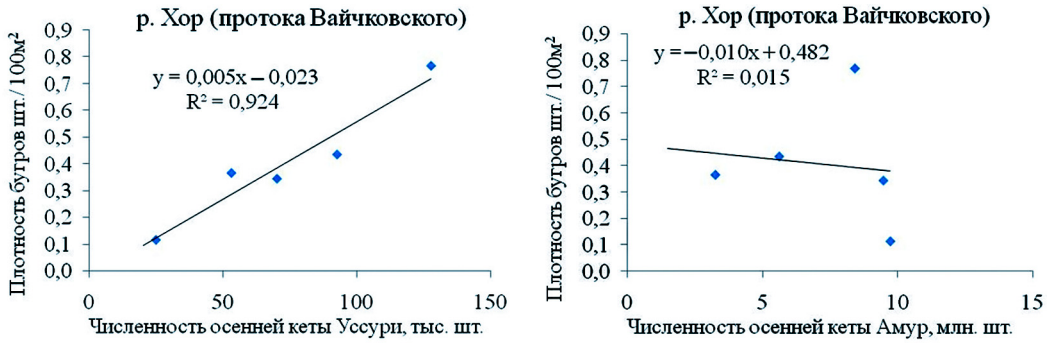


Рис. 5 Зависимость плотности бугров осенней кеты р. Анюй от общей численности амурского стада

Таблица 3. Доля разных речных систем Амурского бассейна по значимости в воспроизводстве осенней кеты

Река	Леванидов, 1958	Рослый, 2002	Новомодный и др., 2004
Гур	8 %	5 %	40 %
Анюй	15 %	15 %	(притоки Амура от устья
Кур	10 %	15 %	Амгуни до устья Уссури)
Бассейн Амгуни	12 %	60 %	50 %
Бассейн Уссури	40 %	2 %	5 %
Средний и Верхний Амур	5 %	2 %	5 %

Современное значение разных речных систем в воспроизводстве осенней кеты можно попытаться оценить по плотности рыб, отмеченной во время исследований (табл. 4). К сожалению, наиболее полные данные у нас имеются только по рекам Хор, и чуть в меньшей степени Анюй. Река Кур была обследована лишь дважды. Река Нимелен только один раз в 2008 году, р. Керби в 2009. Поэтому делать какие либо выводы о вкладе этих рек в воспроизводство осенней кеты Амура еще рано. Можно лишь отметить, что, не смотря на межгодовую динамику, плотность производителей на нерестилищах реки Анюй в среднем в 17 раз выше, чем в р. Хор, что может свидетельствовать о еще большем снижении роли бассейна Уссури в воспроизводстве осенней кеты. Либо об ее увеличении для кеты р. Анюй.

Интересно, что согласно нашим данным, плотность осенней кеты в бассейне р. Кур в 2006 году примерно в 2,5 раза ниже, чем в р. Хор, а в 2010 году в 3 раза выше. Такие значения могут свидетельствовать о меньшей значимости курского стада в воспроизводстве осенней кеты Амура, хотя Ю.С. Рослый (2002) по этой роли ставил р. Кур в один ряд с р. Анюй.

Весьма показательны данные по плотности производителей на нерестилищах Амгуньских рек Нимелен и Керби. Для р. Нимелен они были в 3 раза больше чем для р. Анюй и в десятки раз выше, чем для р. Хор. Еще большая разница наблюдается при сравнении плотности заполнения нерестилищ этих рек и реки Керби (табл. 4). Высокая значимость Амгуньского бассейна в воспроизводстве осенней кеты в конце XX века приводится в литературе (табл. 3) и вполне очевидна согласно нашим результатам. Отметим, что согласно данным, полученным в результате мечения осенней кеты р. Амгунь, в р. Нимелен заходит 58% от ее стада.

То, что притоки Амгуни в настоящее время используются осенней кетой для нереста в наибольшей степени, может указывать среднее заполнение нерестилищ, на которых отмечены лососи. Оно оказалось максимально для реки Нимелен (75%) и минимально для реки Хор (26,6%). Величина этого показателя для рек Кур и Анюй равна 32,5% и 44,4% соответственно.

В любом случае, для определения более конкретных величин соотношения доли разных рек в формировании суммарного запаса осенней кеты Амура необходимо продолжить наблюдения на водотоках Амгуни, поскольку строить выводы по разовым наблюдениям не стоит. Более того, согласно оценке численности амгуньской осенней кеты, проводимой сотрудниками лаборатории биоресурсов р. Амур ХфТИНРО в 2007–2008 годах, ее доля от всей осенней кеты Амура в 2007 году составила 48% (1579 из 3270 тыс. экз.), а в 2008 — 16% (1528 из 9717 тыс. экз.). Соотношение, полученное в 2008 году, в разы отличается от нашего современного представления о доле амгуньской осенней кеты в Амуре, поскольку принято, что в Амгуни нерестится 50–60% осенней кеты Амура (табл. 3). Кроме того, известно, что в 2011 году число зашедших производителей осенней кеты в Амгунь было значительно ниже предыдущих лет. Неводные уловы в 2011 году составляли 10–30 особей осенней кеты за одно стандартное притонение*.

Такие уловы ниже по сравнению с предыдущими годами в десятки раз. В пик хода осенней кеты за одно рыболовное усилие (притонение) в 2006–2008 гг. отлавливалось от 1 до 1,5 тонн (300–500 экз.) осенней кеты. Подобная разница в уловах свидетельствует о существенной межгодовой флуктуации численности амгуньского стада осенней кеты. Поэтому, вполне вероятно, что традиционно принятые «амгуньские» 50–60% не являются догмой.

Таблица 4. Средние значения плотности производителей осенней кеты на нерестилищах исследованных рек, экз./100м^2

Река	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Хор	0,14	0,46	0,35	0,23	0,25	0,12	0,46
Кур		0,18				0,40	
Анюй			10,51	6,67	2,00	1,17	5,50
Нимелен				16,05			
Керби					23,54		

* Под стандартным притонением подразумевается разовый облов закидным неводом в русле р. Амгунь в точке с координатами 52°40'3.17" сев. широты, 137°24'29.80" вост. долготы. Место облова расположено в 230 км от устья реки Амгунь, выше места впадения рек Им и Сомня и ниже впадения реки Нимелен. Неводная тонь расположена вдоль левого берега реки Амгунь. Ее длина 600 м. Ширина р. Амгунь в зоне лова 300 м. Глубина в зоне облова 5 м. Ширина зоны облова 60–80 м. Длина невода 120 м, высота 7 м, ячея 35 мм. Средняя продолжительность одного притонения составляет 5–7 минут.

Браконьерство на нерестилищах тихоокеанских лососей в бассейне Амура

Во время обследований проводилась работа по оценке уровня браконьерского пресса на нерестящихся лососей. В таблице 5 представлена доля изъятой браконьерами рыбы, относительно всей учтенной на нерестилищах. Безусловно, экстраполировать эти величины на все стадо обследованной реки не стоит, но примерное представление о масштабах браконьерства на нерестилищах амурских лососей они дают.

Полученные величины варьируют и зависят от массы факторов, основным из которых является доступность районов размножения лососей. Так, минимальное значение этого показателя было нами получено для реки Нимелен. Основной нелегальный вылов осенней кеты на нерестилищах этой реки происходит в одном месте в районе подхода грунтовой дороги к реке в районе урочища Камакан, где ранее находилась КНС «Амуррыбвода». В р. Керби эта величина выше. Большая часть нерестилищ этой реки досягаемы для внедорожного автотранспорта. На всех обследованных нерестилищах были отмечены отловленные и брошенные браконьерами производители осенней кеты. Отметим, что выявление случаев нелегального промысла на всех обследованных нерестилищах по большей части связано с тем, что экспедиционные работы проводились с использованием автомобиля «Урал». При обследовании этой реки с применением водного и воздушного транспорта доля выловленных браконьерами производителей осенней кеты относительно всего учтенного количества лососей может измениться.

Нелегальный промысел осенней реки наиболее развит на р. Анюй. Не смотря на приуроченность большей части нерестилищ анюйской осенней кеты к зоне особой охраны Национального парка «Анюйский», нелегальный промысел нерестящихся лососей в этом районе широко развит. На всех обследованных нерестилищах осенней кеты реки Анюй ежегодно отмечаются факты браконьерства. Порой на отдельных нерестилищах изымается до 90% производителей, что существенно повышает среднестатистические показатели нелегального промысла. Так в 2008 году в среднем по Национальному парку «Анюйский» было уничтожено свыше 45% производителей осенней кеты, подошедших на нерест. В другие годы эта цифра варьирует от 20 до 30%.

Для летней кеты и горбуши также характерна высокая степень нелегального изъятия производителей на нерестилищах. На большинстве обследованных рек отмечены факты браконьерства. Доля отловленных браконьерами и оставленных на берегу производителей от всего числа учтенных доходит до 46% для горбуши р. Хилка. Отметим, что по опросным данным, основной браконьерский вылов летних лососей происходит в основном районе их воспроизводства бассейне Амгуни, работы по которому планируются для проведения в дальнейшем.

Кета реки Хор

Поскольку наиболее продолжительные исследования проводились в бассейне р. Хор считаем необходимым уделить внимание результатам по этой реке. Река Хор занимает первое место по зимним расходам воды среди других рек нерестового ареала осенней кеты. Во времена исследований В.Я. Леванидова в 50-е годы XX века она занимала первое место в воспроизводстве амурской осенней кеты и была (и скорее всего, остается) главной нерестовой рекой кеты Уссури.

Поскольку река Хор исследовалась на протяжении достаточно долгого времени, представляется возможным сравнение плотности заполнения ее нерестилищ в межгодовом плане (рис. 6).

Таблица 5. Доля браконьерского изъятия тихоокеанских лососей на нерестилищах, %

Река	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Осенняя кета						
Анюй	20,1	45,3	29,0	25,3	31,1	
Нимелен		14,8				
Керби			29,3			
Летние лососи						
Нижняя Патха					15,0 (19,8)	14,1 (14,8)
Первая Вайда					21,3 (33,1)	16,0 (31,8)
Хилка					35,8 (26,0)	32,6 (46,0)
Гера						32,2 (12,4)

Примечание: перед скобками приводятся данные по летней кете, в скобках — по горбуше

Наложение наших результатов на архивные материалы по заполнению нерестилищ реки Хор показало, что полученные нами значения выделяются относительно данных 1990-х и начала 2000-х годов. Маловероятно, что это связано с повышением захода хорской кеты на нерестилища. Скорее всего, такие отличия связаны с разницей в нерестовых площадях оцененных нами и специалистами «Амуррыбвода». Так, нерестовые площади одного района, оцененные нами и «Амуррыбводом» в 1959 отличались в 1,5–2 раза. На одном контрольном участке от устья протоки Вайчковского до п. Гвасюги, суммарная нерестовая площадь, определенная специалистами «Амуррыбвода», была оценена в 37 тыс. м^2. По нашим оценкам 2007–2011 гг. эта величина составляла 48–74 тыс. м^2. Такое различие в нерестовой площади может быть связано как с недоучетом нерестовых площадей в 1959 году, так и межгодовой динамикой гидрологических показателей реки Хор. Именно с динамикой уровня Хора связано варьирование оцененной нами площади нерестилищ на участке мониторинга. Но, несмотря на такое разногласие, катастрофическое падение заполнения хорских нерестилищ по сравнению с первой половиной XX века вполне очевидно, что является очередным подтверждением элиминации существенной части стада за последние 100 лет.

На основании полученных величин нерестовых площадей и уровня их заполнения нами была вычислена доля нерестовой площади от площади водной поверхности водотоков в районе исследований (табл. 6). Мы экстраполировали полученные значения доли нерестовой площади от площади водной поверхности в контрольном районе на участки р. Хор, в которых нерест имеет место в наше время (табл. 6, рис. 7). Эти участки были нами выделены на основе архивных материалов «Амуррыбвода», опросных сведений и согласно схемы расположения нерестилищ осенней кеты в бассейне р. Хор, представленной в монографии С.Ф. Золотухина (2007). Суммарная протяжённость водотоков бассейна р. Хор в этих районах составляет 131 км. Протяженность р. Хор на ежегодно исследуемом нами участке нерестового ареала осенней кеты составляет 26% от этой величины. Такая экстраполяция дает возможность грубо оценить количество кеты, нерестящейся в бассейне р. Хор.

Отметим, что полученная нами величина нерестового фонда сопоставима с литературными данными о нерестовой площади р. Хор в 1700 тыс. м^2 (Золотухин, 2007). При умножении полученных величин на средние данные по плотности производителей мы можем получить примерное представление о ко-

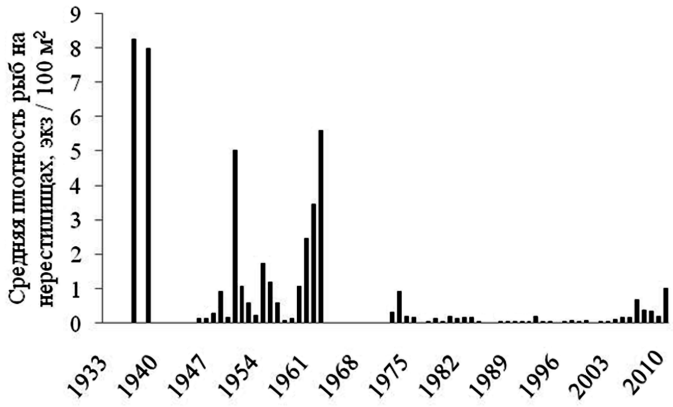


Рис. 6. Заполнение нерестилищ производителями осенней кеты реки Хор

Таблица 6. Доля нерестовых площадей от площади водной поверхности района мониторинговых работ (%), а также вычисленная на ее основе текущая нерестовая площадь р. Хор и площадь, используемая для нереста осенней кетой реки Хор (тыс. м^2)

год	Текущая нерестовая площадь		Площадь, используемая для нереста	
2007	7,2%	2070 тыс. м^2	1,3%	377 тыс. м^2 (18%)
2008	5,2%	1494 тыс. м^2	1,5%	420 тыс. м^2 (28%)
2009	5,7%	1622 тыс. м^2	1,4%	404 тыс. м^2 (25%)
2010	5,1%	1469 тыс. м^2	1,9%	533 тыс. м^2 (36%)
2011	7,9%	2256 тыс. м^2	1,8%	522 тыс. м^2 (23%)

Примечание: в скобках приводится доля площади, используемая осенней кетой для нереста от текущей нерестовой площади (заполнение нерестилищ)

личестве осенней кеты, нерестящейся в наше время в бассейне р. Хор. Отметим что на нерестилищах р. Хор нами отмечено, что плотность рыбы обычно ниже, чем бугров. Это скорее всего связано с тем, что ежегодные исследования проводятся после того как большая часть рыб отнерестилась. Ввиду низкой численности кеты р. Хор большая часть рыбы с нерестилищ элиминируется животными и местными жителями, которые собирают сненку для личных нужд. Поэтому для расчета количества кеты, зашедшей в Хор мы использовали данные о плотности бугров. При расчетах допускали что, на один бугор приходится одна самка. При этом использовали архивные данные по соотношению полов осенней кеты притоков Амура: Хор, Биджан, Кур, Немпта, Хиванда, Амгунь. Во всех случаях численно доминировали самки, доля которых составляла от 56 до 72% (в среднем 62,4%). Поэтому к полученной величине прибавляли долю самцов 37,6%.

В.Я. Леванидов (1958) подсчитал, что по соотношению уловов осенней кеты в разных частях Уссури, в Хор заходит половина уссурийского стада. Но из-за разницы в эффективности охранных мер и уровне браконьерства в реках уссурийского бассейна, на Хор приходится 70% воспроизводства всего стада. Поэтому увеличив полученные цифры на 30% можно примерно представить количество осенней кеты Уссури нерестящейся в настоящее время. Ежегодно проводимая специалистами ХфТИНРО оценка численности уссурийского стада осенней кеты дает возможность оценить долю нерестящихся производителей относительно всего числа учтенных (табл. 7).

В середине XX века интенсивность промысла кеты на Амуре и Уссури составляла 20–25%. Из средних 800 тыс. особей, заходивших в 50-е гг. в Уссури около 480 тыс. (или 60%) успешно размножались,

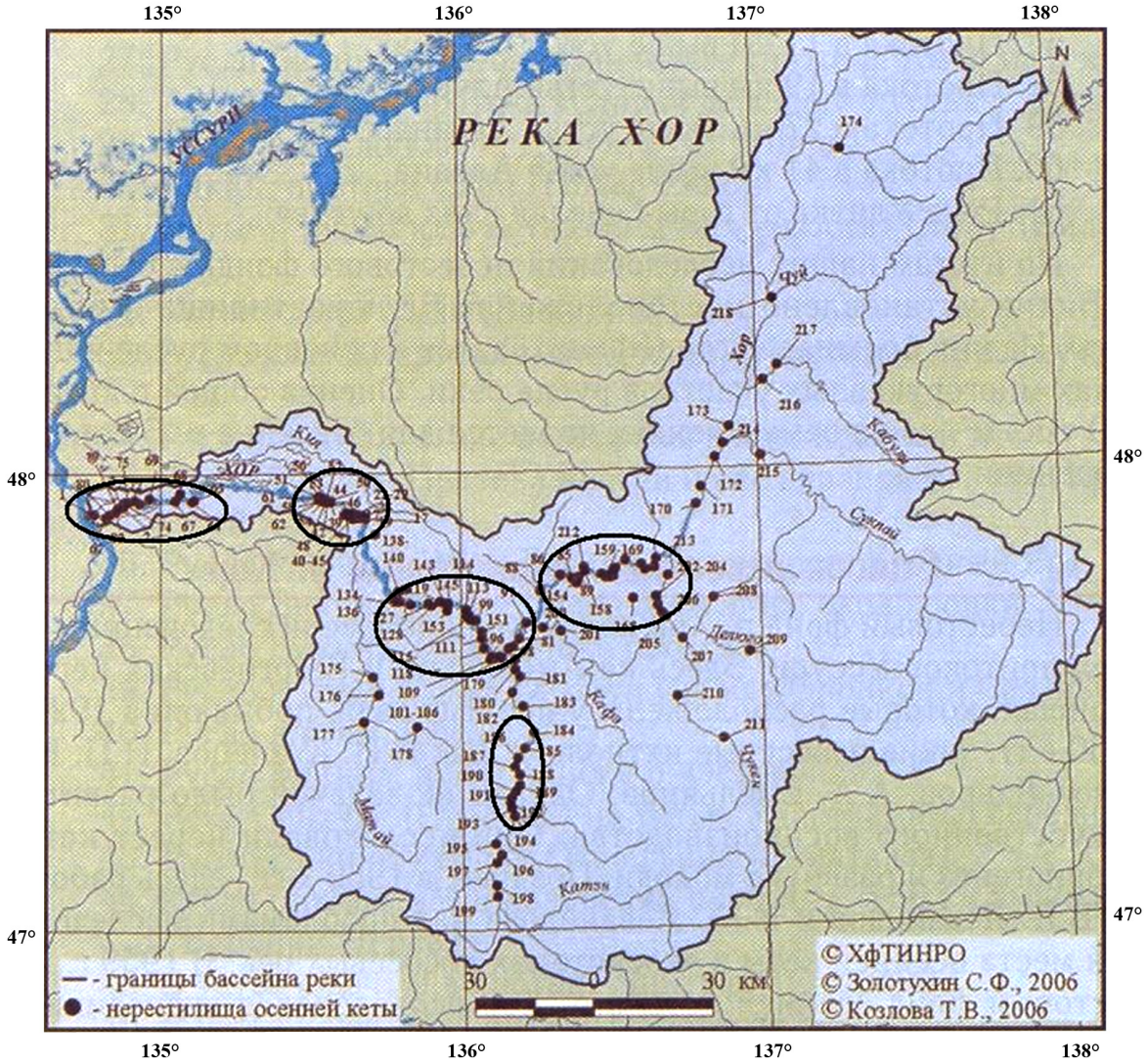


Рис. 7. Схема расположения исторически известных нерестилищ осенней кеты в бассейне р. Хор (Золотухин, 2007); кружками выделены современные районы воспроизводства осенней кеты

оставшиеся 40% отлавливались, из которых половина приходилась на браконьерский вылов (Леванидов, 1958). Согласно полученным результатам, за последние пять лет доля отнерестившихся особей снизилась в несколько раз. В 2009 и 2010 годах эта величина составила 3,3 и 2,4%, составляя в среднем за период наблюдений 6,4%. Столь существенная разница может указывать на значительное увеличение промысловой нагрузки на уссурийское стадо кеты в настоящее время.

Можно подытожить, что заполнение нерестилищ осенней кеты на р. Хор снизилось на порядок по сравнению с первой половиной XX века. В 10–20 раз сократилось число рыб проходящих на нерест, при этом заполнение используемых кетой нерестилищ не превышает 30%. В результате происходит существенное недоиспользование осенней кетой нерестового фонда Хора, на которое еще в середине XX в. указывал В.Я. Леванидов (1958). «Колоссальный репродуктивный потенциал этой реки, при создании условий для нереста достаточного количества производителей вполне способен обеспечить восстановление запасов осенней кеты Уссури до уровня 30х гг. когда вылов лососей достигал десятков тысяч тонн.»

Таблица 7. Абсолютное и относительное количество нерестящихся производителей осенней кеты р. Хор и р. Уссури

год	Заход в р. Уссури, тыс. экз.	Нерестится в р. Хор, тыс. экз. (% от захода в Уссури)	Нерестится в бассейне р. Уссури, тыс. экз.(% от захода в Уссури)
2007	61,6	6,0 (9,8%)	7,8 (12,7%)
2008	29,1	3,0 (10,9%)	4,1 (14,2%)
2009	108,9	3,6 (3,3%)	4,7 (4,3%)
2010	78,6	1,9 (2,4%)	2,5 (3,2%)
2011	144,7	8,4 (5,8%)	10,9 (7,5%)
среднее	84,6	4,6 (6,4%)	6,0 (8,4%)

Заключение

— Распределение летних лососей по нерестовым рекам и эффективность их нереста в 2011 году напрямую определялись экстремально высокими температурами воды в Амуре.

— Плотность осенней кеты на нерестилищах максимальна в притоках Амгуни рр. Нимелен и Керби. В реке Анюй она ниже в три, а на р. Хор в десятки раз.

— Заполнение нерестилищ осенней кеты р. Анюй зависит от ее численности в Амуре, что указывает на существенный вклад анюйского стада в формирование общего запаса и позволяет использовать этот показатель как один из индикаторов численности осенней кеты Амура.

— С высокой долей вероятности можно утверждать, что роль амгуньских стад в формировании общего запаса осенней кеты подвержена значительной межгодовой динамике, что требует дальнейшего изучения.

— Заполнение нерестилищ осенней кеты на р. Хор снизилось в десятки раз по сравнению с первой половиной XX века.

— Оценка уровня браконьерского вылова на нерестилищах показала, что из всего учтенного количества нерестящихся рыб нелегально изымается от 15 до 46%, в среднем 20–30%.

— В среднем по исследованным рекам заполняется меньше половины нерестилищ, используемых осенней кетой. При создании условий для нереста достаточного количества производителей общее повышение запасов этого важного объекта промысла выглядит вполне реальным.

— При расширении географии работ до ключевых нерестовых рек горбуши и двух рас кеты вполне возможно уточнение данных об их репродуктивном ареале и естественном воспроизводстве в бассейне Амура. Использование средств ГИС-анализа в совокупности с применением технологий спутникового дистанционного зондирования существенно повысит точность расчетных данных и позволит создать единую информационную базу по нерестовому фонду.

Благодарности

— коренному жителю Сихотэ-Алиня Кялундзюга Алексею Клементьевичу;

— зав. лаб. биоресурсов р. Амур ХфТИНРО Шмигирилову Андрею Петровичу;

— вед. инженеру лаб. биоресурсов р. Амур ХфТИНРО Харитонову Виктору Васильевичу;

— инженеру лаб. биоресурсов р. Амур ХфТИНРО Ершову Роману Александровичу.

Список литературы

Золотухин С.Ф. 2007. Кета реки Уссури. Владивосток: ТИНРО-Центр, 210 с.

Леванидов В. Я. 1958. Современное состояние запасов амурской осенней кеты и ее нерестовый фонд в бассейне Амура // Рукопись. Архив ХфТИНРО. № 316, 112 с.

Новомодный Г.В., Золотухин С.Ф., Шаров П.О. 2004. Рыбы Амура: богатство и кризис. Изд. Дальневосточного WWF России. С. 63.

Отчет экспедиции Амургосрыбвода за 1956 г. по обследованию рек Кади, Прямая и Кривая Кенжа, Налео, Чомэ // Архив ХфТИНРО № 226, Хабаровск, 1956, 137 с.

Рослый Ю.С. 2002. Динамика популяций и воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне Амура. Хабаровск: Хабаровское книжное издательство 210 с.

Семенченко А.Ю. 1989. Приморская сима. Владивосток: ДВО АН СССР. 192 с.

УДК 597.562

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ И РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА МИНТАЯ ОХОТСКОГО МОРЯ В 2010-2012 ГГ.

Овсянников Е.Е., Шейбак А.Ю. , Пономарев С.С.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток

Контактный e-mail: eeovsyannikov@tinro.ru

Введение

Численность минтая в Охотском море подвержена значительным межгодовым колебаниям. В начале 2000-х гг. нерестовый запас этого вида в северной части моря находился на низком уровне, и только к середине десятилетия достиг средних значений (Авдеев, Овсяников, 2006; Авдеев и др., 2008). Затем благодаря появлению урожайных поколений 2004 и 2005 гг. биомасса нерестового запаса существенно увеличилась и к концу 2000-х гг. достигла очередного максимума. Соответственно динамике запасов изменялся и вылов минтая в Охотском море. Так в период с 2001 по 2008 гг. годовой вылов минтая был невысок и в среднем составлял 530 тыс.т, минимальный улов 360 тыс.т был получен в 2002 г. (Смирнов, Авдеев, 2003). Далее благодаря росту промысловой биомассы ОДУ был увеличен, и в последние четыре года на севере моря, ежегодно вылавливалось от 862 до 1058 тыс.т минтая. В данной работе рассматриваются современное состояние запасов охотоморского минтая, особенности размерно-возрастной структуры и пространственного распределения минтая в 2010–2012 г.

Материал и методика

В работе использованы материалы траловых съемок, выполненных в северной части Охотского моря в 2010 г. (с 1 апреля по 30 мая), в 2011 г. (с 5 апреля по 29 мая) и 2012 г. (с 10 апреля по 2 июня). Основные этапы работ, методика сбора и обработки материалов были стандартными и соответствовали аналогичным исследованиям, проведенным в предыдущие годы (Авдеев и др., 2005). Траления выполнялись разноглубинным тралом РТ/ТМ 57/360, оснащенным мелкоячейной вставкой (10 мм) на последних 10 м кутца. Продолжительность тралений составляла 1 час, а в некоторых случаях (например, при сложной ледовой обстановке в месте траления) 30 минут. Для каждого траления определялось вертикальное раскрытие трала с помощью эхолота EK-60 фирма SIMRAD и горизонтальное раскрытие с помощью датчика прибора SIMRAD FS 20/25. Если высота эхозаписи была меньше, чем вертикальное раскрытие трала, траление выполнялось в одном горизонте. При большом вертикальном развитии эхозаписи как однородной, так и различной плотности, облов производился по слоям в двух и более горизонтах «ступенчатым» способом (Мельников, 2006). При обнаружении придонных записей минтая траления выполнялись у грунта с касанием его нижней подборой. В процессе траления определялся коэффициент объем-

ности, который рассчитывался как отношение высоты обловленного скопления к вертикальному раскрытию трала (Волвенко, 1998). Пробы на размерно-половой состав и зрелость половых продуктов брались из всех результативных тралений, в количестве 300 экз., при меньших уловах анализировался весь минтай. Оценка запасов минтая осуществлялась площадным методом (Аксютина, 1968).

Результаты и обсуждение

По данным траловых съемок, выполненных в весенний период 2010–2012 г. пространственное распределение минтая в северной части Охотского моря в общих чертах было схожим. Для примера рассмотрим распределение численности и биомассы минтая в 2012 г. В этот год, как и в предшествующие два на акватории северной части Охотского моря минтай распределялся неравномерно, образуя скопления вдоль камчатского побережья, на входе в залив Шелихова в глубоководном желобе, в притауйском районе, напротив п-ва Лисянского и на возвышенности Лебедя. У Восточного Сахалина концентрации минтая встречались вдоль всего побережья от 48° до 53° с. ш. (рис. 1). Максимальные концентрации минтая в северной части Охотского моря, наблюдались к востоку от 148° в. д. У Западной Камчатки плотность скоплений составляла 87,0 тыс.экз./км^2 или 1085 т/км^2. Далее в порядке убывания плотности следовали: залив Шелихова 78,6 тыс.экз./км^2 или 756 т/км^2, североохотоморский район к востоку от 148° в. д. 74,1 тыс.экз./км^2 или 997 т/км^2 и североохотоморский район к западу от 148° в. д. 42,0 тыс.экз./км^2 или 630 т/км^2. У восточного Сахалина плотность скоплений минтая была невысока составляла 8,6 тыс.экз./км^2 или 73 т/км^2. В целом по нашим оценкам в 2012 г. общая биомасса минтая между восточной частью моря (район западной Камчатки, включая залив Шелихова) и североохотоморским районом (к западу от 153°30 в.д.) распределялось почти поровну. Также распределялась и биомасса нерестового запаса. В восточной части моря было сосредоточено 47%, а в североохотоморском район 53% от нерестовой биомассы. По промысловым подзонам весной 2012 г. биомасса нерестового запаса распределялась следующим образом: Камчатско-Курильская 16,2%; Западно-Камчатская 30,8% и Северо-Охотоморская 53,0%.

По нашим данным в настоящее время запасы минтая в северной части Охотского моря находятся на достаточно высоком уровне. Максимальная численность и биомасса минтая в рассматриваемом районе были отмечены в 2010 г. В этот же год была зарегистрирована и максимальная за 2000-е гг. биомасса нерестового запаса — 10,8 млн (табл. 1). Отметим, что ранее в 2004–2008 гг. запасы минтая в северной части Охотского моря находились на среднем уровне, при этом величина нерестового запаса колебалась в пределах 4,6–5,5 млн т (Овсянников, 2011). Размерно-возрастная структура минтая в

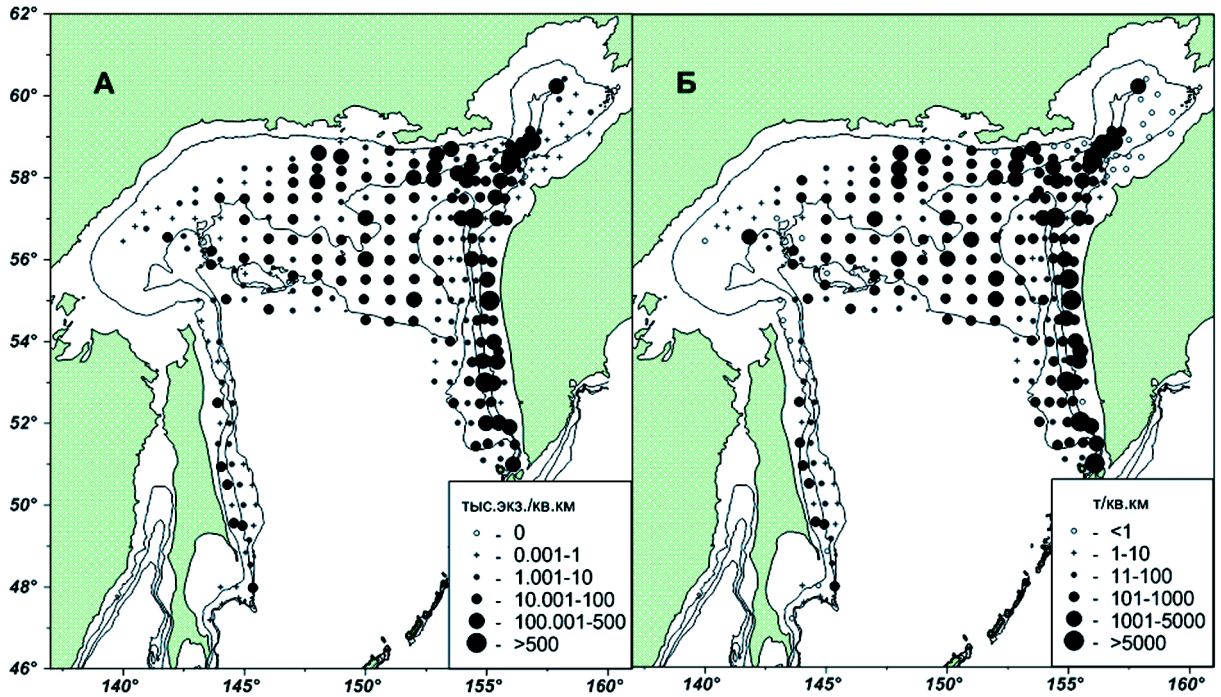


Рис. 1. Распределение численности (А) и биомассы (Б) минтая в северной части Охотского моря 10.04–2.06.2012 г.

эти годы была сложной, наблюдалось до четырех модальных групп. В 2004 и 2005 гг. в северной части Охотского моря появились сверхурожайные поколения. По численности в возрасте пополнения (3, 4 года) они были сопоставимы с численностью сверхурожайных поколений 1988 и 1989 гг. рождения. К концу 2000-х гг. по мере роста сверхурожайных поколений 2004 и 2005 гг. и выбывания старшевозрастного минтая среднеурожайных поколений 2000 и 2002 гг. размерно-возрастная структура минтая сильно упростилась, и стала наблюдаться одна модальная группа, состоящая из особей поколений 2004 и 2005 гг. рождения. Начиная с 2009 г. особи этих двух поколений начали вступать в нерестовый запас североохотоморского минтая, что способствовало его существенному увеличению. Так с 2008 г. по 2009 г. нерестовый запас увеличился на 3 млн т (1,6 раз), и достиг высокого уровня 8,5 млн т (табл. 1). В 2010 г. высокий уровень нерестового запаса также был связан с доминированием в нем особей сверхурожайных поколе-

Таблица 1. Численность и биомасса минтая в Охотском море по результатам траловых съемок 2010–2012 гг.

Год	Показатель	Западная Камчатка		Залив Шелихова		Североохото-морский район		Восточный Сахалин		Всего	
		млн экз.	тыс. т	млн экз.	тыс. т	млн экз.	тыс. т	млн экз.	тыс. т	млн экз.	тыс. т
2010	Неполовозрелые	13 049	2 544	166	5	10 567	1 905	803	225	24 636	4 679
	Половозрелые	15 501	6 504	1 157	509	8 558	3 406	629	390	25 794	10 809
	Неполов.–полов.	28 550	9 048	1 323	514	19 125	5 311	1 432	615	50 430	15 488
2011	Неполовозрелые	4 715	1 069	77	22	10 133	2 308	1 685	199	16 611	3 597
	Половозрелые	10 498	4 200	2 105	781	12 313	4 511	412	245	25 329	9 738
	Неполов.–полов.	15 213	5 269	2 183	803	22 447	6 819	2 097	444	41 939	13 335
2012	Неполовозрелые	17 622	1 442	827	19	3 456	604	1 082	163	22 987	2 228
	Половозрелые	7 307	3 598	1 075	439	13 059	4 784	396	216	21 837	9 037
	Неполов.–полов.	24 929	5 040	1 902	458	16 515	5 388	1 478	379	44 824	11 265

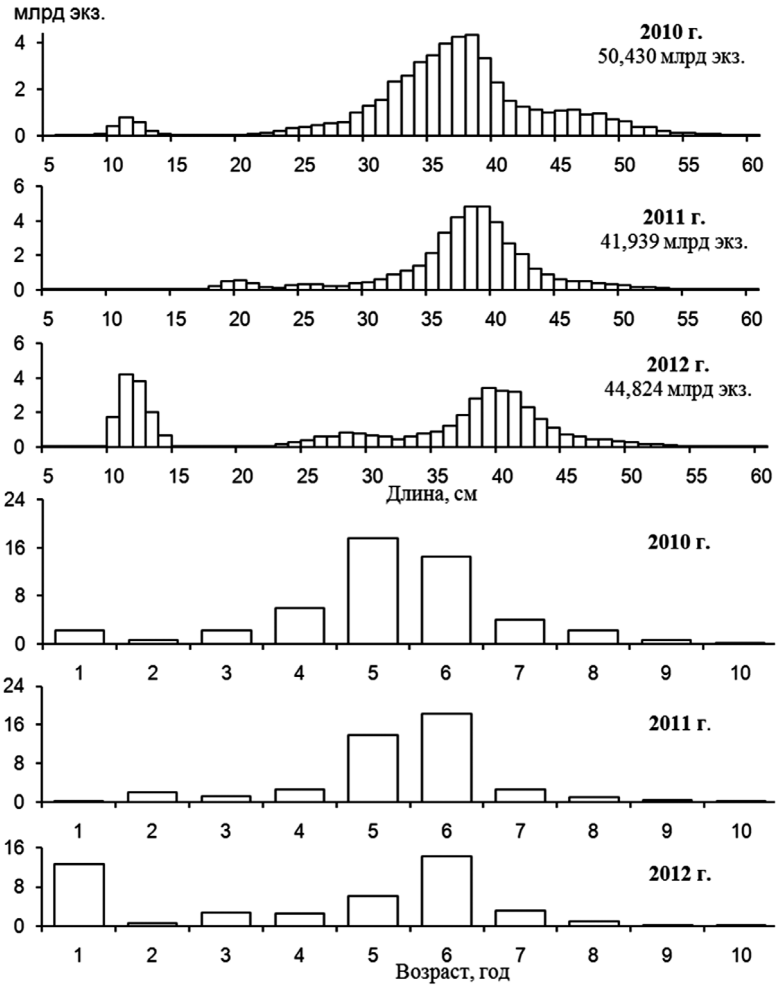


Рис. 2. Размерно-возрастной состав минтая в северной части Охотского моря в 2010–2012 гг.

ний 2004 и 2005 гг., которые отчетливо выделялись в размерно-возрастной структуре (рис. 2). Начиная с 2011 г. нерестовая биомасса минтая в северной части Охотского моря начала постепенно снижаться. В размерно-возрастной структуре в этот год доминировали особи сверхурожайного поколения 2005 г. (6-годовики) и среднеурожайного 2006 г. (5-годовики), а численность поколения 2004 г. (7-годовики) вследствие естественной и промысловой смертности существенно сократилась и его доля была несущественна (рис. 2). В 2012 г. процесс снижения запасов продолжился (табл. 1), среди половозрелых рыб в 6-годовалом возрасте преобладали особи среднеурожайного поколения 2006 г., а численность урожайного поколения 2005 г. (7-годовики) сократилась и в запасах была почти не заметна (рис. 2). Характерной особенностью размерно-возрастного состава минтая в этот год было, то, что кроме половозрелых рыб в нем также отчетливо выделялись и неполовозрелые особи представленные годовиками (поколение 2011 г.) длиной 10–15 см (рис. 2).

По данным съемки 2012 г. численность годовиков минтая поколения 2011 г. была оценена в 12,6 млрд экз., что говорит о его высокой урожайности. В тоже время 87% особей этого поколения наблюдалось у юго-западной Камчатки (рис. 3). Также повышенные концентрации годовиков были обнаружены в заливе Шелихова, несущественные скопления распределялись в центральной части возвышенности Лебедя (55°30–57°30 с. ш.) на свале глубин. По нашим данным поколения с 2007 по 2010 гг. оцениваются как неурожайные, поэтому в размерно-возрастной структуре минтая в северной части моря в настоящее время практически отсутствуют рыбы длиной 20–35 см, которые являются пополнением нерестового запаса (рис. 2). Таким образом, впервые за последние пять лет в северной части Охотского моря появилось урожайное поколение минтая. В тоже время из-за отсутствия в пополнение высокочисленных поколений в ближайшие два года можно ожидать существенное снижение нерестового (промыслового) запаса.

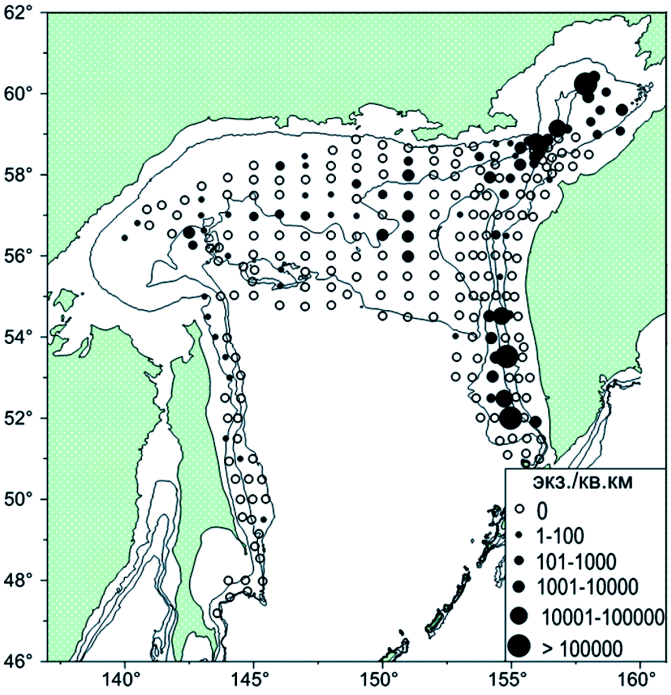


Рис. 3. Распределение годовиков минтая в северной части Охотского моря 10.04–2.06.2012 г.

Список литературы

Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е. 2006. Результаты оценки запаса минтая в северной части Охотского моря по ихтиопланктонной съемке в 2005 г. // Изв. ТИНРО. Т. 145. С. 120–145.

Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е., Овсянникова С.Л. 2005. Результаты оценки запаса минтая в северной части Охотского моря по ихтиопланктонной съемке в 2004 г. // Вопросы рыболовства. Т.6, № 2 (22). С. 298–325.

Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е., Овсянникова С.Л., Жигалов И.А. 2008. Особенности нереста минтая в северной части Охотского моря в 2004–2006 гг. // Изв. ТИНРО. Т. 152. С. 80–90.

Аксютина З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных наблюдениях. М.: Пищевая промышленность. 288 с.

Волвенко И.В. 1998. Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловой съемки // Изв. ТИНРО. Т. 124. С. 473–500.

Мельников И.В. 2006. К методике выполнения крупномасштабных пелагических траловых съемок // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Тр. ВНИРО. М: Изд-во ВНИРО. Т. 146. С. 118–132.

Овсянников Е.Е. 2011. Динамика пространственного распределения икры и молоди минтая в северной части Охотского моря: Автореф.дис. … канд.биол.наук. Владивосток. 20 с.

Смирнов А.В., Авдеев Г.В. 2003. Динамика размерно-возрастной структуры и формирование промыслового запаса охотоморского минтая в конце 90-х начале 2000-х гг. // Изв. ТИНРО. Т. 135. С. 94–112.

УДК 639.223.5

ЗАПАСЫ И ПРОМЫСЕЛ МИНТАЯ В ЮЖНО-КУРИЛЬСКОЙ ЗОНЕ В 2011–2012 ГГ.

Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е., Пономарев С.С., Раклистова М.М., Шейбак А.Ю.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток

Контактный e-mail: svovsyannikova@tinro.ru

Введение

Регулярный мониторинг состояния запасов минтая в южно-курильском районе (ЮКР) ведется ТИНРО-Центром с 1999 г. Он включает проведение в весенний период ихтиопланктонной и тралово-акустической съемок в сопровождении фоновых гидробиологических и гидрологических работ. Результаты этих исследований показывают, что после периода снижения запасов в начале 2000-х гг. и стабилизации на низком уровне в середине десятилетия, с 2006 г. в ЮКР наблюдается рост биомассы минтая, связанный с появлением в 2005–2009 гг. серии урожайных и среднеурожайных поколений (Овсянникова, 2012).

В 2011–2012 гг. ряд наблюдений был продолжен в стандартные сроки и с охватом всех основных скоплений минтая в ЮКР. В начале текущего десятилетия ожидалось увеличение биомассы промыслового запаса за счет многочисленных поколений второй половины 2000-х гг. В связи с этим приводятся новые данные по оценке численности и биомассы, структуре запасов, а также результативности промысла минтая в Южно-Курильской промысловой зоне за 2011 г. и первую половину 2012 г.

Материал и методика

При проведении исследований использовались стандартные методики сбора и обработки материалов, применяемые в ТИНРО-Центре. Вся биостатистическая информация суммировалась по трем подрайонам — Кунаширский пролив, зал. Простор и тихоокеанские воды ЮКР. Первые два являются нерестилищами зимне- и весненнеразмножающегося минтая и расположены с охотоморской стороны ЮКР, третий район обитания молоди. Ранее для оценки и расчетов численности и биомассы минтая в районе нерестилищ применялся ихтиопланктонный метод (Фадеев, 1999), а в 2011–2012 гг. запасы были рассчитаны траловым методом, так как эта методика дала более адекватные результаты.

Контрольные траления выполнялись разноглубинным тралом РТ/ТМ 57/360 с мелкоячейной вставкой в кутце, вертикальное и горизонтальное раскрытие трала определялось с помощью датчика прибора SIMRAD FS 20/25. При большом вертикальном развитии и различной плотности эхозаписи облов производился по слоям в двух и более горизонтах, затем вычислялся коэффициент объемности как частное от деления высоты эхозаписи к вертикальному раскрытию трала. Данные уловов пересчитывались на часовое траление с учетом коэффициента объемности и далее в экз./км^2, что позволяет нивелировать различную скорость тралений, определяемую по координатам постановки и выборки трала. Далее полигон съемки разбивался на «микрорайоны» путем деления пополам расстояния между соседними тралениями, т. е. производится взвешивание доли каждой пробы через площадь. Из каждого траления бралась проба 300 экз. минтая на размерно-половой состав и соотношение стадий зрелости гонад. Применялись коэффициенты уловистости 0,1 и 0,4 для годовиков минтая и рыб старше года, соответственно. Параллельно в каждом из вышеназванных подрайонов проводился сбор биостатистических данных по групповому способу, т.е. полный биоанализ 10 экз. минтая из каждого сантиметрового класса. Возраст определялся по чешуе. Более подробно методика сбора и обработки данных при проведении работ по учету запасов минтая как южной, так и северной части Охотского моря, а также прилегающих вод Тихого океана изложена в публикациях (Авдеев и др., 2005; Смирнов и др., 2006; Овсянникова, 2008).

Для анализа состава промысловых уловов и показателей работы флота была использована информация, собранная наблюдателями на судах ТИНРО-Центра в августе-сентябре 2011 г. и феврале–марте 2012 г., а также данные Камчатского центра связи и мониторинга.

Результаты и обсуждение

Во второй половине 2000-х гг. появление высокоурожайных поколений в 2005 и 2007 гг., среднеурожайного в 2006 г. и урожайных в 2008–2009 гг. обусловило рост численности минтая в ЮКР в среднем в 20 раз по сравнению с первой половиной десятилетия. В начале 2010-х гг. эти поколения также прева-

лировали в структуре скоплений (рис.1). Наиболее многочисленным был минтай 2009 г. рождения, составляя около 50% от всей численности минтая в ЮКР. В 2011-2012 гг. было учтено 3,0 млрд экз. 2-годовиков и 1,8 млрд экз. 3-годовиков, соответственно. Преимущественно они обитали у океанского побережья о.Итуруп, но в 2012 г. часть особей 2009 г. рождения (25% численности) перераспределилась в зал. Простор и Кунаширский пролив, образуя здесь модальные группы. Минтай 2006–2008 гг. рождения доминировал с охотоморской стороны ЮКР, куда он постепенно смещается по мере роста и созревания. Наиболее крупная рыба традиционно облавливалась в Кунаширском проливе. В 2012 г. на этом нерестилище было учтено порядка 60% численности 6–7-годовиков 2006–2007 гг. рождения. Численность годовиков была низкой и в 2011 гг. составила 147,5 млнэкз., а в 2012 г. — 491 млн экз., что по сравнению с поколениями 2005–2009 гг. рождения, численность которых варьировала в пределах от 1,2 до 15,3 млрд экз., дает основания отнести их к неурожайным.

По данным траловых съемок запасы минтая в ЮКР были оценены в 2011 г. в 5,4 млрд экз. и 767 тыс. т, в 2012 г. — 4,0 млрд. экз. и 875 тыс. т. В первой половине 2000-х гг. биомасса минтая составляла 79–182 тыс. т с тенденцией к снижению, а со второй половины изменялась от 348 до 678 тыс. т.

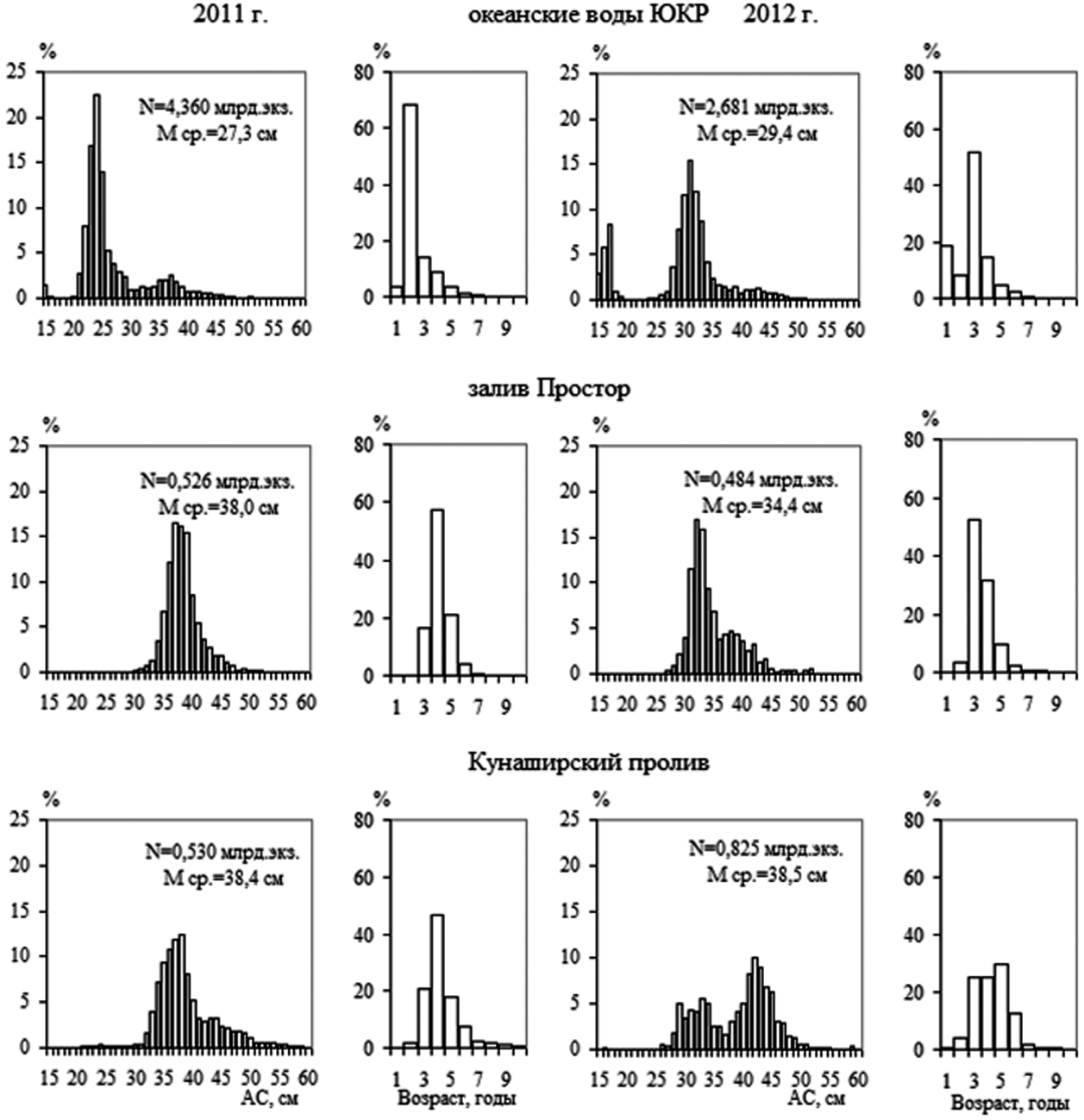


Рис. 1 Размерно-возрастной состав минтая у южных Курильских островов в 2011-2012 гг.

Несмотря на снижение общей численности в последние 2 года за счет меньшей численности годовиков, в структуре запасов стала увеличиваться доля минтая 3-х лет и старше, поэтому тенденция роста биомассы сохранилась. За год весовой прирост составил 108 тыс. т. Оценки запасов минтая в ЮКР в 2011–2012 гг. являются максимальными за период с 1999 г.

С 2007 г. в ЮКР начался рост промыслового запаса, включающего рыб длиной 37 см и более. Минимум приходился на 2003–2006 гг. и составлял 30–50 тыс. т, затем он изменялся от 62 тыс. т. в 2007 г. до 173 тыс. т в 2010 г. В 2011–2012 гг. за счет поочередного вступления в промысел урожайных поколений, структура промыслового запаса была представлена несколькими возрастными группами (рис. 2). В 2011 гг. доминировали 4-годовики 2007 г. рождения, на которых приходилось 50,1% численности рыб промысловой длины. 9,3% и 27,2%, соответственно, составляли 5–6-годовики 2005–2006 гг. рождения. В 2012 г. в запасе также доминировали 4–6-годовики, в промысел вступило поколение 2008 г., а доля 5–6-годовиков увеличилась, составляя 57,0% уловов. Биомасса промыслового запаса была оценена в 2011 г. в 400 тыс. т, в 2012 г. — 441 тыс. т. Рост в первую очередь был вызван пополнением запаса рыбами 2008 г. рождения, а также весовыми приростами поколений 2006–2007 гг. рождения.

В связи подъемом запасов ОДУ минтая в Южно-Курильской зоне постепенно увеличивался, начиная с 2008 г. (рис. 3). С двухлетней заблаговременностью на 2011–2012 гг. он был рассчитан в объеме 64,0 и 90,0 тыс. т, соответственно. Новые данные позволили оперативно скорректировать эти цифры. Так на 2011 г. ОДУ был увеличен на 26,2 тыс. т, и 25,4 тыс. т было добавлено на 2012 г. В результате ОДУ на эти годы составил 90,0 и 115,4 тыс. т и значительно превысил таковой предыдущих лет. Освоение ОДУ на уровне более 85% в 2011 г. и динамика промысловых показателей подтверждают обоснованность этих рекомендаций.

В 2008 г. помесячный вылов не превышал 1 тыс. т, увеличиваясь только в ноябре–декабре в период образования преднерестовых скоплений минтая в Кунаширском проливе (рис. 4). Вылов за первый квартал текущего года составил 12,8 тыс. т и превысил показатели 2011 г. на 3,0 тыс. т, а 2009–2010 г. на 8,2 и 7,7 тыс. т. В основном эта рыба была добыта в январе и феврале в Кунаширском и Южно-Курильском проливе (рис. 5), что может служить косвенным признаком роста численности производителей. Начиная с 2009 г. стало отмечаться увеличение вылова и в нагульный период, что указывает на рост запасов

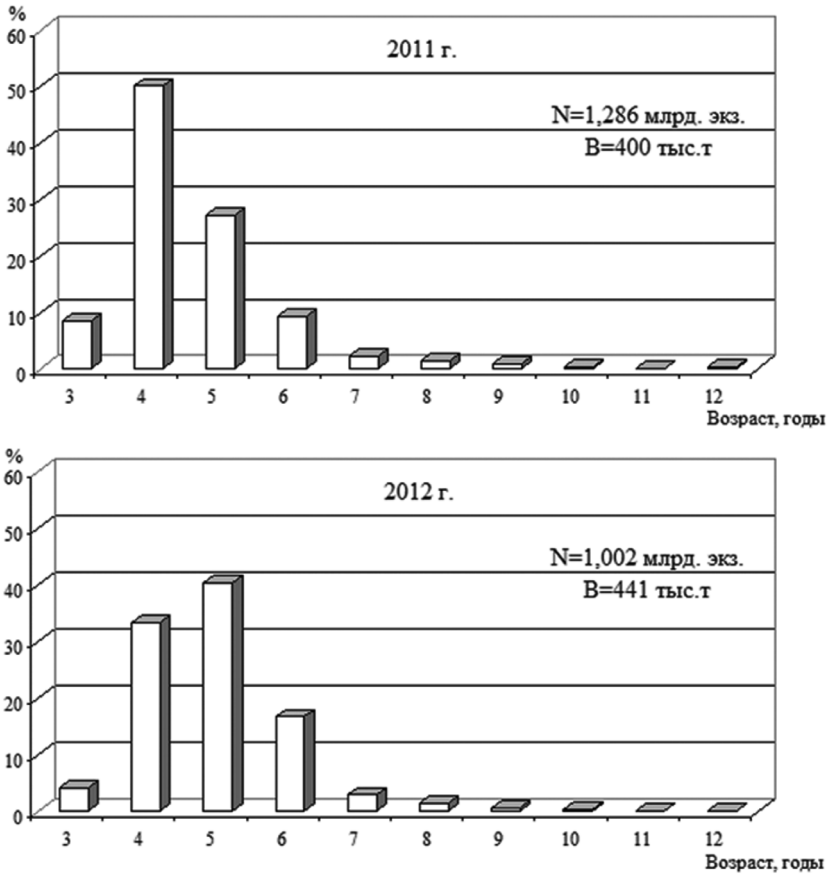
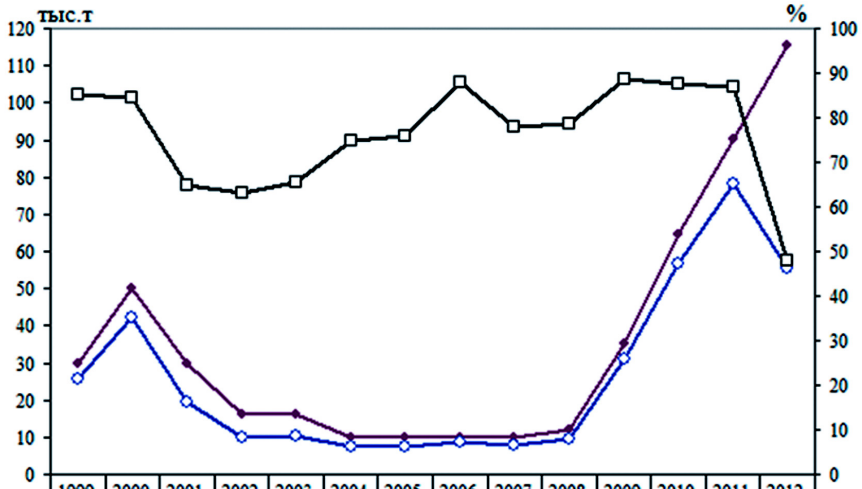


Рис.2 Возрастная структура промыслового запаса минтая в Южно-Курильской зоне в 2001–2012 гг.

и образование скоплений, плотность которых достаточна для ведения специализированного лова круглогодично. В 2011–2012 гг. в весенне-летние месяцы вылов увеличился существенно во втором квартале было добыто 26,1 и 25,1 тыс.т минтая, соответственно. В 2012 г. эффективный промысел продолжился и в июле, месячный вылов составил 17,5 тыс. т. На 31 июля 2012 г. добыто 55,3 тыс. т минтая или 47,9% ОДУ, что позволяет прогнозировать его освоение на конец года на уровне не менее 80%. Рост промысловых показателей в нагульный период, вероятнее всего, связан с миграцией минтая из зоны Японии в российские воды, что прослеживается по распределению флота на специализированном промысле. В июне 2011 г., когда месячный вылов достиг максимума, промысел активно велся у границы экономической зоны Японии. Резкое падение вылова во все годы отмечалось в августе, скорее всего связанное с началом обратной миграции минтая в сопредельные воды, а интенсификация промысла в осенние месяцы и перемещение части флота в охотоморские воды обусловлено подходом в ЮКР зимненерестящихся производителей и образованием преднерестовых скоплений.



	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ОДУ, тыс.т	30,0	50,0	30,0	16,0	16,0	10,0	10,0	10,0	10,0	12,1	35,1	64,5	90,2	115,4
Вылов, тыс.т	25,6	42,2	19,4	10,1	10,5	7,5	7,6	8,8	7,8	9,5	31,1	56,6	78,4	55,3
Освоение ОДУ, %	85,3	84,4	64,7	63,1	65,6	75,0	76,0	88,0	78,0	78,5	88,6	87,8	86,9	47,9

Рис. 3. ОДУ и вылов минтая в Южно-Курильской зоне в 1999–2012 гг.

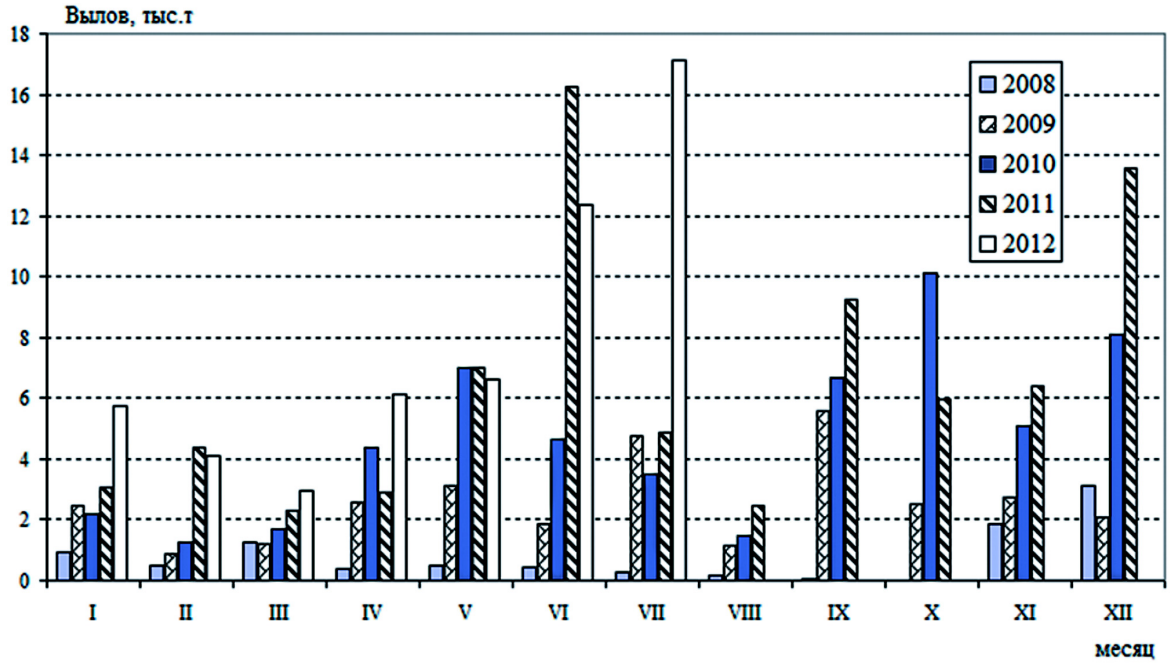


Рис. 4. Помесячный вылов минтая в Южно-Курильской зоне в 2008–2012 гг.

Данные по размерному составу, собранные наблюдателями, отображают структуру скоплений на промысле минтая в Южно-Курильской зоне и его пространственное распределение (рис. 6). Так вдоль островов Малой Курильской гряды в промысловых уловах в августе–сентябре доминировали рыбы длиной 35–45 см (4–5-годовики), которые мигрировали сюда из вод Японии на нагул, а в феврале–марте 2012 г. 3-годовики 2009 г. рождения. С океанской стороны о.Итуруп в нагульный период 2011 г. рыба

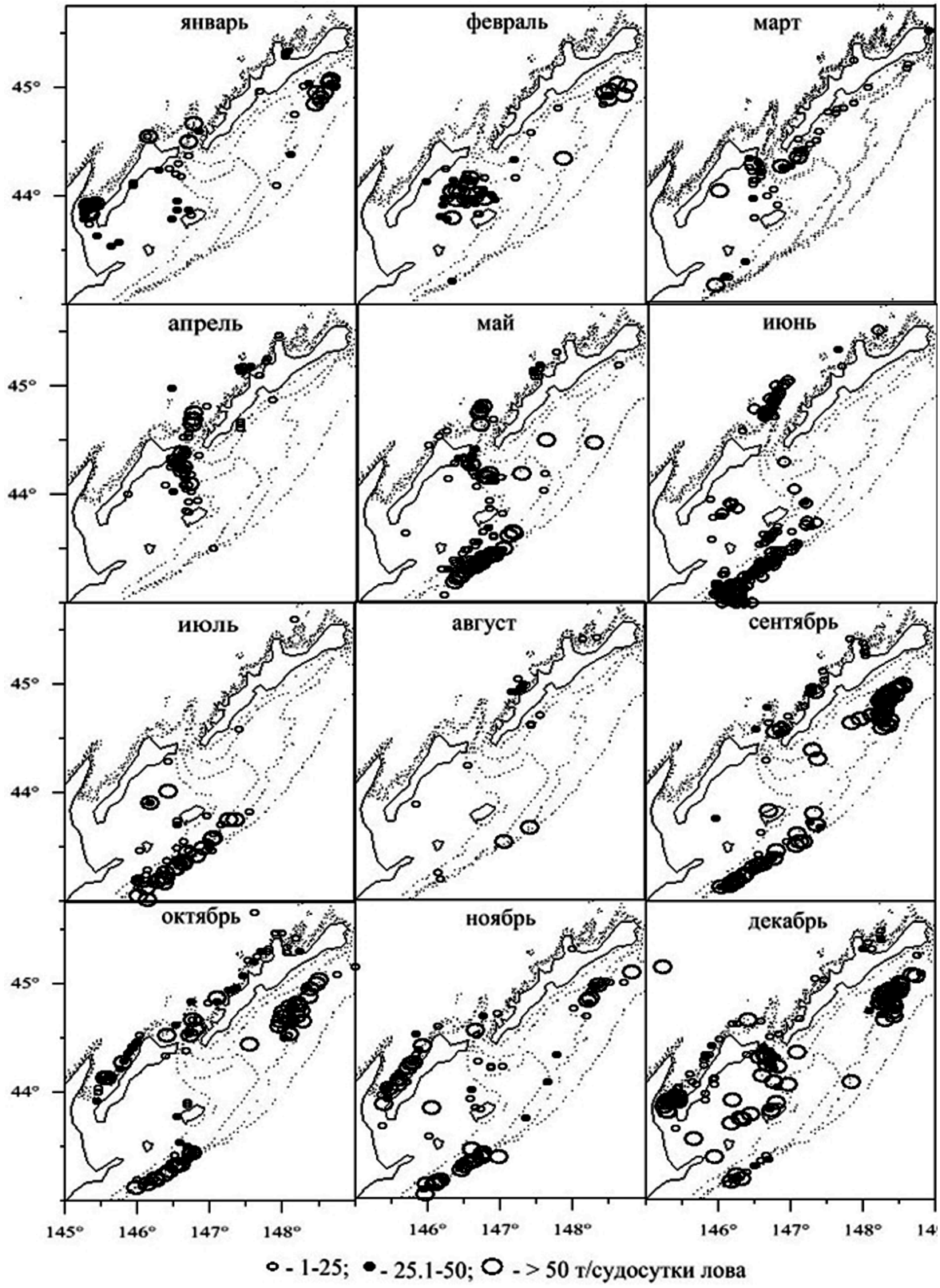


Рис. 5. Распределение флота на промысле минтая в Южно-Курильской зоне в 2011 г.

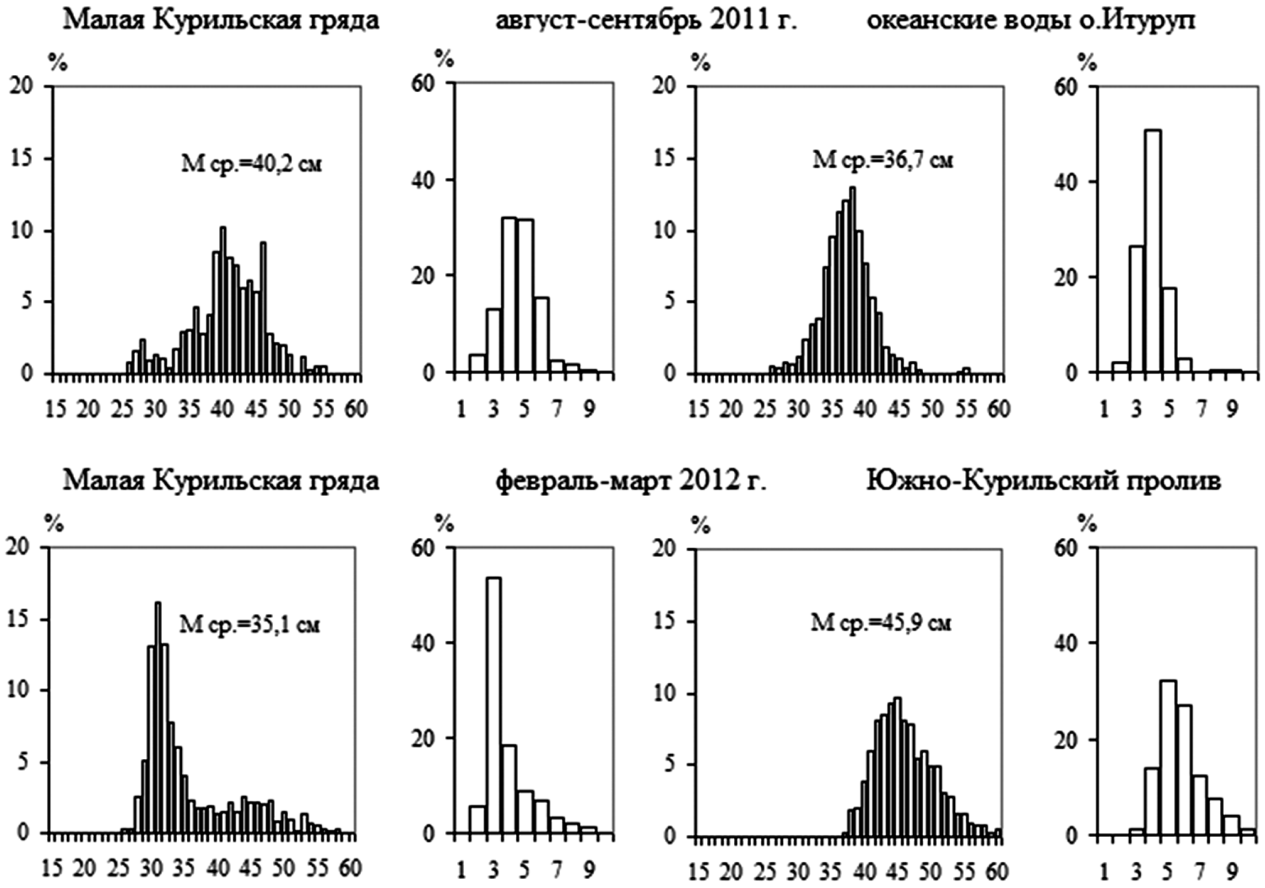


Рис. 6 Размерно-возрастной состав промысловых уловов минтая в Южно-Курильской зоне в 2011–2012 гг.

также была крупнее (30–40 см), чем при проведении съемок в марте (22–28 см). Также в феврале–марте 2012 г. на входе в Южно-Курильский пролив над глубинами 102–140 м облавливался половозрелый минтай с модальной группой 40–55 см (4–7-годовики урожайных поколений 2005–2008 гг.). Доля самок здесь была высокой, составляя в среднем 62,8%, более 60% всех особей находились в преднерестовом и посленерестовом состоянии. Таким образом, состав скоплений минтая в ЮКР значительно изменяется в течение года. Особенно это характерно для производителей, дислокация которых существенно разнится в нерестовый и нагульный периоды, а также связано с миграциями рыб из смежных вод в зону России и в обратном направлении.

Заключение

В настоящее время биомасса минтая в ЮКР находится на довольно высоком уровне и в последние 2 года оценивалась в 767 и 875 тыс.т, соответственно. Максимум биомассы, превышающий 1,2 млн. т, наблюдался в 1980-е гг. и, а средний уровень для этого района составляет по данным 1980-2000-х гг. 500 тыс.т. С учетом того, что снижение запасов началось в первой половине 1990-х гг., а последние оценки относятся к 1991 г. и составляют 569 тыс.т (Овсянникова, 2012), в 2011-2012 гг. в этом районе наблюдается максимум биомассы минтая за более, чем 20-летний период. Как следствие, относительно середины 2000-х гг., когда ОДУ составлял всего 10 тыс.т, к началу текущей декады он вырос более, чем в 10 раз.

Поскольку поколения 2010-2011 гг. оценены как неурожайные, к середине текущего десятилетия ожидается снижение промыслового запаса. В связи с этим важно продолжать ежегодный мониторинг состояния запасов и оценку урожайности поколений минтая Южно-Курильской зоны. Как показали последние 2 года, при условии проведения работ в стандартные сроки и учета запасов в полном объеме, это дает возможность по новым данным оперативно корректировать ОДУ на текущий год.

Список литературы

Авдеев Г.В., Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е. 2005. Результаты оценки запасов минтая в северной части Охотского моря по ихтиопланктонной съемке в 2004 г. //Вопр. рыболовства. Т.6, № 2 (22). С. 298 325.

Овсянникова С.Л. 2012. Оценка и прогнозирование запасов минтая южно-курильского района // Известия Тихоокеанского научн.-исслед. рыбхоз. центра. Т. 170. С. 45-59.

Овсянникова С.Л., Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е., Жигалов И.А. 2008. Особенности нереста, распределение и оценка запасов минтая в водах южных Курильских островов в 2006 г. //Известия Тихоокеанского научн.-исслед. рыбхоз. центра. Т. 154. С. 16-36.

Смирнов А.В., Авдеев Г.В., Николаев А.В., Шевцов В.И. 2006 г. Об оценке запасов охотоморского минтая инструментальными методами //Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока. Труды ВНИРО. Т. 146. С. 257296.

Фадеев Н.С. 1999. Методика оценки запасов минтая по численности икры и размерно-возрастному составу //Биология моря. Т.25. № 3. С.246–249.

УДК 597.553.2:639.212

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СТАДА ЧАВЫЧИ ONCORHYNCHUS TSHAWYTSCHA (WALBAUM) РЕКИ БОЛЬШАЯ (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)

Попова Т.А.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: popova.t.a@kamniro.ru

Введение

Чавыча Oncorhynchus tshawytscha (Walbaum) — самый крупный, но малочисленный тихоокеанский лосось, важный объект лососеводства, излюбленный трофей спортивного рыболовства.

На азиатском побережье Тихого океана основным районом воспроизводства является Камчатский полуостров. По данным статистических материалов за период 1964-2011 гг. к восточному побережью подходило около 67% (диапазон колебаний — 39–87%,) а к западному — около 33% (диапазон колебаний — 13–61%) от всего запаса камчатских рек.

На западном побережье Камчатки самое крупное стадо чавычи воспроизводится в бассейне р. Большая. Поэтому основная доля промыслового изъятия чавычи приходится на эту реку.

Река Большая образуется слиянием рек Быстрая и Плотникова. За начало реки принят исток р. Быстрая, которая берет начало на северо-западных отрогах хребта Ганальские Востряки. Длина системы рр. Большая и Быстрая 275 км.

Река Быстрая. Первые 5–7 км течет в северном направлении в пределах хребта Ганальские Востряки, затем поворачивает на юг и выходит на поверхность Центральной Камчатской депрессии, известной под названием Ганальская тундра, течет в южном направлении по широкой долине. Слева ее ограничивают горы Срединного хребта, справа — хребет Ганальские Востряки. В южной части Срединного хребта р. Быстрая (ниже устья р. Мумоч) выходит и течет по Западной Камчатской равнине (Васьковский, 1973).

Река Плотникова. Является вторым крупным притоком. Берет начало из оз. Начикинское и течет в северо-западном направлении по долине, ограниченной справа хребтом Ганальские Востряки, слева — горными массивами Восточного вулканического района. На 43-м км от истока она в пределах Центральной Камчатской депрессии поворачивает на юг, протекает между хребтами Срединный и Халзан и ниже впадения р. Банная (86 км от истока) течет на запад по Западной Камчатской равнине. В р. Большая впадает с левого берега на 58-м км от ее устья. Длина реки 134 км, площадь водосбора 4450 км^2.

В низовье р. Большая протекает через обширный лиман в юго-восточном направлении вдоль Охотского моря, отделяясь от него узкой песчаной косой, и впадает в Охотское море. Площадь водосбора

р. Большая 10800 км^2, общее падение реки 1060 м, средний уклон 3,86‰. Хорошо развита речная сеть бассейна реки, ее протяженность — 7099 км (123 реки имеют длину более 10 км). Средний коэффициент густоты речной сети равен 0,60 км^2.

Другие крупные притоки р. Большая: Гольцовка (лев. б., 58 км, длина 69 км), Начилова (пр.б., 48 км, длина 77 км), Канычева (лев. б., 38 км, длина 65 км), Амчигача (впадает в лиман, длина 82 км) (Васьковский, 1973).

Изучению биологии чавычи р. Большая уделялось недостаточно внимания. Опубликованных работ немного (Крохин, Крогиус, 1937; Смирнов, 1975, Виленская, 2002; Виленская, Маркевич, 2004; Попова, Чебанов, 2004, 2006; Крогиус и др., 2010; Попова, 2010, 2011). Но есть архивные и, собранные в последние годы, материалы, которые необходимо обобщить.

Цель работы — дать характеристику запасов и биологической структуры чавычи р. Большая (Западная Камчатка).

Материал и методика

Исходными данными являются фондовые материалы КамчатНИРО и Севвострыбвода: по вылову чавычи в период 1933–2011 гг., по пропуску производителей на нерестилища — в 1963–2011 гг. Анализ промысла чавычи проведен по данным официальной статистики.

Материал по биологическим показателям чавычи собран на рыбодобывающих предприятиях и наблюдательном пункте Севвострыбвода в нижнем течении р. Большая сотрудниками КамчатНИРО и Севвострыбвода в 1973–2011 гг. Исследовано 10800 экз. рыб.

Биологический анализ производителей проводили по общепринятой методике (Правдин, 1966). Измеряли длину АС, массу рыб и половых продуктов. Определяли пол, рассчитывали абсолютную плодовитость. Чешуя взята по методике Клаттера и Уайтсела (Clutter, Whitesel, 1956). Возраст рыб до 2006 г. определяли Б.Б. Вронский и Н.И. Виленская, в последующие годы автор данной работы. Обозначение возраста: первая цифра — количество пресноводных лет, вторая — морских.

Статистическая обработка проведена с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Промысел. В 1933–1947 гг. уловы не превышали средний многолетний показатель 100 т. В этот период отмечен и минимальный вылов за весь период наблюдений — 1,0 т (1934 г.). В течение последующих 39 лет (1948–1986 гг.) ее промысловое изъятие береговыми предприятиями часто превышало средний многолетний показатель (Попова, 2011). Максимальные уловы отмечены в 1956 и 1975 гг. (274,0 и 265,0 т).

С 1987 по 2011 гг. объем вылова чавычи неуклонно снижался и достиг уровня значительно ниже среднего многолетнего. Превышение отмечено только в 1988, 1992, 1997 и 1998 гг. (рис. 1).

Пропуск на нерестилища. В 1963–1990-х гг. на нерестилища проходило в среднем около 23,5 тыс. экз. производителей. Межгодовые колебания — от 14,5 до 42,0 тыс. экз. (1974 и 1984 гг.) (рис. 2). В 1991–2000 гг. численность родительского стада сократилась в среднем до 22,4 тыс. особей, предел колеба-



Рис. 1. Вылов чавычи (т) береговым промыслом в р. Большая в 1933–2011 гг. (черные круги — минимальный и максимальный уловы)

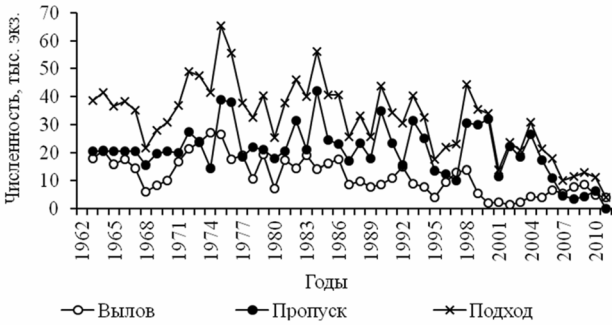


Рис. 2. Динамика подхода, вылова береговым промыслом и пропуска на нерестилища чавычи в р. Большая в 1963–2011 гг.

ний — 10,0–32,0 тыс. экз. (1997 и 2000 гг.). В период 2001–2010 гг. этот процесс продолжился. В 2001–2005 гг. на нерестилищах отмечено 19,2 тыс. производителей (предел колебаний — 11,6–26,4 тыс. экз.), в 2006–2010 гг. — 6,0 тыс. экз. (предел колебаний — 3,6–11,0 тыс. экз.).

Таким образом, в 2006–2010 гг. численность половозрелой чавычи на нерестилищах уменьшилась в 4 раза, по сравнению с 1963–1990 гг., в 2011 г. учтено всего 0,1 тыс. особей. Возможно, в 2011 г. был недоучет производителей в связи с поздним началом авиаучетных работ.

Состояние запасов. Запасы чавычи р. Большая определяются главным образом численностью ее родительского стада. Колебания численности чавычи в подходах к р. Большая значительны — от 4,2 до 65,5 тыс. экз. (2011 и 1975 гг.) (рис. 2). Средний многолетний показатель в период 1963-2011 гг. равен 32,3 тыс. особей.

До 1990 г. подходы были выше среднего многолетнего показателя и составляли 39,0 тыс. особей. В годы высокой и низкой численности чавычи ее запасы соответственно составляли 55,565,5 и 21,725,8 тыс. экз. В 1991–2000 гг. численность чавычи в подходах уменьшилась до 32,0 тыс. особей (предел колебаний — 17,544,3 тыс. экз.). Одновременно в эти годы отмечено снижение численности родительского стада на нерестилищах (рис. 2). Поэтому в 2000–2005 гг. был закрыт промысел чавычи, но эта мера не дала положительного результата. В 2001–2005 гг. ее количество в подходах уменьшилось до 22,1 тыс. экз. (предел колебаний — 14,030,8 тыс. экз.) не только за счет уменьшения промыслового изъятия, но и в результате снижения захода чавычи на нерестилища (рис. 2, 3). В 2006–2011 гг. в р. Большая отмечены самые низкие подходы чавычи за 49-летний период наблюдений за заполнением нерестилищ 11,3 (колебания — 4,217,8 тыс. экз.).

Возрастной состав. Возрастная структура чавычи р. Большая представлена пятнадцатью группами, но в разные годы их количество изменялось от 4 до 12. Ведущими в подходах являлись производители возрастов 1,2, 1,3 и 1,4, средняя многолетняя доля которых составляла соответственно 20, 41 и 28%.

В 1972–1980 гг. в подходах преобладали рыбы старших возрастов (5+ и 6+) 50%, вторыми по значимости были особи возраста 4+ — 37%. В 1981–1990 гг. производители возрастов 5+, 6+ и 4+ по-прежнему доминировали, но доли этих возрастных групп были примерно равны (42 и 45%). Доля чавычи младших возрастных групп (1+ – 3+) в 19721990 гг. не превышала 13% (рис. 4).

В следующее десятилетие (1991–2000 гг.) у большерецкой чавычи произошло почти двукратное снижение доли особей возрастов 5+ и 6+ (23%), за счет увеличения в два раза младших возрастных групп (1+ – 3+). Относительная численность производителей возраста 4+ возросла на 6% и составила 51%.

В 2001–2010 гг. в подходах стали доминировать рыбы возрастных групп 4+ и 1+ 3+ (44 и 42%), за счет увеличения последних в 1,63,0 раза (в основном самцов), по сравнению с периодами 1991–2000 и



Рис. 3. Общая численность половозрелой чавычи в подходах и доля изъятия в р. Большая 1963–2011 гг., тыс. экз.

Таблица 1. Средняя доля доминирующих возрастных групп в подходах чавычи, %

Годы промысла	Возрастные группы			Сумма
	1,2	1,3	1,4	
1972–1980	12,4	33,5	46,7	92,7
1981–1990	10,6	40,4	37,4	88,4
1991–2000	18,9	48,2	19,7	86,8
2001–2010	33,5	42,3	11,9	87,7
2011	41,1	40,6	3,4	85,1
1972–2011	20,0	41,0	28	89,0

1972–1990 гг. Доля чавычи старших возрастов снизилась до 14% (самок и самцов). В 2011 г. преобладали особи младших возрастных групп (1+ – 3+) и возраста 4+ (54 и 41%). Производители старших возрастов (5+ и 6+) составили всего 5%.

Такие же изменения характерны и для чавычи ведущих возрастных групп в подходах. Доля рыб возраста 1,4 уменьшилась с 46,7 (1972–1980 гг.) до 11,9% (2001–2010 гг.), возрастов 1,2 и 1,3 увеличилась: 1,2 — с 12,4 до 33,5%, 1,3 — с 33,5 до 42,3% (табл. 1).

Таким образом, в стаде чавычи р. Большая в 2001–2011 гг., произошли изменения возрастной структуры в сторону снижения возраста производителей. Процесс этот начался в период 1991–2000 гг.

Размерно-весовые показатели. С изменением возрастной структуры чавычи р. Большая изменились и размерно-весовые показатели. Если в 1972–1990 гг. средняя длина и масса составляли 91–95 см и 10–11 кг, то в период 2001–2010 гг. эти показатели были равны 76 см и 7 кг, а в 2011 г. — 73 см и 6 кг (рис. 5).

Для чавычи характерно изменение размерно-весовых показателей в ходе нерестовой миграции по месяцам. В ее первой половине (майиюнь) производители обычно более крупные. Во второй половине (июльавгуст) значительно меньше (рис. 6). Отмеченная особенность связана с тем, что в первой половине нерестового хода в уловах выше доля самок.

Размерные-весовые показатели у самок были выше, по сравнению с аналогичными показателями у самцов (рис. 7).

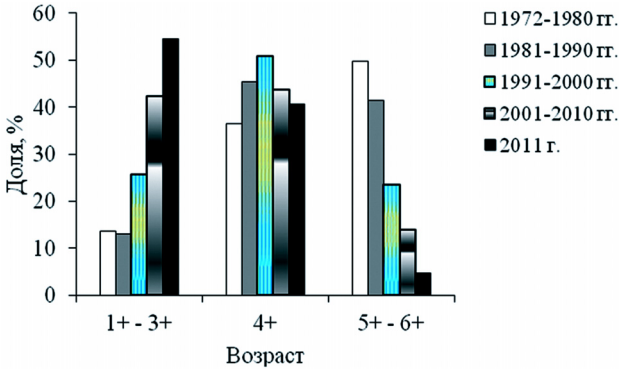


Рис. 4. Изменение доли чавычи разных возрастов в р. Большая в 1972–2011 гг. (среднее по периодам)

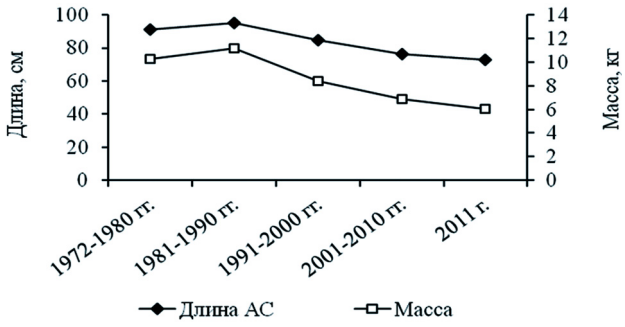


Рис. 5. Изменение размерно-весовых показателей чавычи в р. Большая в 1972–2011 гг. (среднее по периодам)

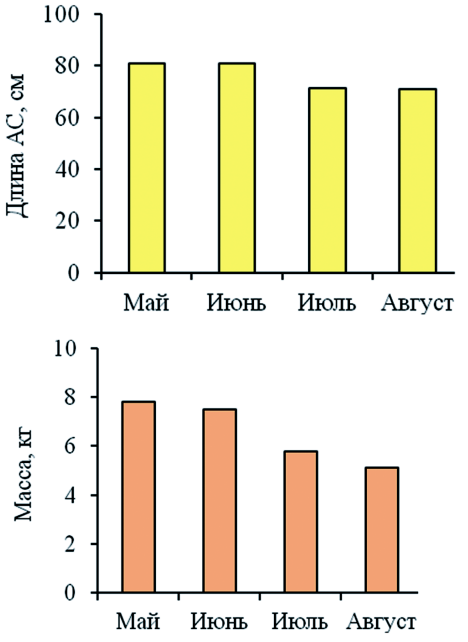


Рис. 6. Изменение размерно-весовых показателей чавычи в р. Большая по месяцам (1990–2011 гг.)

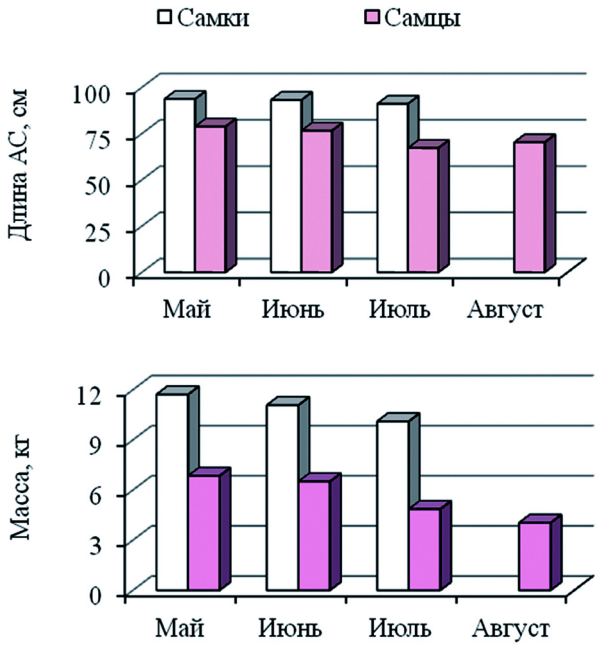


Рис. 7. Изменение длины АС и массы у самок и самцов чавычи в р. Большая по месяцам (1990–2011 гг.)

Доля самок и плодовитость. Омоложение популяции чавычи в р. Большая привело к тому, что, наряду с уменьшением ее размерно-весовых показателей, произошло снижение доли самок в подходах, которые, как правило, преобладали в старших возрастных группах 5+ и 6+, т. к. имели большую продолжительность полового созревания. Если доля самок в 1972–1990 гг. составляла 40–45%, то период 1991–2000 гг. относительная численность самок в подходах уменьшилась до 27, а в современный период до 22–25% (рис. 8).

Увеличение в подходах доли самок возрастов 3+, 4+ и одновременное уменьшение доли возрастных групп 5+ и 6+ привело к снижению средних показателей абсолютной плодовитости. Так если, в 1972–1990 гг. она составляла 10020–10120 икринок, то в 2001–2011 гг. уменьшилась до 8710–8750 (рис. 8).

Масса икринок у самок младших возрастов меньше, по сравнению с таковой у самок старших возрастов (табл.2). Выживание молоди от мелких самок может оказаться пониженным из-за меньшего запаса желтка у эмбрионов, развивающихся из более мелкой икры (Виленская, 2002, Виленская и др., 2000).

Вероятно, при переходе ведущей роли в воспроизводстве от самок старших возрастных групп к младшим, эффективность воспроизводства стада чавычи р. Большая снижается.

Заключение

В результате анализа многолетних материалов (1963–2011 гг.) выявлено, что максимальные подходы чавычи к р. Большая (Западная Камчатка) приходились на период 1971–1980 гг. в среднем 43,2 тыс. экз. рыб. В дальнейшем численность чавычи в подходах сокращалась и в период 2001–2010 гг. она была ниже по сравнению с таковой в 1971–1980 гг. в 2,5 раза (17,4 тыс. экз.), что было вызвано чрезмерной промысловой и браконьерской эксплуатацией в 1990-х начале 2000-х годов. Закрытие промысла в 2000–2005 гг. не дало положительного результата. Самая низкая численность отмечена в 2007–2011 гг.

Родительское стадо чавычи на нерестилищах в 2001–2010 гг. сократилось в 2 раза по сравнению с 1971–1990 гг. и составило 12,6 тыс. экз.

В 1972–2011 гг. на фоне сокращения численности чавычи в р. Большая изменилась возрастная структура популяции. В подходах уменьшилась доля производителей старших возрастных групп (5+ – 6+) с 50 до 13% и увеличилась доля младших возрастных групп (1+ – 3+) — с 13 до 43%.

В результате омоложения популяции чавычи уменьшились ее размерно-весовые показатели. Масса рыб снизилась от 10–11 (1972–1990 гг.) до 7 кг (2001–2011 гг.), длина АС соответственно от 91–95 до 76 см.

За 40-летний период претерпела изменения половая структура родительского стада чавычи. Доля самок в 1991–2011 гг. по сравнению с 1972–1980 гг. сократилась почти в 2 раза и составила 26%.

В результате увеличения в воспроизводстве доли самок возрастов 3+ и 4+ и уменьшения доли возрастов 5+ и 6+ стали ниже показатели абсолютной плодовитости. В 2001–2011 гг. она составила 8710 икринок, тогда как в 1972–1980 гг. была равна 10120.



Рис. 8. Изменение в подходах доли самок и абсолютной плодовитости у чавычи в р. Большая в 1972–2011 гг. (среднее по периодам)

На нерестилища р. Большая в 1972–1980 гг., когда доля самок в подходах составляла 45%, проходило в среднем 24 тыс. производителей чавычи, что обеспечивало нерест примерно 10–11 тыс. самок. При существующем в 2001–2011 гг. соотношении полов в стаде (25% самок) для обеспечения пропуска достаточного количества самок, общее количество пропускаемых производителей должно быть не менее 35–38 тыс. особей. В 2001–2011 гг. на нерестилища проходило в среднем 11 тыс. экз. производителей.

Таблица 2. Масса икринок чавычи разного возраста в р. Большая

Масса, г	3+	4+	5+	6+
Средняя	0,100	0,112	0,131	0,151
Min max	0,050,154	0,06 0,220	0,08 0,225	0,102 0,232
N	58	187	185	35

Таким образом, состояние запасов чавычи в р. Большая в 2001–2011 гг. самое низкое за исследованный период (1963–2011 гг.). Воспроизводство осуществляется не в полной мере, так как нынешняя численность родительского стада снизилась в два раза, при этом доля самок составляет четверть от общей численности и вдвое меньше нормального соотношения полов, характерного для промысловых видов тихоокеанских лососей.

Благодарности

Автор искренне благодарен сотрудникам КамчатНИРО и Севвострыбвода, собравших в разные годы данные по промыслу, пропуску и биологическим показателям чавычи на рыбокомбинате и промысловых участках в нижнем течении р. Большая.

Список литературы

Васьковский М. Г. 1973. Ресурсы поверхностных вод СССР. Камчатка. Л.: Гидрометеоиздат, 367 с.

Виленская Н.И. 2002. Влияние размеров яйцеклеток чавычи *Oncorhynchus tschawytscha (*Walbaum) на размеры личинок и молоди // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 6. С. 226–234.

Виленская Н.И., Вронский Б.Б., Маркевич Н.Б. 2000. Характеристика нерестовых подходов и биологической структуры стада чавычи реки Камчатка // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 5. С. 56–67.

Виленская Н.И., Маркевич Н.Б. 2004. Динамика преднерестового хода и масса яйцеклеток тихоокеанских лососей (Salmonidae) в системе рек БольшаяБстрая (Западная Камчатка) // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 7. С. 142–148.

Крогиус Ф.В., Бооль В.С., Бараненкова А.С. 2010. Очерк биологии лососевых Камчатки // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 16. С. 16–31.

Крохин Е.М., Крогиус Ф.В. 1937. Очерк бассейна р. Большой и лососевых нерестилищ, расположенных в нем // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 9. 156 с.

Попова Т.А. 2010. Видовой и возрастной состав молоди тихоокеанских лососей в р. Плотникова (бассейн р. Большая) // Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб: тез. докл. Междунар. конф. (Санкт-Петербург, 20–22 апреля 2010 г.). СПб.: Нестор-История. С. 173–176.

Попова Т.А. 2011. Состояние запасов чавычи *Oncorhynchus tschawytscha* (Walbaum) в р. Большая в современный период // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Матер. II Всерос. науч.-практ. конф. (15–18 марта 2011 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 203–207.

Попова Т.А.,Чебанов Н.А. 2004. Сравнительный анализ морфофизиологических показателей молоди чавычи заводского и естественного воспроизводства // Современные пробл. физиологии и биохимии водных организмов: Матер. Междунар. науч. конф. (Петрозаводск, 6–9 сентября 2004 г.). Петрозаводск: Институт биологии КарНЦ РАН. С. 110.

Попова Т.А., Чебанов Н.А. 2006. Некоторые аспекты экологии молоди чавычи естественного и заводского воспроизводства в бассейне р. Большая (Камчатка) // IX съезд Гидробиол. об-ва РАН : тез. докл. (Тольяти, Россия, 18–22 сентября 2006 г.). Тольяти: ИЭВБ РАН. Т. II. С. 100.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищ. пром-сть, 376 с.

Смирнов А.И. 1975. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. М.: МГУ, 335 с.

Clutter R.I., Whitesel L.E. 1956. Collection and interpretation of sockeye Salmon scales. INPEC Bulël. № 9. 159 p.

УДК 594.1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И РЕСУРСЫ ПРОМЫСЛОВЫХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Седова Л.Г., Соколенко Д.А., Репина Е.М., Власенко Р.А., Афейчук Л.С.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: sedova@tinro.ru

Введение

Залив Петра Великого — самый большой залив Японского моря у берегов Приморского края, протянувшийся от устья реки Туманная на западе до мыса Поворотный на востоке. Мелководные бухты и глубоко вдающиеся в берег заливы второго порядка позволяют существовать здесь видам разного зоогеографического происхождения — низкобореальным, населяющим как открытые участки шельфа, так и заливы, холодноводным, или высокобореальным и арктическим, обитающим в основном на открытых участках шельфа, и тепловодным, или субтропическим, которые встречаются в наиболее прогреваемых участках заливов.

Многие прибрежные донные беспозвоночные являются ценными промысловыми объектами, которые имеют устойчивый спрос на внешнем и внутреннем рынках. В последние годы стабилен интерес рыбодобывающих организаций к таким двустворчатым моллюскам как анадара (*Anadara broughtonii*) и спизула (*Spisula sachalinensis*), начато освоение ресурсов мерценарии (*Mercenaria stimpsoni*). Что касается традиционных объектов промысла, то мидия Грея (*Crenomytilus grayanus*) в настоящее время неохотно используется рыбодобывающими организациями, что в основном связано с трудоемкостью ее добычи, а промышленный лов приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*) в прибрежье Приморья закрыт с 1950-х годов. В 1930-х годах объемы годового вылова мидии достигали 500 т, а приморского гребешка — 900 т (Разин, 1934). Популярность гребешка обусловлена хорошим спросом на рынке — в настоящее время в Приморском крае это самый культивируемый объект. Ресурсы приморского гребешка, сосредоточенные на акваториях морских заповедников и донных плантациях хозяйств марикультуры, превышают естественные запасы (Вышкварцев и др., 2005; Гаврилова и др., 2005; Седова, Соколенко, 2008; Гаврилова, 2011).

Впервые наиболее подробно распределение и запасы двустворчатых моллюсков были изучены экспедицией под руководством А.И. Разина в 1931–1932 гг. от реки Туманная до залива Владимира (Разин, 1934). В работах Голикова и Скарлато (1967), Бирюлиной (1972, 1975), Бирюлиной и Родионова (1972), Селина (1990, 1995), Гавриловой, Жембровского (2000), Олифиренко (2007) и наших предыдущих исследованиях (Афейчук и др., 2004; Афейчук, 2012а, б; Соколенко, Седова, 2005, 2008; Соколенко и др., 2006; Борисовец и др., 2007; Седова и др., 2007а, б, 2009; Седова, Соколенко, 2008 и т. д.) проанализировано распределение и состояние поселений промысловых двустворчатых моллюсков на отдельных участках залива Петра Великого.

Цель данной работы — исследование состояния ресурсов промысловых двустворчатых моллюсков M. yessoensis, C. grayanus, S. sachalinensis и M. stimpsoni, A. broughtonii в заливе Петра Великого в настоящее время.

Материал и методика

В заливе Петра Великого научно-исследовательские работы проводили на НИС «Убежденный» БИФ ТИНРО в летне-осенние периоды 2001–2011 годов с использованием стандартных гидробиологических методов (Аверинцев и др., 1982; Блинова и др., 2003). Для подготовки картографических материалов использовали геоинформационную систему MapInfo Professional 9.5. Расчет общей биомассы и численности моллюсков осуществляли методом диаграмм Вороного (полигоны Тиссена) (Борисовец и др., 2003).

Исследование поселений двустворчатых моллюсков осуществляли водолазным способом в прибрежной зоне на глубинах до 20 м. Проанализировано более 10 тысяч станций, расположенных вдоль всего побережья залива Петра Великого, за исключением участков, отведенных под порты, марикультурные хозяйства и заповедники. Расстояние между станциями составляло 100–300 м в зависимости от биотопических условий. На каждой станции отбор проб проводили с одной или нескольких рамок площадью

1 м^2. В состав проб, собранных водолазами, входили организмы, обитающие как на поверхности грунта, так и в его толще до глубины 15–30 см (на мягких грунтах).

Линейные размеры моллюсков определяли с помощью штангенциркуля (с точностью до 1 мм), массу особей — взвешиванием с точностью до 1 г. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программ Excel и Statistica 6.

Результаты и обсуждение

В прибрежной зоне залива Петра Великого на глубинах до 20 м двустворчатые моллюски являются самой значимой группой макрозообентоса, доминируя как по видовому составу, так и по биомассе. Среди них имеются представители эпифауны и инфауны.

Из представителей эпифауны наиболее распространена мидия Грея *C. grayanus* — низкобореальный сублиторальный вид, образующий друзы на каменистых и галечных грунтах численностью от 2–3 до 20-30 особей и более (рис. 1).

Поселения мидии занимают значительные площади. Наибольшие концентрации, где удельная биомасса моллюсков в среднем составляет 488–1330 г/м^2 отмечены в Амурском, Уссурийском заливах, в бухтах Бойсмана и Рифовая (табл. 1). Ресурсы мидии Грея наиболее значимы в заливах Посьета



Рис. 1. Распределение мидии Грея в заливе Петра Великого. Звездочками обозначены места поселений моллюсков, номер указан в соответствии с табл. 1

Таблица 1. Ресурсы мидии Грея в отдельных районах зал. Петра Великого

Район	Глубина, м	Площадь, га	Средняя удельная биомасса, г/м^2	Непромысловая часть поселения, %*	Ресурсы, т
1. зал. Посьета	0,5–20	670	291,3	35,9	1952
2. б. Троицы	1,4–20	99	292,0	57,4	1385
3. б. Бойсмана	2–20	239	488,2	11,2	1167
4. б. Баклан	3–15	125	644,5	48,7	632
5. р-он п-ова Брюса	2–13	60	250,1	45,5	150
6. р-он от зал. Славянский — до п-ова Песчаный	2,5–17	1758	908,4	93,8	21410
7. островная зона	1–20	1580	271,8	48,0	3161
8. б. Лазурная	2–9	15	711,2	92,7	106
9. б. Теляковского	2–10	100	1330,1	40,1	1330
10. б. Суходол	3–10	417	390,6	54,0	1629
11. м. Открытый — м. Веселкина	2–12	416	131,9	43,2	549
12. район о-ва Путятин	1–20	440	197,2	33,1	868
13. б. Рифовая	3–15	36	709,3	68,9	239
14. зал. Находка	1–20	141	419,8	36,5	592
15. м. Козьмина — м. Поворотный	2–11	4	225,2	65,6	9
Итого		**6100**			**35179**

* Промысловый размер по длине раковины — 100 мм

(м. Острено м. Мраморный, б. Троицы), б. Бойсмана, Амурском заливе (от зал. Славянский до п-ова Песчаный), Уссурийском заливе (бухты Суходол, Теляковского, район мысов Открытый — Веселкина), у о. Путятин. По состоянию на 2011 г. ресурсы мидии в зал. Петра Великого, составляют порядка 35 тыс. т и сконцентрированы на площади 6 тыс. га. Доля непромысловой части в поселениях варьирует от 11,2 до 93,8%.

О значительных запасах мидии Грея в заливе Петра Великого А.И. Разин писал ещё в 1934 г. (Разин, 1934). В 1970-х годах запас мидии в заливе Петра Великого, по данным М.Г. Бирюлиной (1972) составлял около 18 тыс. т. По состоянию на 2006 г. общий запас мидии составлял также 18 тыс. т (Седова и др., 2007а). По сравнению с 1970-ми годами, практически не изменились ни пространственная структура поселений мидии, ни ее запасы. Отмеченное в настоящее время увеличение запаса мидии связано, в первую очередь, с обследованием новых акваторий. Освоение ресурсов мидии в последние годы находится на низком уровне и не превышает 50% от рекомендуемой квоты вылова.

Приморский гребешок M. yessoensis — низкобореальный, сублиторально-элиторальный вид. Распространен на песчаных, илисто-песчаных грунтах с примесью гальки, гравия, ракуши (рис. 2).

В настоящее время поселения гребешка представляют собой небольшие группировки на ограниченных площадях; чаще моллюски встречаются единично. Показатели средней удельной биомассы гребешка в поселениях варьируют от 0,9 до 188 г/м^2 (табл. 2). Максимальные значения были отмечены



Рис. 2. Распределение гребешка приморского в заливе Петра Великого. Звездочками обозначены места поселений моллюсков, номер указан в соответствии с табл. 2

Таблица 2. Ресурсы гребешка приморского в отдельных районах зал. Петра Великого

Район	Глубина, м	Площадь, га	Средняя удельная биомасса, г/м^2	Непромысловая часть поселения, %*	Ресурсы, т
1. устье р. Туманная — граница ДВГМЗ	10–20	385	47,5	4,4	183
2. зал. Посьета	1,5–14	1016	16,5	67,6	168
3. б.Троицы	9–16	27	188,0	45,4	51
4. б. Бойсмана	5–20	870	5,9	2,9	52
5. б. Баклан	7–17	811	6,4	27,5	52
6. б. Северная — (Славянский залив)	2–10	97	11,3	58,3	11
7. Славянский залив — п-ов Песчаный	3–16	677	24,5	91,2	166
8. Островная зона	3–20	528	10,8	56,1	57
б. Пограничная (о. Попова)	7–17	85	2,3	35,0	2
б. Рында (о. Русский)	2,5–13	72	2,8	70,0	2
б. Воевода (о. Русский)	3,2–12	57	8,8	60,6	5
9. район п-ова Шкота	3–15	25	4,2	69,2	1
10. б. Лазурная	8–11	39	2,5	66,6	1
11. б. Теляковского	3–10	23	0,9	50,1	0,2
12. район о-ва Путятин	1–20	114	8,8	97,0	10
13. б. Рифовая	14–16	22	4,5	0	1
Итого		**4848**			**762**

* Промысловый размер по длине раковины — 100 мм

на глубинах 17–20 м на границе с Дальневосточным государственным морским заповедником в районе от устья реки Туманная до мыса Островок Фальшивый и на глубинах 10–16 м в б. Троицы.

В 1930-е годы запас приморского гребешка составлял порядка 10 тыс. т (Разин, 1934), в 1970-е годы 1,7 тыс. т (Бирюлина, Родионов, 1972). Исследования, проведенные в 1970-е годы и нами за последние десять лет, показали, что места обитания гребешка остались прежними, но его запасы значительно уменьшились. Изучение состава поселений гребешка выявило, что его пополнение путем естественного воспроизводства незначительно и нестабильно.

По состоянию на 2006 г., общий запас естественных поселений гребешка в заливе Петра Великого составлял 390 т (Седова и др., 2007а), а в настоящее время 762 т. Увеличение запаса связано как с исследованием новых районов, так и с пополнением естественных поселений за счет интродукции молоди с гребешковых плантаций. Доля непромысловых особей в разных районах варьирует от 4,4 до 97,0% (табл. 2). Их наибольшее количество выявлено в поселениях гребешка, расположенных вблизи хозяйств по его разведению (зал. Посьета, б. Теляковского, Уссурийский залив, район о. Путятин). Причиной снижения в поселениях доли крупноразмерных моллюсков может являться как нелигитимный вылов, так и естественная элиминация старых особей. Не исключено, что непрекращающийся браконьерский лов может привести к дальнейшему снижению ресурсов этого вида.

Из представителей инфауны наиболее востребованными являются спизула *S. sachalinensis,* мерценария *M. stimpsoni* и анадара *A. broughtonii.*

Спизула сахалинская низкобореальный, верхнесублиторальный вид, типична для тонких мелкозернистых песков, расположенных у прибойных берегов на глубинах 1,5–6 м (рис. 3).

В грунт она зарывается до 30 см, в зависимости от погодных условий. В теплое время года моллюски находятся ближе к поверхности грунта (7–10 см), с наступлением неблагоприятных условий штормов и с понижением температуры придонного слоя воды (ниже 14 °С) — они закапываются глубже. Спизула в более защищенных бухтах максимально распространена на глубинах 1,5–3 м, а в открытых и сильно подверженных прибою — на 3–4 м. Располагаясь вдоль прибойного песчаного берега открытых и полуоткрытых бухт, спизула занимает участки ленточной формы, которые имеют длину до нескольких километров. Обычно поселения спизулы граничат с зарослями зостеры. По сравнению с 1930-ми и 1970-ми годами пространственная структура поселений спизулы осталась практически неизменной (Разин, 1934; Бирюлина, 1975; Соколенко, Седова, 2008).

Поля с наиболее высокими концентрациями моллюсков оконтурены в юго-западной части залива Петра Великого, в бухте Рейд Паллада (зал. Посьета), заливе Китовый, бухтах Пограничная (Амурский залив), Муравьиная и Суходол (Уссурийский залив) (рис. 3, табл. 3). Средние значения удельной биомассы спизулы на этих участках составляют 423–1873 г/м^2. Ресурсы вида более значительны в районе реки Туманная, в б. Рейд Паллада, Нарва, заливах Китовый и достигают 1545–4930 т. Доля непромысловой части в поселениях различных районов залива находилась на уровне 1,6–18,8%.

Общий запас спизулы сахалинской в заливе Петра Великого, по состоянию на 2012 г., составил более 15 тыс. т. В 2006 г. общий запас спизулы находился на уровне 8 тыс. т (Седова и др., 2007а). Увеличение запаса объясняется как расширением районов исследований, так и существующим процессом пополнения численности. В прибрежных водах Приморья промысел спизулы осуществлялся с 1930 по 1934 гг. Затем, после длительного перерыва, промысел возобновился в 2001 г. В 2009–2011 гг. освоение рекомендуемой квоты снова приблизилось к 100%.



Рис. 3. Распределение спизулы сахалинской в заливе Петра Великого. Звездочками обозначены места поселений моллюсков, номер указан в соответствии с табл. 3

Таблица 3. Ресурсы спизулы сахалинской в отдельных районах зал. Петра Великого

Район	Глубина, м	Площадь, га	Средняя удельная биомасса, г/м^2	Непромысловая часть поселения, %*	Ресурсы, т
1. устье р. Туманная — граница ДВГМЗ	1,5–13	1087	453,5	18,8	4930
2. б. Рейд Паллада	1,2–6,5	282	644,2	6,7	1926
3. зал. Китовый	1,5–7,6	241	1086,2	9,5	2222
4. б. Бойсмана	1,5–5	257	253,7	2,3	652
5. б. Баклан	1,5–8,2	256	390,8	7,9	1134
6. б. Нарва	1,3–5	82	1873,1	0	1545
7а. б. Перевозная	1,5–8	146	397,3	0–16,7	576
б. р-он о-вов Рейнеке, Рикорда					
8. б. Пограничная	2,3–8	54	526,1	6,3	309
9. б. Лазурная	1,5–7,5	65	598,8	1,6	380
10. б. Муравьиная	2–5	95	496,2	14,6	471
11. б. Суходол	0,7–2	30	423,0	8,6	125
12. б. Рифовая	3–7,5	33	559,6	0	209
13. зал. Находка	1–10	300	242,2	11,4	727
Итого		**2928**			**15206**

* Промысловый размер по длине раковины — 70 мм

Мерценария Стимпсона низкобореальный сублиторальный вид, распространена у прибойных песчаных берегов на глубинах от 2 до 15 м в чистых песках, гравии, илистом песке, мелкой гальке, среди ракушечника. Моллюски встречаются чаще всего у выходных мысов различных заливов или в прибойно-намывных бухтах совместно со спизулой, но в более приглубых участках (рис. 4).

Пространственная структура и состояние поселений мерценарии в заливе Петра Великого также практически не изменились по сравнению с 1930-ми и 1970-ми годами (Разин, 1934; Бирюлина, 1975). В настоящее время средняя удельная биомасса поселений мерценарии колеблется от 59,4 до 410 г/м^2, с максимальными значениями в районе устья реки Туманной, зал. Китовый, б. Пограничной, между мысами Козьмина Поворотный (табл. 4). Наибольший запас мерценарии (830 т) оценен в районе устья реки Туманная. В этом же районе доля непромысловой части поселения составляет 32,2%. В заливах Китовый, Находка и в районе мысов Козьмино–Поворотный этот показатель находится на уровне 7,1–7,7%, в остальных районах молодь не отмечена.

Общий запас мерценарии в заливе Петра Великого, по состоянию на 2012 г., составил 1,8 тыс. т, в 2006 г. этот показатель находился на уровне 0,8 тыс. т (Седова и др., 2007а). Установленный в 1970-х годах промысловый запас находился на уровне 0,6 тыс. т (Бирюлина, 1975). Таким образом, ресурсы вида находятся на стабильном уровне, их увеличение, в первую очередь, связано с обследованием новых районов. В настоящее время рыбодобывающими организациями только начато освоение ресурсов данного вида. Освоение квоты в 2010 г. составляло 42% от рекомендованного возможного вылова, в 2011 г. этот показатель увеличился до 69%.



Рис. 4. Распределение мерценарии в заливе Петра Великого. Звездочками обозначены места поселений моллюсков, номер указан в соответствии с табл. 4

Таблица 4. Ресурсы мерценарии Стимпсона в отдельных районах зал. Петра Великого

Район	Глубина, м	Площадь, га	Средняя удельная биомасса, г/м^2	Непромысловая часть поселения, %*	Ресурсы, т
1. устье р. Туманная — граница ДВГМЗ	5–14	603	375,0	32,2	830
2. б. Рейд Паллада	3–8	25	125,2	0	26
3. зал. Китовый	3–12	53	410,2	7,7	206
4. б. Бойсмана	4–5	64	81,4	0	52
5. б. Баклан	3–12	248	110,3	0	237
6. б. Пограничная	3–12	41	310,2	0	88
7. б. Лазурная	5–10	20	59,4	0	12
8. район о-ва Путятин	6–12	33	250,3	0	119
9. б. Рифовая	4–10	67	244,2	0	159
10. зал. Находка	5–15	20	90,1	7,1	18
11. м. Козьмина — м. Поворотный	7–15	8	362,5	7,2	29
Итого		**1182**			**1776**

* Промысловый размер по длине раковины — 55 мм

Анадара Броутона субтропический верхнесублиторальный вид. Залив Петра Великого является северной границей ареала вида. Анадара встречается на илистых, илисто-песчаных, илисто-гравийных грунтах на глубинах от 2 до 16 м в закрытых хорошо прогреваемых бухтах и заливах (рис. 5). В нерестовый период моллюски в основном агрегируются на мелководье, на глубинах от 3 до 5 м. После нереста они перемещаются на глубину и перераспределяются более равномерно, зарываясь в грунт. Основные промысловые скопления анадары (со средней удельной биомассой 130–260 г/м^2) на значительных площадях локализованы в Амурском и Уссурийском заливах (рис. 5, табл. 5).

Освоение ресурсов анадары было начато в 1994 г. в кутовой части Уссурийского залива. Численность моллюсков до периода интенсивного использования их ресурсов (2001 г.) была достаточно стабильна и составляла более 20 млн. экз. (4 тыс. т), что соответствовало данным 1930-х годов (Разин, 1934). Начатый в 2001 г. на акваториях Уссурийского залива промышленный лов анадары подорвал ее запасы и в 2004 г. был введен запрет на промысловое освоение ее ресурсов в этом районе и промысел переместили в Амурский залив. В 2010 г., после восстановления численности анадары, промысел в Уссурийском заливе был возобновлен. Непромысловая часть поселений в кутовых частях Амурского и Уссурийского заливов составляет 38,1 и 48,5%, соответственно. Наибольшее количество молоди (58,3%) отмечено в б. Рейд Паллада. В бухтах Бойсмана, Баклан, Северная и Теляковского особи непромыслового размера не встречались (табл. 5).

Общий запас анадары, по состоянию на 2012 г., оценен на уровне 22,1 тыс. т., из которых более 10 тыс. т приходится на северную часть Амурского залива. В 2006 г. общий запас вида был определен на уровне 14,6 тыс. т. (Седова и др., 2007а). За период с 2006 по 2011 г. произошло увеличение запаса в 2,5-3 раза в б. Рейд Паллада, на участке б. Нарва п-ов Песчаный и кутовой части Уссурийского залива, что связано



Рис. 5. Распределение анадары в заливе Петра Великого. Звездочками обозначены места поселений моллюсков, номер указан в соответствии с табл. 5

Таблица 5. Ресурсы анадары в отдельных районах зал. Петра Великого

Район	Глубина, м	Площадь, га	Средняя удельная биомасса, г/м^2	Непромысловая часть поселения, %*	Ресурсы, т
1. б. Рейд Паллада	5–10	216	100,8	5,1	336
2. б. Экспедиции	3–4	141	87,5	58,3	24
3. б. Бойсмана	4–5	7	284,2	0	79
4. б. Баклан	7–14	95	90,4	0	86
5. б. Северная (Славянский залив)	5–6	57	50,9	0	29
6. б. Нарва п-ов Песчаный	2–16	2844	202,5	7,2	5761
7. кутовая часть Амурского залива	2–12	7836	130,3	38,1	10215
8. кутовая часть Уссурийского залива	2–14	2304	259,8	48,5	4918
9. б. Теляковского	3–10	20	86,8	0	26
10. б. Суходол	3–12	740	108,7	31,5	675
Итого		**14260**			**22149**

* Промысловый размер по длине раковины — 80 мм

как с отсутствием промысла в этих районах за данный период, так и с естественным восстановлением численности моллюсков. Ресурсы анадары в кутовой части Амурского залива на протяжении последних лет находятся практически на одном уровне (Афейчук, 2012а). Освоение квоты, начиная с 2001 г., составляет примерно 100 %, а выделяемые квоты в 2012 г., по сравнению с 2000 г., снизили более чем в 3 раза.

Заключение

Из рассмотренных видов в настоящее время в заливе Петра Великого наибольшие ресурсы имеют мидия Грея, анадара Броутона и спизула сахалинская (рис. 6). Анадара занимает и наибольшие площади. За последние пять лет для всех видов отмечено небольшое увеличение запаса, которое объясняется как расширением районов исследований, так и естественным пополнением популяций.

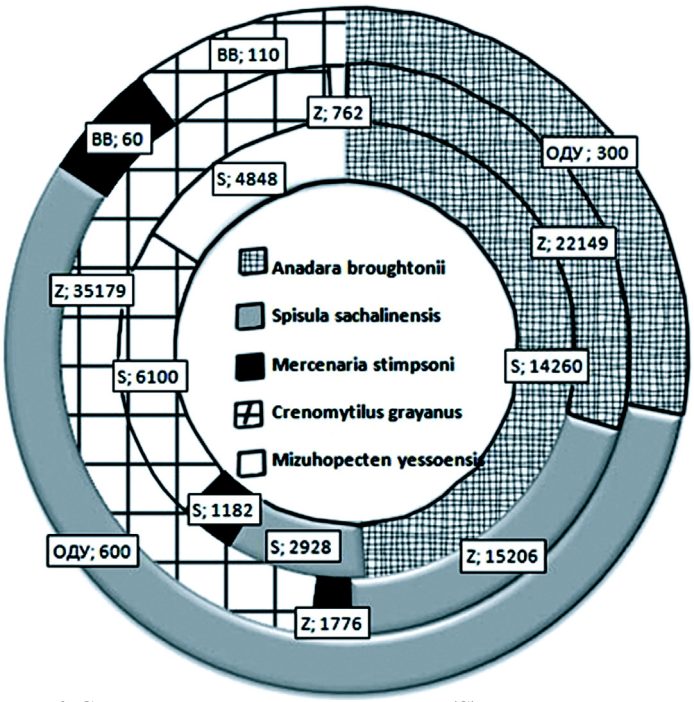


Рис. 6. Соотношение величин площадей (S), занимаемых поселениями, ресурсов (Z) и рекомендованного вылова (ОДУ, ВВ) двустворчатых моллюсков

Установленный на уровне 300 т и 600 т общий допустимый улов, соответственно для анадары и спизулы, видов наиболее востребованных рыбодобывающими организациями, позволяет поддерживать состояние их поселений на стабильном уровне и нивелировать негативное влияние промысла. Освоение рекомендуемой квоты для этих объектов близко к 100 %.

Состояние поселений мидии Грея и мерценарии в заливе Петра Великого также устойчиво. Установленное ВВ в объеме 110 т, скорее связано с тем, что в последние годы освоение мидии находится на низком уровне. В 2007 2008 гг. промышленное освоение не осуществлялось, в 2009 г. составило 34,3% от выделенной квоты, в 2010 г. 51,5%, в 2011 г. добыча мидий снова снизилась, освоение составило всего 6,8% от установленной квоты.

Мерценария существенные запасы в заливе Петра Великого образует только в районе устья реки Туманная. Более многочисленные поселения мерценарии выявлены в прибрежных водах северного Приморья, где, в

основном, и осуществляется ее промысел. Гребешок приморский распределен мозаично с низкими плотностями, его естественные ресурсы незначительны и подвержены прессу браконьерского лова. Состояние его поселений не позволяет рекомендовать данный вид к промышленному изъятию. Лов гребешка осуществляется с донных плантаций хозяйств марикультуры.

Список литературы

Аверинцев В.Г., Голиков А.Н., Сиренко Б.И., Шереметевский А.М. 1982. Количественный водолазный метод гидробиологических исследований // Подводные гидробиологические исследования. Сб. работ. С. 48–58.

Афейчук Л.С. 2012а. Состояние скоплений анадары Броутона *(Anadara broughtonii*, *Schrenk*, 1867) в Амурском заливе // Материалы II Международной научно-технической конференция «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана» (Владивосток, 22–24 мая 2012 г.). Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 40–44.

Афейчук Л.С. 2012б. Состояние скоплений анадары Броутона *(Anadara broughtonii*, Schrenk, 1867) в Уссурийском заливе // Материалы II Международной научно-технической конференция «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана» (Владивосток, 22–24 мая 2012 г.). Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 45–49.

Афейчук Л.С., Зуенко Ю.И., Рачков В.И., Раков В.А. 2004. Экологические условия воспроизводства и распределения анадары Броутона (*Anadara broughtonii)* в бухте Суходол (Уссурийский залив, Японское море) // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. Владивосток: Дальнаука. Вып. 8. С. 43–60.

Бирюлина М.Г. 1972. Современные запасы мидии в заливе Петра Великого // Вопросы гидробиологии некоторых районов Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 11–21.

Бирюлина М.Г. 1975. Запасы *Spisula sachalinensis* (Schrenck) и некоторых сопутствующих ей видов в заливе Петра Великого // Труды Тихоокеанского океанологического института ДВНЦ АН СССР. Т. 9. С. 88–101.

Бирюлина М.Г., Родионов Н.А. 1972. Распределение, запасы и возраст гребешка в заливе Петра Великого // Вопросы гидробиологии некоторых районов Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 33–41.

Блинова Е. И., Вилкова О. Ю., Милютин Д. М., Пронина О. А. 2003. Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне. Москва: ВНИРО. 80 с.

Борисовец Е.Э., Вдовин А.Н., Панченко В.В. 2003. Оценки запасов керчаков по данным учетных траловых съемок залива Петра Великого // Вопр. рыболовства. Т. 4. № 1 (13). С. 157–170.

Борисовец Е.Э., Седова Л.Г., Соколенко Д.А. 2007. Биоресурсы Амурского залива и прилегающих акваторий. Беспозвоночные животные // Эколого-географические аспекты развития нефтегазового комплекса на Дальнем Востоке России. Владивосток: Дальнаука. С. 169–173.

Вышкварцев Д.И., Регулев В.Н., Регулева Т.Н., Григорьев В.Н., Лебедев Е.Б. 2005. Роль старейшего хозяйства марикультуры в восстановлении запасов приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, *1856*) в заливе Посьета Японского моря // Биол. моря. Т. 31. № 3. С. 207–212.

Гаврилова Г.С. 2011. Современная продуктивность плантаций марикультуры беспозвоночных залива Петра Великого (Японское море) // Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки. Южно-Сахалинск: СахНИРО. С. 172–173.

Гаврилова Г.С., Жембровский С.Ю. 2000. Современное распределение мидии гигантской *Crenomytilus grayanus* (Dunker) в заливе Петра Великого // Известия ТИНРО. Т. 127. С. 342–350.

Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В., Ляшенко С.А. 2005. Современное состояние культивирования гребешка *Mizuhopecten yessoensis* в Приморье // Изв. ТИНРО. Т. 140. С. 376–382.

Голиков А.Н., Скарлато О.А. 1967. Моллюски залива Посьета (Японское море) и их экология. Моллюски и их роль в биоценозах и формировании фаун // Тр. зоол. ин-та. Л.: «Наука» Т. 42. С. 5–152.

Олифиренко А.Б. 2007. Особенности биологии двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* в заливе Петра Великого (Японское море): Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток : ИБМ ДВО РАН. 23 с.

Разин А.И. 1934. Морские промысловые моллюски южного Приморья. ОГИЗ-ДАЛЬГИЗ. М-Хабаровск. 110 с.

Селин Н.И. 1990. Распределение и рост двустворчатых моллюсков спизулы и мактры в заливе Петра Великого // Журн. биол. моря. № 3. С. 28–38.

Селин Н.И. 1995. Пространственно-временные изменения структуры популяции и рост двустворчатого моллюска *Mercenaria stimpsoni* в Японском море // Биол. моря. Т. 1. № 1. С. 51–58.

Седова Л.Г., Соколенко Д.А., Борисовец Е.Э., Афейчук Л.С., Братищев В.С. 2007а. Ресурсы промысловых двустворчатых моллюсков в заливе Петра Великого // Морские промысловые беспозвоночные и водоросли: биология и промысел. К 70-летию со дня рождения Бориса Георгиевича Иванова. М.: ВНИРО. Т. 147. С. 320–334.

Седова Л.Г., Соколенко Д.А., Пономарева Г.А. 2007б. Ресурсы гребешка приморского, мидии Грея, спизулы сахалинской и мерценарии Стимпсона в заливе Петра Великого (Японское море) // Деп. в ВИНИТИ. 56 с.

Седова Л.Г., Соколенко Д.А. 2008. Распределение и ресурсы приморского гребешка в юго-западной части залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. Т. 155. С. 76–87.

Седова Л.Г., Калинина М.В., Соколенко Д.А. 2009. Влияние запрета промысла на состояние поселения анадары в Уссурийском заливе (Залив Петра Великого, Японское море) // Изв. ТИНРО. Т. 159. С. 102–110.

Соколенко Д.А., Седова Л.Г., Борисовец Е.Э. 2006. Промысловые донные беспозвоночные северо-западной части залива Петра Великого // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий». Владивосток: Дальневост. Ун-т. С. 176–179.

Соколенко Д.А., Седова Л.Г. 2005. Распространение закапывающихся двустворчатых моллюсков в прибрежной зоне Японского моря от залива Посьета до залива Владимира // Матер. Междунар. конф. Архангельск. С. 95–97.

Соколенко Д.А., Седова Л.Г. 2008. Распределение и ресурсы спизулы сахалинской *Spisula sachalinensis* в прибрежных водах Приморья // Известия ТИНРО. Т. 155. С. 66–75.

УДК 639.273

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫСЛА КАЛЬМАРА БАРТРАМА *OMMASTREPHES BARTRAMII* (LESUEUR, 1821) В ЮЖНО-КУРИЛЬСКОМ РАЙОНЕ

Слободской Е.В., Байталюк А.А.

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток

Контактный e-mail: baitaluk@tinro.ru

Введение

Головоногие моллюски — одна из немногих групп гидробионтов сохранившая до настоящего времени промысловый потенциал, не испытавшая, за некоторым исключением, типичных проблем возникающих при перелове или нерациональном использовании запасов. Оценка объёмов добычи этой группы, проведённые ФАО (Состояние мирового рыболовства и аквакультуры, 2012) показала, что в 2010 г. её общий вылов в северо-западной части Тихого океана составил порядка 1,3 млн т. Это сопоставимо с выловом только одного пелагического вида — японского анчоуса (1,1–1,9 млн т для 2008–2010 гг.). Фактически запасы большинства представителей этой группы не относятся к полностью эксплуатируемым, когда уловы соответствуют показателям максимального устойчивого производства, и тем более к эксплуатируемым чрезмерно. Для них существует возможность наращивания промысла, тем более, что в общем вылове в северо-западной части Тихого океана их доля составляет всего порядка 5% (Review of the State of world marine fishery resources, 2011).

В исключительной экономической зоне России доля головоногих моллюсков в общем вылове ещё ниже — менее 3% по данным 2010 и 2011 гг. При том, что на протяжении последних лет суммарный рекомендованный объём изъятия этой группы составляет 300–400 тыс. т, освоение ресурсов головоногих моллюсков изменялось от 15 до 21%, и в основном, сводится к добыче командорского кальмара (Berryteuthis magister (Berry, 1913)) в батиали у северных Курильских островов и Восточной Камчатки. Остальные виды либо не осваиваются промыслом, либо при невысоких запасах и соответственно незначительном вылове, не могут рассматриваться как резерв роста добычи.

К первым, безусловно, относятся тихоокеанский кальмар (*Todarodes pacificus*, Steenstrup, 1880) и кальмар Бартрама — трансграничные и трансзональные виды, типичные представители теутофауны,

в том числе в тихоокеанских водах южных Курильских островов, формирующие плотные скопления в пелагиали. При этом если организация промысла тихоокеанского кальмара перспективна и в Японском море, то единственным районом промысла кальмара Бартрама в исключительной экономической зоне России являются тихоокеанские воды южных Курильских островов.

Этот вид является одним из самых массовых в Мировом океане, обитает в субтропических водах Тихого, Индийского и Атлантического океанов (Clark, 1966; Okutani, 1980, 2005) (Рис.1). В северной части Тихого океана вид распространен от Японии до Северной Америки (Murakami et al, 1981; Osako and Murata, 1983; Murata, 1990), единичные экземпляры изредка отмечаются в Японском и Филиппинском морях. Северным пределом распространения является южная граница субарктических водных масс.

Материал и методика

В основу работы положены материалы исследований проведённых в 1997–2011 гг. на промысловых судах, литературные данные, данные, полученные в ходе международного научно-технического сотрудничества.

Результаты и обсуждение

Тихоокеанские воды южных Курильских островов являются краевой зоной нагульной части ареала. Обычно миграции в эти воды начинаются в июле, а к середине ноября кальмар мигрирует на юг за пределы Южно-Курильской зоны. Фактически в этот период, как и более ранний, миграции представителей субтропического комплекса (сайра, кальмар Бартрама, морской лещ и пр.) проходят по одному сценарию, а их скопления в целом формируются в одном районе, хотя и приурочены к различным океанологическим образованиям. На этой особенности до последнего времени была построена тактика совместного или предпочтительного промысла сайры и кальмара Бартрама в открытых водах Республикой Китай (Тайвань) (Аноним, 2007).

В северной части Тихого океана с 1974 по 1993 гг. кальмара Бартрама был объектом интенсивного промысла, преимущественно дрифтерными сетями, Японией, Республикой Корея и Тайванем с общим выловом более чем 350 тыс. т. После введения в 1993 г. моратория на дрифтерный промысел в открытых водах, и переходом на удебный джиггерный лов, вылов снизился. Во второй половине 2000-х гг. он составлял около 20–30 тыс. т в основном за счёт японского промысла (рис. 2). В последние годы добычу это вида ведут и суда Китайской Народной Республики (КНР), вылов которых с 2000 по 2005 гг. составлял 64–104 тыс. т (Xinjun Chena at all, 2008).

Для отечественной промышленности история освоения ресурсов кальмара Бартрама достаточно небольшая. Первые работы, организованные НПО «Промрыболовство» и ТИНРО для исследований возможностей дрифтерного промысла и его особенностей в исключительной экономической зоне СССР, состоялись в 1981 г. С 1982 по 1984 г. в тихоокеанских водах южных Курильских островов работали экспериментальные экспедиции из 4-5 судов. Ими была показана возможность и перспективность дрифтерного промысла в этом районе. Надо отметить, что, несмотря на достаточно высокую эффективность лова (в среднем около 30 кг на сеть) вылов на судно был невелик. Это было связано с одной стороны с отсутствием необходимого оборудования и снаряжения, а с другой, с наличием крупных скоплений таких, ставших к тому времени традиционными объектами промысла как сайра, скумбрия и сардина. Уловы

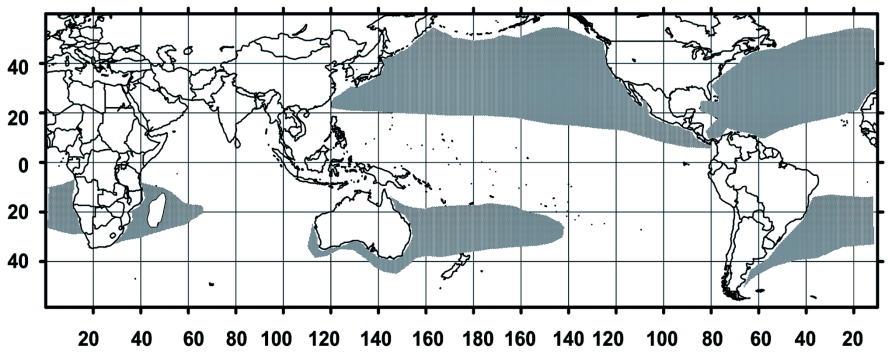


Рис.1. Ареал кальмара Бартрама в Мировом океане (по Okutani, 2005)

этих объектов были выше, поэтому у советских рыбаков не было особой заинтересованности в освоении запасов кальмара Бартрама.

Второй этап освоения этого объекта начался в 1997 г. и во многом был обусловлен экономическими причинами — необходимостью снижения издержек владельцев специализированных дрифтерных судов, задействованных весной и летом при освоении ресурсов тихоокеанских лососей. Максимальные результаты были получены в 1998 и 2005 гг., при сравнительно невысокой эффективности лова (табл. 1).

Большая часть рейсов в этот период проводилось с участием сотрудников ТИНРО-центра, что позволило получить новую информацию об особенностях распределения, миграций, биологии и условий промысла. Для облова кальмара Бартрама использовались сети размеров ячеи от 90 до 130 мм, но преимущественно 110–115 мм. За одну постановку, в зависимости от обстановки, выставлялось от одного до четырех порядков из 100 сетей. В связи с тем, что сети были разной длины — от 30 до 50 м, величина уловов на усилие пересчитывались на 100 м сети.

Согласно полученным данным начало образования скоплений приходится на август. В этот период уловы составляют в среднем около 20 кг на 100 м сети, рост уловов происходит в сентябре и октябре, достигая более 50 кг на 100 м сети. В ноябре, в связи сезонным охлаждением вод, начинается миграция кальмара на юг, и уловы быстро снижаются до 30 кг. Во второй половине ноября происходит усиление циклонической деятельности, и промысел дрифтерными сетями практически невозможен. Таким образом, наиболее эффективный лов возможен в сентябре-октябре. Это заключение было подтверждено и в ходе исследований 2011 г., когда абсолютный пик эффективности лова пришёлся на вторую декаду октября (рис. 3).

Говоря о пространственном распределении скоплений кальмара Бартрама надо отметить, что, несмотря на некоторые межгодовые отличия, связанные с особенностями океанологической ситуации, основной район, где они формируются, и может вестись промысел, расположен в южной части Южно-Курильской зоны (рис. 4). Скопления приурочены к трансформированным субтропическим водам.

Расчёты величин запаса, проведённые с использованием оригинальных методик (Слободской, 1986; Зуев, Нигматуллин, Никольский, 1985) модифицированных для этого вида, показали, что для большинства лет биомасса кальмара Бартрама в районе доступном для отечественного флота не опускалась ниже 100 тыс. т, составляя в среднем порядка 150 тыс. т (табл. 2). Хотя показатели запасов в 2011 г. оказались ниже, чем среднемноголетние значения, да и значения большинства предыдущих лет, они позволяют рекомендовать к вылову минимум порядка 70 тыс. т.

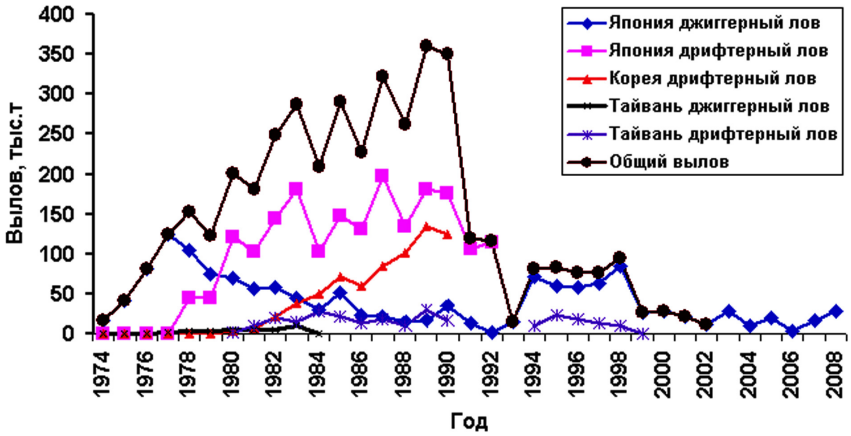


Рис. 2. Динамика вылова кальмара Бартрама Японией, Республикой Корея и Тайванем в северной части Тихого океана в 1974–2008 гг.

Таблица 1. Результаты лова кальмара Бартрама российскими судами в Южно-Курильском районе с 1997 по 2011 гг.

Показатель	Год										
	1997	1998	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2011
Кол-во судов	2	7	3	1	4	2	5	7	3	2	2
Промысловыхсудосуток	48	204	39	14	34	38	105	276	39	34	68
Общий вылов,тыс. т	0,338	1,035	0,147	0,101	0,189	0,314	0,728	1,233	0,148	0,242	0,377
Средний улов на промысловые сутки, т	7,0	5,1	3,8	7,2	5,6	8,3	6,9	4,5	3,8	7,1	5,5

Надо отметить, что запас кальмара в Южно-Курильской зоне является небольшой частью общего запаса в северной части Тихого океана. Численность и биомасса в этом районе зависит в основном от океанологической ситуации (Новиков, Слободской, Шевцов, 2007) от динамики океанологических условий. В теплые годы увеличивается площадь занятая теплыми трансформированными суб-

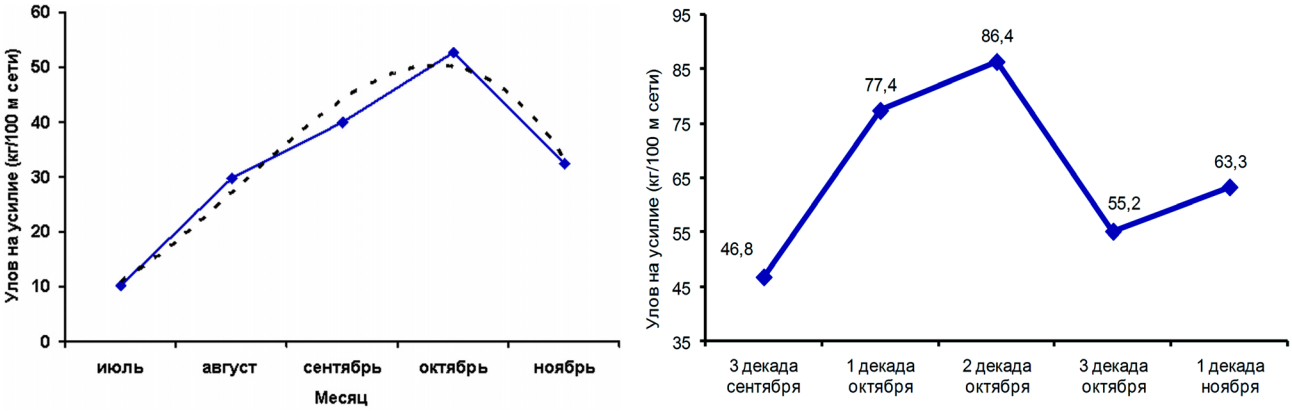


Рис. 3. Помесячное (слева, по данным 1981–2005 гг.) и подекадное (справа, по данным 2011 г.) изменение уловов на усилие при дрифтерном лове кальмара Бартрама

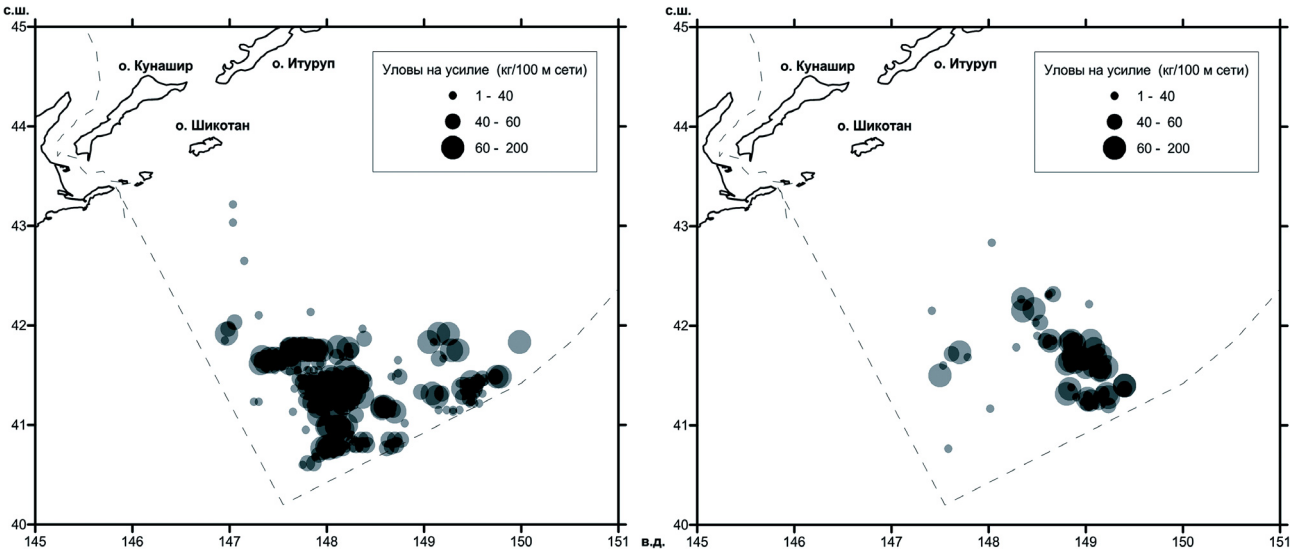


Рис. 4. Район промысла и распределение уловов кальмара Бартрама в сентябре-ноябре 1998 г. (слева) и 2011 г. (справа)

Таблица 2. Результаты расчёта численности и биомассы кальмара Бартрама в тихоокеанских водах южных Курильских островов в 1996–2011 гг.

Год	Площадь, тыс. кв. км	Ср. геометрическая плотности, экз./кв. км	Общая численность, млн. экз.	Биомасса, тыс. т
1996	125	1190	149	89
1997	143	2313	331	198
1998	28	4337	117	153
1999	57	1770	101	151
2002	30	4085	122	146
2003	15	10597	136	163
2004	14	10052	109	141
2005	30	6062	121	182
2011	19	6640	123	135
Среднее значение 1996–2011 гг.	–	5227	145	151

тропическими водами, большее количество кальмара мигрирует в исключительную экономическую зону. В холодные годы эта площадь уменьшается, соответственно снижается численность кальмара, но происходит уплотнение скоплений. В этой ситуации применение стандартного допустимого коэффициента изъятия в 50%, традиционно используемого для короткоцикловых головоногих моллюсков (Лаптиховский, 1995; Бизиков, Филиппова, 1999; Au, 1975), является излишним. Промыслом может изыматься весь объём кальмара Бартрама мигрирующего через исключительную экономическую зону России.

Заключение

Говоря о кальмаре Бартрама как, несомненно, перспективном объекте добычи, имеющем достаточно стабильные запасы и могущем обеспечить положительную рентабельность промысла, надо отметить несколько моментов сдерживающих его развитие. Во-первых, недостаточность судов на промысле и исторически сложившаяся структура рыбопромыслового флота, включая используемые орудия лова. Фактически, как и в 1990-2000-х гг. лов кальмара является вынужденной мерой, направленной на снижение финансовых издержек. Во-вторых, отсутствие значимого внутреннего рынка сбыта.

Список литературы

Аноним. Annual catch statistic of Taiwan deep sea squid and saury fishery, 2007 fishing season. 2007. Доступно на: http://www.ofdc.org.tw.

Бизиков В.А., Филиппова Ю.А. 1999. Российский промысел головоногих моллюсков имеет шансы на возрождение. Рыбное хозяйство. №1: С. 32–35.

Зуев Г.В., Нигматуллин Ч.М., Никольский В.Н. 1985. Нектонные океанические кальмары. М: Агропромиздат, 224 с.

Лаптиховский В.В. 1995. Механизмы формирования репродуктивных стратегий кальмаров семейства Ommastrephidae: плодовитость, длительность эмбрионального развития и смертность: Автореф. дис. .. канд.биол.наук. Калининград, 27 с.

Новиков Ю.В., Слободской Е.В., Шевцов Г.А. 2007. Влияние океанологических условий на распределение и биологические особенности массовых видов кальмаров в Южно-Курильском районе // Морская океанология. Т. 47. № 2. С. 259–265.

Слободской Е.В. 1986. Методы определения плотности скоплений пелагических кальмаров. В сб. Ресурсы и перспективы использования кальмаров Мирового океана. М.: ВНИРО. С. 85–93.

ФАО. 2012. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры, 2012 год // Рим. 232 с.

Au D. 1975. Considerations on squid (Loligo and Illex) population dynamics and recommendations for rationale exploitation.ICNAF Res. Doc. V. 75/61. Ser. 3543.

Clarke M.R. 1966. A review of the systematics and ecology of oceanic squids // Adv. Mar. Biol. V.4. P.91–300.

Murakami K., Watanabe Y. Nakata J. 1981. Growth distribution and migration of flying squid (*Ommastrephes bartrami*) in the North Pacific // Res. Inst. N. Pac. Fish. Hokkaido Univ., Spec. Vol. P.131–150.

Murata M. 1990. Oceanic Resources of Squid // Mar. Behav. Physiol. Vol. 18, 19–71 pp.

Okutani T. 1980. Useful and Latent Cuttlefish and Squids of the World // National Cooperative Association of Squid Processors. Tokyo. P.66.

Okutani T. 2005. Cuttlefishes and squids of the World // Publication for 40th Anniversary of the Foundation of National Cooperative Association of Squid Processors. Tokyo. 254 pp.

Osako M. and Murata M. 1983. Stock assesment of cephalopod resources in the northwest Pacific. FAO Fish. Tech. Paper. P.55–144.

FAO. 2011. Review of the State of world marine fishery resources, 2011 // FAO Fisheries Technical Paper No. 569. Rome. 334 pp.

Xinjun Chena at all. 2008. An assessment of the west winterspring cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the Northwest Pacific Ocean. Fisheries Research, Volume 92, Issues 23, August 2008. Shanghai. China. P. 221–230.

УДК 597.553.1

РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАГУЛЬНОЙ ГИЖИГИНСКО-КАМЧАТСКОЙ СЕЛЬДИ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Смирнов А.А.

ФГУП «МагаданНИРО», г. Магадан
Контактный e-mail: smirnov@magniro.ru

Введение

Гижигинско-камчатское стадо сельди обитает в северной части Охотского моря. Основные нерестилища расположены на побережье Гижигинской губы залива Шелихова и у Западной Камчатки: в районе пос. Усть-Хайрюзово, Октябрьский. Нагул проходит в северной и восточной частях моря (Правоторова, 1965; Шунтов, 1985; Науменко, 2001).

В динамике численности стада гижигинско-камчатской сельди за последние 23 года отмечены два этапа, отличающиеся уровнем запасов: 1988–1997 гг. — восстановление запасов (после депрессии) и 1998–2011 гг. — стабилизация запасов.

Период депрессии, вызванный наложением неблагоприятных для воспроизводства условий и чрезмерного антропогенного воздействия (перелова), продолжался до 1987 г.

В 1988 г., впервые после многолетнего перерыва, увенчался успехом поиск нагульных предзимовальных скоплений гижигинско-камчатской сельди, имевших промысловую значимость, в зал. Шелихова (Вышегородцев, 1994). Это позволило говорить о начале периода восстановления запасов и рекомендовать к вылову объем, равный 12% запаса, а не 2–3%, как это было до 1988 г.

К середине 90-х годов XX в. биомасса сельди достигла 300–350 тыс. т (Гаврилов, Болдырев, 2000), что позволило говорить о стабилизации запасов и с 1998 г. рекомендовать к ежегодному вылову 20,7% от биомассы промыслового запаса (Малкин, 1995).

Цель настоящей работы — рассмотреть изменения длины и массы тела нагульной гижигинско-камчатской сельди в зависимости от уровня численности стада.

Материал и методика

Основой для настоящей работы послужили многолетние материалы, собранные в 1988–2011 гг. автором и сотрудниками Магаданского НИИ рыбного хозяйства и океанографии (до 2001 г. — Магаданское отделение ТИНРО).

Сбор биологических материалов по нагульной гижигинско-камчатской сельди осуществлялся из уловов разноглубинных тралов в Западно-Камчатской промысловой подзоне в сентябре–декабре. Было собрано и проанализировано 4778 экз.

Результаты и обсуждение

Гижигинско-камчатскую сельдь в Западно-Камчатской подзоне традиционно добывают в преднерестовый (январь–апрель), нерестовый (май–июнь) и нагульный (сентябрь–декабрь) периоды.

В январе–апреле обычно лов сельди происходит в качестве прилова при промысле минтая. Если льдом закрыта северная часть Западно-Камчатской подзоны, где приловы сельди при добыче минтая обычно значительны, то вылов сельди в этот период незначителен.

В нерестовый период, ввиду отсутствия в последние годы приемо-перерабатывающих мощностей, объемы ее изъятия также малы.

В нагульный период основной лов сельди, как более эффективный с экономической точки зрения, ведется в Северо-Охотоморской подзоне, где обитает охотское стадо сельди, а не в Западно-Камчатской.

В рассматриваемые нами периоды (1988–1997 гг. и 1998–2011 гг.) освоение гижигинско-камчатской сельди было незначительным: средний годовой вылов, составлял всего около 11 тысяч т (Смирнов, Трофимов, 2010), при возможном изъятии до 80–90 тыс. т (Смирнов, 2009) и пресс промысла не мог повлиять на изменения ее биологических показателей.

При рассмотрении по возрастным группам изменчивости длины тела (по Смитту) видно, что в большинстве возрастных групп (с 5+ до 11+ лет и 14+ лет) наблюдалось снижение показателей в период стабилизации запасов по сравнению с этапом восстановления. В возрасте 2+ и 13+ лет эти значения были равными, а в возрасте 3+, 4+, 12+ и 15+ лет средние показатели, напротив, увеличились (табл. 1). Следует сказать, что наиболее сильные отличия по периодам отмечены у рыб средних возрастов: 6+ — снижение на 1,2 см; 7+ — на 1,4 см; 8+ — на 1,3 см. Разница в длине тела у сельди младшевозрастных групп по периодам была меньше: в современный период наблюдалось увеличение на 0,3 см у 3+ лет и на 0,7 см у 4+ лет. Длины тела по возрастам у старшевозрастных рыб также отличались незначительно: увеличившись на этапе стабилизации от 0,2 см у 12+ лет до 0,5 см у 15+ лет. Если сравнивать средние длины тела в целом по периоду, то этот показатель снизился на 0,9 см.

Средняя масса тела (P1) сельди по возрастным группам на этапе стабилизации снизилась, как и размерные показатели, причем почти во всех возрастных классах (с 3+ по 15+ лет). Только в возрасте 2+ этот показатель увеличился на 1 г (табл. 2). Значительные отличия отмечены не только у средневозрастных рыб (от 61 г у 6+ лет до 74 г у 7+ лет), но и у части старшевозрастных рыб (до 82 г у 14+ лет). Средняя масса тела сельди по периоду снизилась с 302 г до 233 г, т.е. на 69 г.

Видимо, на снижение длины и массы тела по возрастам у гижигинско-камчатской сельди в современный период повлияло ухудшение кормовых условий в северо-восточной части Охотского моря (Смирнов, 2005) и снижение темпов роста, ввиду возрастающей плотности популяции. Аналогичное замедление роста из-за высокой плотности популяции отмечено и у охотской сельди (Мельников, Радченко, 1999).

Интересно отметить, что выявленные нами тенденции изменений длины и массы тела нагульной гижигинско-камчатской сельди в различные периоды состояния запаса сходны с таковыми у нерестовой сельди. Так, при сравнении длины и массы тела по возрастным группам в зависимости от уровня запаса, у нерестовой сельди в большинстве возрастных классов (4–12 лет для длины и 5–13 лет для массы тела) в период стабилизации прослеживается снижение показателей по сравнению с этапом восстановления (Смирнов, 2011).

Таблица 1. Длина тела по Смитту гижигинско-камчатской сельди в нагульный период 1988–2011 гг. по возрастным группам, см

Годы	Возраст, лет															Экз.	Средняя длина
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+		
1988–1997	–	19,6	22,2	23,5	26,2	28,2	29,2	30,1	31,0	31,9	32,4	32,7	33,3	33,8	33,8	2342	28,6
1998–2011	15,9	19,6	22,5	24,2	25,8	27,0	27,8	28,8	30,1	30,8	31,8	32,9	33,3	33,3	34,3	2436	27,7

Таблица 2. Масса (P1) гижигинско-камчатской сельди в нагульный период 1988–2011 гг. по возрастным группам, г

Годы	Возраст, лет															Экз.	Средняя длина
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+		
1988–1997	–	67	115	145	205	266	299	324	359	388	401	415	428	455	449	2134	302
1998–2011	34	68	113	141	178	205	225	255	293	319	358	392	410	373	412	2436	233

Заключение

У нагульной гижигинско-камчатской сельди в большинстве возрастных групп (5+ – 11+ и 14+ лет) средняя длина тела (по Смитту) снизилась в период стабилизации запасов (1998-2011 гг.) по сравнению с этапом восстановления (1988–1997 гг.).

Средняя масса тела (P1) нагульной гижигинско-камчатской сельди по возрастным группам на этапе стабилизации также снизилась в возрастных классах с 3+ по 15+ лет.

Вероятно, на снижение длины и массы тела по возрастам у гижигинско-камчатской сельди повлияло ухудшение кормовых условий в северо-восточной части Охотского моря) и возрастающая плотность популяции.

Список литературы

Вышегородцев В.А. 1994. Поиск предзимовальных скоплений гижигинско-камчатской сельди. // Рыбное хозяйство. № 6. С. 24–25.

Гаврилов Г.М., Болдырев В.З. 2000. Сельдь дальневосточных морей России // Вопр. рыболовства. Т. 1. № 2–3. С. 89–91.

Малкин Е.М. 1995. Принцип регулирования промысла на основе концепции репродуктивной изменчивости популяций. // Вопр. ихтиологии. Т.35. № 4. С. 537–540.

Мельников И.В., Радченко В.И. 1999. Охотская сельдь: два года возобновления крупномасштабного промысла. // Рыб. хоз-во. № 6. С. 34–36.

Науменко Н.И. 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчат. печат. двор. 330 с.

Правоторова Е.П. 1965. Некоторые данные по биологии гижигинско-камчатской сельди в связи с колебаниями ее численности и изменением ареала нагула // Изв. ТИНРО-Центра. Т. 59. С. 102–128.

Смирнов А.А. 2005. Некоторые особенности распределения и биологии гижигинско-камчатской сельди в современный период // Матер. Всерос. конф. «Наука Северо-Востока России — начало века». Магадан: СВНЦ ДВО РАН. С. 421–423.

Смирнов А.А. 2009. Гижигинско-камчатская сельдь. Магадан: МагаданНИРО, 149 с.

Смирнов А.А., Трофимов И.К. 2010. Краткая характеристика промысла гижигинско-камчатской сельди // Вестник СВНЦ ДВО РАН. № 3. С. 99–102.

Смирнов А.А. 2011. Изменения основных биологических показателей нерестовой гижигинско-камчатской сельди при различном уровне численности стада // Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 20. С. 29–33.

Шунтов В.П. 1985. Биологические ресурсы Охотского моря. М: Агропромиздат.

УДК 593.96

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, РАЗМЕРНО-ВЕСОВОЙ СОСТАВ И ПРОМЫСЛОВЫЙ ЗАПАС ГОЛОТУРИИ *CUCUMARIA OKHOTENSIS* LEVIN ET STEPANOV, 2003 (DENDROCHIROTIDA: CUCUMARIIDAE: CUCUMARIINAE) ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ

Степанов В.Г.[1], Панина Е. Г.[1], Бажин А.Г.[2]

[1]КФ ТИГ ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский
[2]ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: vgstepanov@inbox.ru

Введение

Из четырех встречающихся на шельфе Камчатки промысловых видов кукумарий, имеющих крупные размеры (*Cucumaria djakonovi*, *C. savelijevae*, *C. okhotensis* и *C. levini*), промыслом в настоящее время охвачен только один — *C. okhotensis* (кукумария охотская). Ареал этого вида достаточно широкий и включает значительную часть Камчатско-Курильской подзоны. До описания этого вида *C. okhotensis* указывалась как кукумария японская — *C. japonica Semper*, 1868 (Пискунов, Архипов, 1990). Биохимические исследования, проведенные в последние годы, выявили достоверные отличия в качественном и количественном составе химических веществ и соединений, в частности тритерпеновых гликозидов, у *C. japonica* и *C. okhotensis* и подтвердили правомерность выделения *C. okhotensis* в отдельный вид (Афанасьева, 2002 (как *Cucumaria Diakonovi*); Миронова и др. 2006; Сильченко и др., 2007; Silchenko et al., 2008; Aminin et al., 2009; 2010).

На Камчатке интерес к кукумарии, как к объекту промысла, возник в начале 80-х гг. Обычно она попадалась в приловах при тралении донных рыб. Специализированный лов велся с 1983 г. Объемы добычи были незначительны. Так, судами БТРФ в 1983 г. добыто 8 т; в 1984 г. — 2 т; в 1986 г. — 14 т; в 1987 г. — 18 т. В 1988 г. 2 т поступили на РКЗ с судовой базы рыбхолодфлота, в 1990 г. — 90 т. После 1990 г., несмотря на большие лимиты на кукумарию (в 1990 г. разрешение на вылов — 500 т; в 1991 г. — 1000 т), интерес к промыслу резко уменьшился. Основные причины: сложности в первичной переработке, хранении и перевозке сырца, низкая цена продукта. В 2001 г. интерес к промыслу кукумарии на шельфе Западной Камчатки вновь возрос. В 2001 году было выловлено 8,243 т кукумариии; в 2002 г. — 67,2 т;

в 2003 г. — 5,893 т; в 2004 г. — 154,887 т; в 2005 г. — 12,22 т; в 2006 г. — 49,9 т; в 2007 г. — 152,283 т; в 2008 г. — 72,726 т; в 2009 г. — 379,048 т; в 2010 г. — 608,19 т (рис. 1).

До проведения наших исследований запасы и распределение кукумарии на шельфе Западной Камчатки выяснялись: 1) промразведкой 1983, 1986, 1987 гг.; 2) по заказу КМПО Севастопольской базой флота и судном «Гидробиолог» в 1988 г. сделаны исследования распределения; 3) в 1989–1990, 1996 гг. совместными экспедициями ТИНРО и КамчатНИРО в результате учетных траловых работ обнаружен район основной концентрации кукумарии между 51°40' и 53°20' с. ш.

Поисковыми работами СРТМ 8-454 в мае–июне 1983 г. у западного берега Камчатки кукумария обнаружена в непромысловых количествах в р-не Озерная-Опала с координатами 51°40'–52°00' с. ш. на глубине 40–75 м (в основном 40–46 м). Уловы колебались от единиц до 30 кг на траление. В несколько больших количествах кукумария наблюдалась между 52°44'–52°59' с. ш. в основном на глубине 40–47 м. Уловы колебались в пределах 50–300 экз. (18–80 кг). Во второй половине третьей декады мая была отмечена тенденция смещения кукумарии несколько южнее — в район 52°44'–52°56' с. ш. на глубину 35–40 м. Уловы повысились до 40–150 кг, а отдельные достигли 200–360 кг. В первой декаде июня промысловые скопления наблюдались лишь на ограниченном участке 52°44'–52°56' с. ш., глубина 33–38 м. Уловы колебались в пределах 18–540 кг. Во второй половине первой декады июня скопления наблюдались там же, но концентрация увеличилась и максимальные уловы выросли до 900 кг (в среднем — 226 кг). Во второй декаде июня северная граница скопления сместилась южнее на 4 мили до 52°52' с. ш., по глубине ограничивалась 33–37 м. Уловы составили 18–54 кг, в среднем — 192 кг. В третьей декаде июня промысловые скопления сместились к берегу на глубину 27–35 м. Плотность скоплений резко увеличилась (возможно, за счет концентрации на меньшей площади). Уловы колебались в пределах 90–900, в среднем 500 кг (Отчет о работе СРТМ 8-454…, 1983).

В мае 1988 г. в районе пос. Октябрьский (Западная Камчатка) на РПС «Гидробиолог» была проведена траловая съемка (Отчет по договору…, 1988). Съемку проводили тралом Сигсби. Плотность скоплений кукумарии колебалась в пределах 0,007–7,351 экз./м^2. Средняя масса одного экземпляра составляла 316,8±10,3 г. Общая площадь обследованного скопления составила 1478,5 км^2. Биомасса в обследованном районе была оценена в 278,9 тыс. т (доверительный интервал 238,9–320,8 тыс. т).

В 1989 г. в период выполнения 2-х учетных траловых съемок на шельфе Западной Камчатки было обнаружено основное поле кукумарии в районе 52 10'-53 20' с.ш. В мае небольшой участок с повышенной плотностью (улов 100–1000 кг) отмечен в районе с координатами 52°45'–53°10' с. ш. на глубине 30–35 м с отрицательной придонной температурой от –0,41 °С до +1,74 °С. В июле кукумария образовывала более плотные скопления (свыше 1000 кг) в координатах 52°30'–53°10' с.ш. Температура у дна была от –0,74 °С до +1,66 °С. В сентябрьскую съемку основной район концентрации не изменился, но плотность скопления резко снизилась. По результатам проведенных съемок можно заключить, что скопления кукумарии на шельфе Западной Камчатки имеют непостоянный характер, держатся определенный период и затем рассредоточиваются. Обычно промысловые концентрации образуются к середине

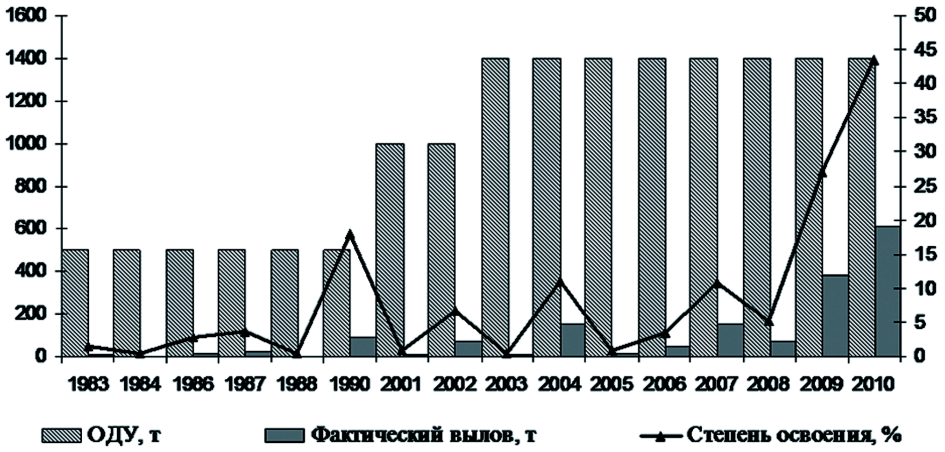


Рис. 1. Динамика общего допустимого улова (ОДУ), фактического вылова и степень освоения ОДУ *C. okhotensis* в Камчатско-Курильской подзоне, в 1983–2010 гг. По оси абсцисс — годы; по левой оси ординат — ОДУ и вылов, т; по правой оси ординат — степень освоения ОДУ, %

мая, когда прогревается горизонт до 30–40 м и зимний гидрологический режим сменяется на летний, усиливается подток теплых тихоокеанских вод у дна. Период концентрации объекта может быть растянут во времени, что зависит от гидрологических условий года. Так, в 1983 г. весенне-летний прогрев воздушных и водных масс отличался замедленным темпом, что привело к формированию групп скоплений во второй половине июня. Смещение скоплений идет по направлению к берегу с уменьшением глубин от 40–45 м до 27–30 м, причем придонная температура за месяц с конца мая изменяется от 0,8–1,0 °С до 1,5–2,1 °С.

Материал и методика

Материал получен в научно-промысловых рейсах КамчатНИРО и ТИНРО-центра (2001–2010 гг.): в июле 2001 г. на СРТМ-К «Пограничник Петров»; в августе 2001 г. на МРС-268 (ООО «Камчатдальрыба»); в 2002 г. на НИС «Профессор Кагановский» и на МРС-150-007 (ООО «Поллукс»); в 2003 г. на СРТМ «Панкара» и НИС «Профессор Кагановский»; 2005, 2007, 2008 гг. на НИС «Профессор Кагановский»; в 2009–2010 гг. на НИС «Профессор Кизеветтер».

У голотурий измерялась длина с точностью до 1 мм и масса с точностью до 10 грамм.

Оценка запаса производилась на основе данных траловой съемки 2010 года с использованием программы КартМастер 4.1. Коэффициент уловистости трала был принят 0,5. Расчет количественных показателей проводили в программе Microsoft Exel 2003.

Результаты и обсуждение

В июле 2001 г. масса одного экземпляра кукумарии колебалась от 100 до 420 г, средняя масса составляла 227±4,6 г. Промысловое скопление кукумарии находилось в районе с координатами 52°25'–53°00' с. ш. на глубине 20–70 м. Наибольшие уловы наблюдались в координатах 52°40' с. ш. на глубине 50 м и достигали 1730 кг на 30 минут траления.

В августе 2001 г. размеры кукумарий варьировали от 20 до 220 мм при средних размерах 104°0,7 мм. Масса одного экземпляра кукумарии варьировала от 100 до 450 г, средняя масса составляла 243±3,9 г.

По данным снюрреводной съемки, проведенной в июле 2002 г. сотрудниками КамчатНИРО на МРС-007 (ООО «Поллукс»), размеры кукумарий варьировали от 63 до 225 мм при средних размерах 138±1,5 мм (рис. 2). Масса одного экземпляра кукумарии варьировала от 120 до 980 г, средняя масса составляла 360±6,4 г (рис. 3). Промысловое скопление находилось в районе с координатами 52°12'–52°56' с.ш., на глубине 50–120 м.

С 2003 по 2011 г. данные о размерном составе кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне отсутствуют. В качестве прилова кукумария учитывалась в донных траловых съемках в 2005, 2007–2009 гг., где биоанализ ограничивался подсчетом количества и/или массы особей на траление, причем в 2009 г. подсчет производился по данным драгирования. Центр скопления с наибольшей плотностью находился в координатах 52°39'–52°42' с. ш., 155°49'–155°59' в. д., на глубине 30–50 м, улов на полчаса траления здесь достигал 9 т.

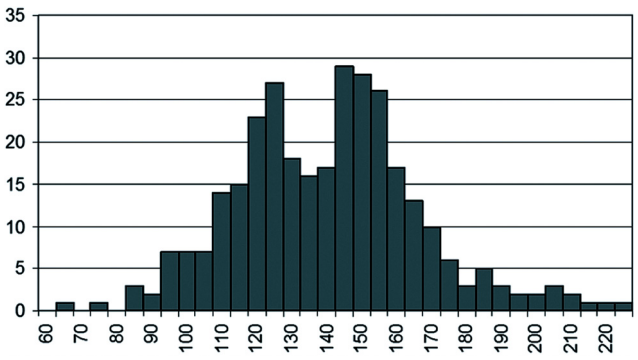


Рис. 2. Размерный состав *C. okhotensis* в июле 2002 г. в Камчатско-Курильской подзоне. По оси абсцисс — длина в мм, по оси ординат — частота встречаемости в %

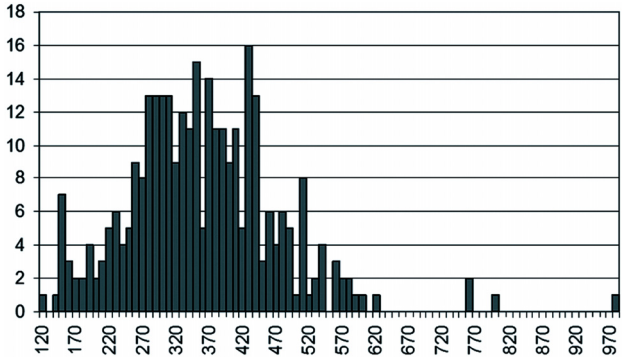


Рис. 3. Весовой состав *C. okhotensis* в июле 2002 г. в Камчатско-Курильской подзоне. По оси абсцисс — вес в граммах, по оси ординат — частота встречаемости в %

По материалам донной траловой съемки 2010 г. была получена довольно детальная картина пространственного распределения этого промыслового объекта. На рисунке 4 видно, что основное скопление кукумарии находится в районе с примерными координатами 52°00'–54°00' с. ш., 155°30'–156°20' в. д.

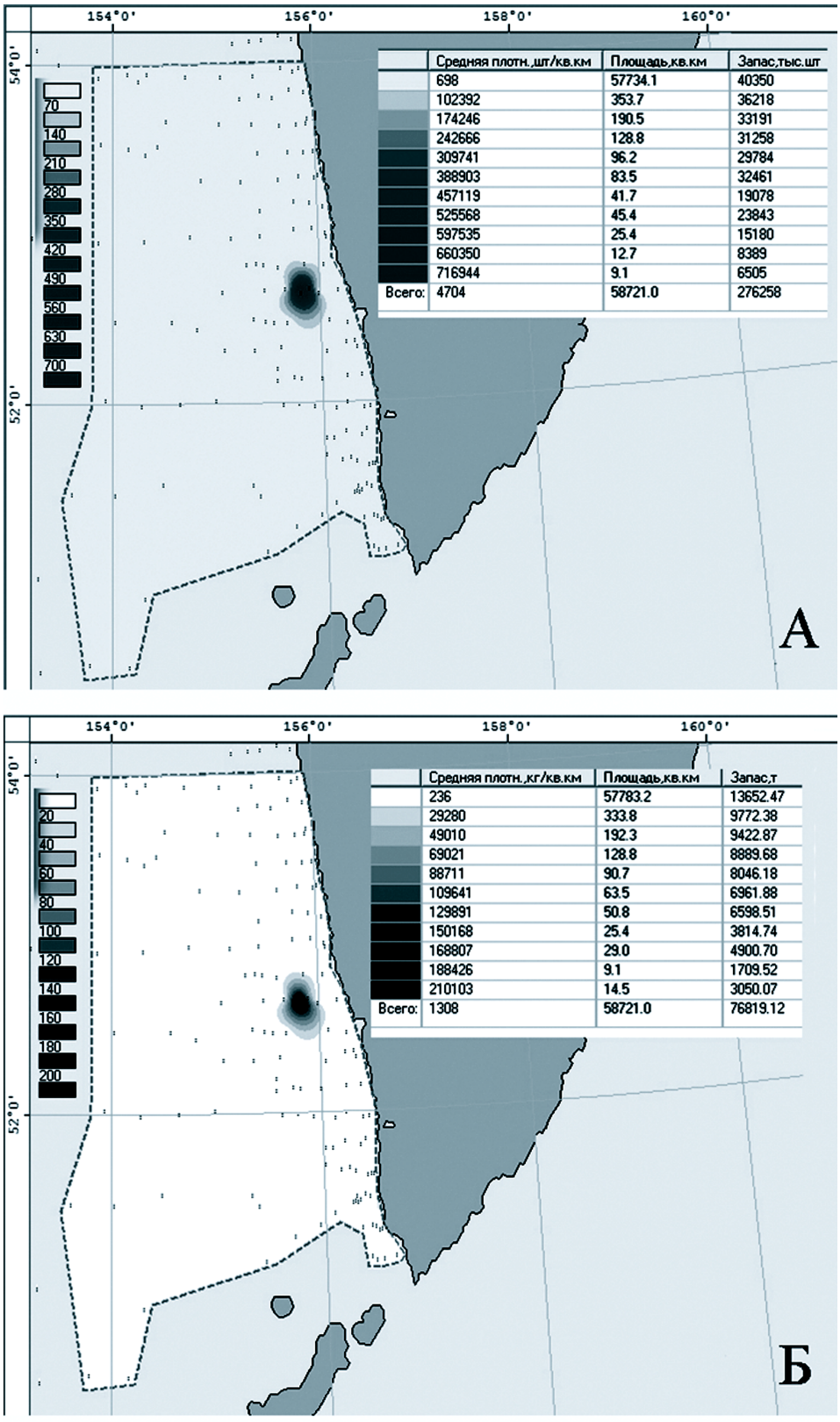


Рис. 4. Распределение плотности и биомассы *C. okhotensis* в Камчатско-Курильской подзоне в 2010 г. Шкала: А — экз./км^2, Б — кг/км^2

Согласно данным траловой съемки 2010 г. кукумария встречалась на глубинах от 14 до 131 м с преобладанием в диапазонах глубин 30–40 и 50–60 м (рис. 5). По данным учетной траловой съемки 2010 года запас кукумарии в Камчатско-Курильской подзоне на площади 58721 км^2 составляет 276,258 млн экз. или 76,919 тыс. т. При 10% изъятии от промыслового запаса ОДУ кукумарии может составить 8 тыс. т.

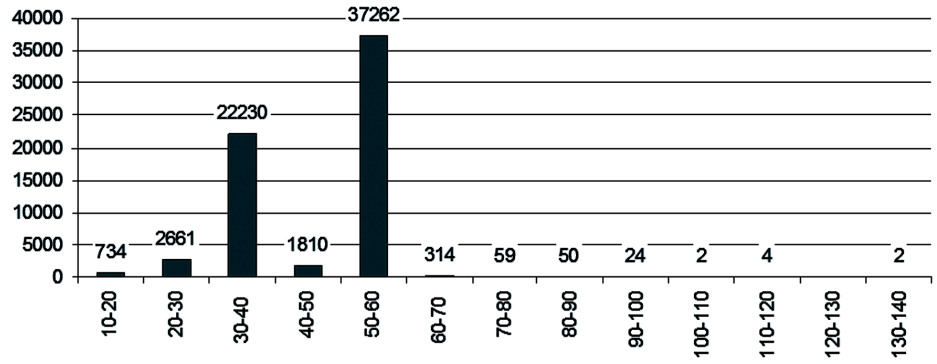


Рис. 5. Уловы *C. okhotensis* на час траления на различных глубинах в Камчатско-Курильской подзоне в 2010 г.
Примечание: по оси абсцисс — глубина, м; по оси ординат — улов/час траления, экз.

Заключение

Несмотря на довольно значительные запасы кукумарии охотской, бесконтрольный промысел может представлять для нее реальную угрозу и на это есть следующие причины:

1) кукумария — малоподвижный объект и не может избегать трала;

2) кукумарии предпочитают твердые грунты (песок, гравий, галька, скалы и т.п.) и не могут жить на подвижных илистых грунтах, в связи с чем распределение кукумарий носит контагиозный характер — они образуют плотные, но ограниченные по площади скопления.

Природоохранными организациями Камчатки в течение многих лет регистрировались факты массовой гибели кукумарии в районе от м. Левашова до п. Октябрьский (именно здесь обнаружены основные скопления кукумарии охотской) (Панина, 2009а; 2009б). Так, например, в октябре–декабре 2008 г. сотрудниками ФГУ «Севвострыбвод» были зарегистрированы массовые выбросы кукумарии, достигавшие более 940 т.

А.В. Нагорнов (Усть-Большерецкое НИП) считает, что причинами таких выбросов кукумарии является сброс неочищенных сточных вод и отходов от переработки рыбы на берег моря и далее в прибрежную зону, что создает очень продуктивную зону с высокой численностью беспозвоночных, в том числе и иглокожих. Им отмечено, что кроме кукумарии немного дальше в море находится полоса с высокой численностью морских звезд и офиур (еще в восьмидесятые годы их численность была уже высокой). Он считает, что кукумария не может преодолеть в осенне-зимнее время барьер хищников-родственников (звезды) и не может рассредоточиться в более глубоководной зоне моря, вследствие чего оказывается в зоне действия жестоких штормов и в большом количестве выбрасывается на берег, причем размеры кукумарии очень далеки от промыслового размера (с каждым годом выбрасывает все более мелкие экземпляры голотурий, крупные встречаются в выбросах довольно редко).

Другой вероятной причиной выбросов может быть то, что кукумария часто встречается в прилове при промысле других гидробионтов и выбрасывается за борт. Выбросу кукумарии могут способствовать шторма и течения, которые в данном районе носят циклический характер, направляясь с глубины к берегу и затем от берега к глубине. Однако, по утверждению А.В. Нагорнова, с конца сентября 2008 года рыбоперерабатывающие предприятия на Октябрьской косе не работали, суда в море не наблюдались, а выбросы, тем не менее, имели место.

Для выяснения истинных причин выбросов кукумарии требуется проведение дополнительных исследований. Пока же с целью обеспечения сохранения среды обитания, воспроизводства водных биологических ресурсов в прибрежных водах Охотского моря и их рационального использования предлагается:

1. Запретить сброс сточных вод на берег Охотского моря (т .е. в водоохранную зону моря) в соответствии со ст. 65 Водного кодекса;

2. Обязать все организации по Октябрьской косе производить сброс сточных вод в море на расстоянии 0,5 км от берега или же наладить очистку сточных вод до показателей, исключающих негативное воздействие на среду обитания;

3. Обязать рыбодобывающие предприятия организовать добычу и переработку кукумарии, для чего целесообразно создать им некоторые условия: уменьшить промысловый размер на кукумарию до 100 г, отменить плату за добываемый объект на 2 года экспериментального промысла и т.п. Вылов должен осуществляться под контролем природоохранных организаций и в присутствии научного сотрудника, который должен будет производить оценку запаса кукумарии.

Благодарности

Считаем приятным долгом выразить искреннюю признательность Т.Б. Морозову (ФГУП «КамчатНИРО») и А.В. Нагорнову (Усть-Большерецкое НИП) за предоставленную информацию, использованную в данной работе; а также В.В. Гостевой (КФ ТИГ ДВО РАН) за ценные замечания, использованные при подготовке работы к печати.

Список литературы

Афанасьева А.Е. 2002. Сравнительное исследование технохимического состава Cucumaria japonica и Cucumaria Diakonovi // XXI век перспективы развития рыбохозяйственной науки: Матер. Всерос. интернет-конф. молодых ученых. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 120-125.

Левин В.С. 2003. *Cucumaria okhotensis* (Echinodermata: Holothuroidea) новый вид голотурий из Охотского моря // Биол. моря. Т. 29. № 3. С. 202–205.

Миронова А.О., Сильченко А.С., Авилов С.А., Агафонова И.Г., Аминин Д.Л. 2006. Изучение биологической активности тритерпеновых гликозидов голотурий // X Междунар. молодежная Школа-конференция по актуальным проблемам химии и биологии, МЭС ТИБОХ, Владивосток 12–19 сентября 2006 г.: Тез. докл. Владивосток: ДВО РАН. С. 33.

Отчет о работе СРТМ 8-454 на поисках кукумарии у Западной Камчатки в период с 20.05 по 30.06 1983 года. 1983.

Отчет по договору 1/88 рейса РПС «Гидробиолог» с ПА «ТИНРО-2». 1988.

Панина Е.Г. 2009а. Массовая гибель кукумарии на Западно-Камчатском шельфе. Естественное явление или экологическая катастрофа? // Матер. Междунар. науч. чтений «Приморские зори — 2009»: «Экология, защита в чрезвычайных ситуациях, охрана, безопасность и медицина труда, продовольственная безопасность, образование». Владивосток: Изд-во ТАНЭБ. Вып. 2. С. 231–233.

Панина Е.Г. 2009б. Наиболее вероятные причины массовых выбросов кукумарии на шельфе Западной Камчатки // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Матер. X междунар. науч. конф., посвящ. 300-летию со дня рождения Г.В. Стеллера. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 222–225.

Пискунов А.И., Архипов А.А. 1990. Распределение кукумарии японской у берегов Западной Камчатки // Тез. докл. V Всес. конф. по промысловым беспозвоночным. М.: ВНИРО. С. 172–173.

Сильченко А.С., Авилов С.А., Калинин В.И., Стоник В.А., Калиновский А.И., Дмитренок П.С., Степанов В.Г. 2007. Моносульфатированные тритерпеновые гликозиды *Cucumaria okhotensis* Levin et Stepanov нового вида голотурии из Охотского моря // Биоорг. химия. Т. 33. № 1. С. 73–82.

Aminin D.L., Silchenko A.S., Avilov S.A., Stepanov V.G., Kalinin V.I. 2009. Cytotoxic action of triterpene glycosides from sea cucumbers from the genus *Cucumaria* on mouse spleen lymphocytes. inhibition of nonspecific esterase // Natural Product Communications. Vol. 4. Iss. 6. P. 773-776.

Aminin D.L., Silchenko A.S., Avilov S.A., Stepanov V.G., Kalinin V.I. 2010. Immunomodulatory Action of Monosulfated Triterpene Glycosides from the Sea Cucumber *Cucumaria okhotensis*: Stimulation of Activity of Mouse Peritoneal Macrophages // Natural Product Communications. Vol. 5. Iss. 12. P. 1877–1880.

Semper C. 1868. Reisen im Archipel der Philippinen. 2 Theil. Wissenshaftliche Resultate. Bd. 1. Holothurien. Leipzig: Verl. W. Engelmann. 288 s.

Silchenko A.S., Avilov S.A., Kalinin V.I., Kalinovsky A.I., Dmitrenok P.S., Fedorov S.N., Stepanov V.G., Zigang Dong, Stonik V.A. 2008. Constituents of the Sea Cucumber *Cucumaria okhotensis*. Structures of Okhotosides B1-B3 and Cytotoxic Activities of Some Glycosides from this Species // J. Nat. Prod. Vol. 71. Iss. 3. P. 351–356.

УДК 597.5

ДИНАМИКА УЛОВОВ МАССОВЫХ ВИДОВ РОГАТКОВЫХ РЫБ (COTTIDAE) В ТИХООКЕАНСКИХ ВОДАХ СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ В 1992–2002 ГГ.

Токранов А.М.[1], Орлов А.М.[2]

[1]ФГБУН КФ ТИГ ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский
[2]ФГУП «ВНИРО», г. Москва
Контактный e-mail: tok_50@mail.ru

Введение

Рогатковые (сем. Cottidae) — одна из наиболее характерных групп ихтиофауны тихоокеанских вод Камчатки и северных Курильских островов, число видов которой здесь составляет около 70 (Федоров, 2000; Шейко, Федоров, 2000 и др.). Многие из рогатковых обладают относительно высокой численностью и биомассой (Токранов, 1985, 2009; Борец, 1997 и др.), в связи с чем, могут быть объектами прибрежного рыболовства и играют как хищники, пищевые конкуренты или объекты питания промысловых рыб существенную роль в донных ихтиоценах. К сравнительно многочисленным видам рогатковых в рассматриваемом районе относятся многоиглый керчак *Myoxocephalus polyacanthocephalus*, белобрюхий *Hemilepidotus jordani*, пёстрый *H. gilberti* и чешуехвостый *H. zapus* получешуйники, широколобый Gymnocanthus detrisus и узколобый G. galeatus шлемоносцы. Все они, за исключением чешуехвостого получешуйника (Токранов и др., 2003), обладают значительными размерами (Токранов, 1985, 2009) и достаточно высокой пищевой ценностью (Диденко и др., 1983). Тем не менее, сведения о динамике уловов этих видов рогатковых в тихоокеанских водах северных Курильских островов и Камчатки на сегодняшний день довольно ограничены (Орлов, Токранов, 2008; Токранов, Орлов, 2008, 2010, 2011).

В 1992–2002 годах в рамках программы исследования малоизученных и малоиспользуемых рыб материкового склона дальневосточных морей в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки сотрудниками Всероссийского, Камчатского и Сахалинского научно-исследовательских институтов рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО–СахНИРО–КамчатНИРО) на японских траулерах «Томи-Мару-53», «Томи-Мару-82» и «Тора-Мару-58», специальное оборудование которых позволяло проводить донные траления на участках шельфа и материкового склона со сложным рельефом, выполнен ряд совместных научно-промысловых рейсов, во время которых собраны материалы, позволяющие охарактеризовать межгодовую, сезонную и суточную динамику уловов 6 исследуемых видов рогатковых в нижней части шельфа и верхней батиали тихоокеанских вод северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки.

Материал и методика

Материалами для настоящей работы послужили результаты более 50 научно-промысловых рейсов (около 11 тыс. донных тралений на глубинах 76–850 м), проведённых в феврале–-декабре 1992–2002 гг. по совместной программе ВНИРО–СахНИРО–КамчатНИРО в тихоокеанских водах северных Курильских о-вов и юго-восточной Камчатки (участок от 47°50' до 52°10' с. ш.). Траления выполняли круглосуточно донным тралом с вертикальным раскрытием 5–6 м и горизонтальным — 25 м (параметры раскрытия трала контролировали по приборам) при средней скорости 3,6 узла. Поскольку продолжительность тралений в период рейсов варьировала от 0,5 до 10 ч, все уловы были пересчитаны на стандартное часовое траление. В большинстве рейсов при каждом тралении измеряли придонную температуру. Статистическую обработку производили по общепринятым методикам (Лакин, 1980).

Результаты и обсуждение

Из 6 рассматриваемых видов рогатковых, пять - многоиглый керчак, белобрюхий и пёстрый получешуйники, широколобый и узколобый шлемоносцы, в районе исследований относятся к категории массовых, а чешуехвостый получешуйник — обычных видов донных рыб (Шейко, Федоров, 2000). Все они входят в состав элиторального ихтиоцена, причём многоиглый керчак обитает в батиметрическом диапазоне 0–775, бе-

лобрюхий получешуйник — 0–579, пестрый — 0–604, чешуехвостый — 61–530 м, широколобый шлемоносец — 15–450, а узколобый — 0–579 м (Федоров, 2000; Шейко, Федоров, 2000 и др.). Для первого из них и трёх видов получешуйников характерны сезонные вертикальные миграции: весной — в зону прибрежного мелководья (или на меньшие глубины), осенью — в верхнюю часть материкового склона. У обоих шлемоносцев значительные сезонные вертикальные перемещения отсутствуют, поэтому основная масса их особей в течение всего года обитает преимущественно в нижней части шельфа и самой верхней зоне материкового склона на глубинах от 100 до 300 м (Токранов, 1985, 2009).

Хотя в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки многоиглый керчак считается относительно многочисленным видом, его доля в уловах на глубинах 76–850 м в 1992–2002 гг. колебалась в среднем от 1,41 до 2,44%, достигая зимой иногда свыше 31, а осенью – почти 42% (табл. 1). Судя по частоте встречаемости и величине уловов в 1992–2002 гг. среди шлемоносцев более многочисленным в районе исследований был широколобый (табл. 1), как это ранее показано нами по результатам учётных съёмок разных лет (Токранов, 1988; Орлов, 1998, 2010; Токранов, Орлов, 2010). Его доля в траловых уловах в течение всего периода исследований в нижней части шельфа и верхней зоне материкового склона (глубины 76–600 м) колебалась в среднем от 1,39 до 2,81%, превышая в отдельных случаях в весенние месяцы 32% общего количества выловленных рыб (табл. 1). Доля узколобого шлемоносца в уловах составляла в среднем 0,86–1,61%, достигая осенью (в сентябре–ноябре) иногда свыше 22, а зимой — почти 31%.

Среди получешуйников в 1992–2002 гг. наиболее массовым в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки был белобрюхий, доля которого в траловых уловах в течение всего периода исследований в нижней части шельфа и верхней зоне материкового склона (глубины 76–850 м) колебалась в среднем от 1,51 до 6,48%, превышая в отдельных случаях 75% от общего количества выловлен-

Таблица 1. Некоторые количественные показатели встречаемости в уловах многоиглого керчака и шлемоносцев в тихоокеанских водах Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки в 1992–2002 гг.

Период	Доля в улове, % по массе*	Число рыб, экз.*		Число рыб, экз.*		Глубина, м**	Придонная температура, °С**	Число уловов с видом
		Общее	На час траления	Общая	На час траления			
Многоиглый керчак								
Весна	28,04	5714	927	2131	376	85–596	–1,2–3,6	341
	1,63	104,7	20,6	173,5	34,9	213,4	0,94	
Лето	29,61	989	220	2279	1081	76–529	–1,0–3,6	356
	1,41	107,1	19,1	168,4	32,1	191,7	1,35	
Осень	41,88	1451	235	3808	519	80–630	–0,5–4,3	802
	2,27	68,8	13,4	162,2	34,0	186,8	1,80	
Зима	31,47	1105	716	3070	400	101–468	0,3–3,9	275
	2,44	111,9	19,6	248,8	38,8	199,6	2,02	
Широколобый шлемоносец								
Весна	32,38	7975	1735	3265	816	85–532	–1,0–3,6	337
	1,39	381,2	77,1	170,0	36,0	200,9	0,90	
Лето	26,36	8532	2157	3495	1078	76–565	–1,0–4,5	515
	1,43	345,2	70,0	179,8	36,7	192,9	1,43	
Осень	26,01	27686	7220	3677	712	83–595	–0,5–4,3	728
	2,29	399,2	79,3	169,2	30,8	196,4	1,90	
Зима	24,72	7369	951	3224	416	101–530	0,2–3,4	243
	2,81	625,0	96,0	276,0	43,0	196,3	2,11	
Узколобый шлемоносец								
Весна	18,12	3571	579	1167	189	128–579	–1,2–3,5	71
	1,61	329,0	66,5	165,8	31,3	214,1	1,15	
Лето	19,45	4335	2361	2900	1582	76–596	–0,2–3,6	286
	1,57	274,6	60,1	155,2	34,5	196,5	1,55	
Осень	22,40	7200	1500	2574	624	80–519	–0,8–4,3	730
	1,45	228,9	54,7	103,9	25,3	201,8	1,82	
Зима	30,87	3194	581	1656	31	101–474	0,2–3,4	115
	0,86	130,9	23,5	65,0	11,6	224,6	1,65	

Примечание: * — максимальное/среднее значение, ** — минимальное–максимальное/среднее значение

ных рыб в осенние и 67% в зимние месяцы (табл. 2). Доля пёстрого получешуйника в уловах составляла в среднем 0,41–1,17%, достигая осенью (в сентябре–ноябре) иногда свыше 23, а зимой — почти 32%. Реже, причем исключительно в южной части района (главным образом, на склонах подводного поднятия северного звена внешнего хребта Курильской гряды) в уловах встречался чешуехвостый получешуйник, средняя доля которого варьировала от 0,20 до 0,89%. Правда, его относительное количество в отдельных уловах на склонах подводного поднятия в летний период достигало 30, а в зимний — 65% от общего количества выловленных рыб (табл. 2). Следует отметить, что поскольку летом половозрелые особи белобрюхого и пестрого получешуйников смещаются на нерест в прибрежную зону (Токранов, 1985), результаты тралений, выполненных на глубинах свыше 76 м, по-видимому, дают заниженное представление об их фактической численности в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки.

Имеющиеся в нашем распоряжении материалы позволяют проанализировать межгодовую, сезонную и суточную динамику уловов 6 исследуемых видов рогатковых в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки.

В период с 1992 до 2002 гг. встречаемость в уловах многоиглого керчака и трёх исследуемых получешуйников изменялась сходным образом (рис. 1А–4А). В первые четыре года она снижалась до минимума в 1995 г. (соответственно 8,7, 12,5, 2,6 и 4,6%). Затем наблюдался рост данного показателя, причём его наибольшие значения у всех четырёх видов (31,6, 29, 14 и 32%) отмечались в 1997 г. В дальнейшем (1998–2002 гг.) встречаемость этих рогатковых вновь стала сокращаться.

В отличие от неё, величина уловов многоиглого керчака, белобрюхого и чешуехвостого получешуйников, несмотря на некоторые колебания, с 1992 до 1997 г. постепенно нарастала (у первого в среднем от 3,5 до 26,4; у второго — от 51 до 255; у третьего — от 25 до 291 экз. за часовое траление), а в последующие годы

Таблица 2. Некоторые количественные показатели встречаемости в уловах получешуйников в тихоокеанских водах Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки в 1992–2002 гг.

Период	Доля в улове, % по массе*	Число рыб, экз.*		Число рыб, экз.*		Глубина, м**	Придонная температура, °С**	Число уловов с видом
		Общее	На час траления	Общая	На час траления			
Белобрюхий получешуйник								
Весна	32,29	17794	2915	8189	1512	85–620	–1,2–3,6	389
	2,24	617,5	135,2	335,5	73,4	214,3	0,61	
Лето	37,05	5771	1614	3968	1210	79–551	–1,0–3,6	380
	1,51	233,5	71,9	122,7	34,2	183,0	1,11	
Осень	75,81	10650	6240	7100	4120	80–591	–0,8–4,3	898
	4,25	473,8	108,5	291,6	66,5	182,5	1,73	
Зима	67,47	21000	3150	10430	1788	100–490	0,1–4,2	330
	6,48	1038,8	178,2	659,1	113,7	196,9	1,75	
Пёстрый получешуник								
Весна	6,13	3539	758	1711	297	87–315	–1,0–3,2	169
	0,55	157,8	34,6	70,5	16,1	160,5	0,39	
Лето	31,68	3955	2157	2373	1294	79–400	–1,0–3,4	203
	0,66	143,9	41,5	70,6	24,5	161,0	0,88	
Осень	23.63	2626	547	1307	307	80–529	–0,7–4,3	371
	1,17	127,9	30,9	62,0	14,8	152,3	1,44	
Зима	3.43	796	129	540	88	101–535	0,1–3,4	119
	0,41	107,5	17,7	39,7	6,6	163,0	1,31	
Чешуехвостый получешуйник								
Весна	17,18	4288	2260	472	225	101–775	0,2–3,9	197
	0,64	303,7	173,8	31,5	17,3	245,8	2,30	
Лето	65,00	4998	9996	445	750	90–750	–0,5–4,0	627
	0,89	284,0	30,0	278,1	28,8	221,9	1,79	
Осень	29,98	9667	11647	406	700	100–725	0,1–4,1	406
	0,68	256,0	176,4	25,9	17,3	271,0	2,29	
Зима	2,00	832	1242	70	105	101–504	0,9–3,6	89
	0,20	74,7	56,5	8,6	6,0	307,7	1,94	

Примечание: * — максимальное/среднее значение, ** — минимальное–максимальное/среднее значение

стала сокращаться. Сходная, хотя и менее выраженная межгодовая динамика уловов, была присуща и пёстрому получешуйнику. Обращает на себя внимание существенное увеличение значений данного показателя у всех четырёх этих видов рогатковых в 2001 г. (у многоиглого керчака — до 38, у белобрюхого получешуйника — до 293, у пёстрого — до 62, а у чешуехвостого — до 400 экз. за часовое траление), причину которого, а также последующего резкого падения уловов в 2002 г. в настоящее время однозначно объяснить затруднительно.

Сезонная динамика и встречаемости, и величины уловов многоиглого керчака, белобрюхого и пёстрого получешуйников в период исследований носила также сходный характер (рис. 1Б–3Б). От весны к лету, величина этих показателей у обоих видов сокращалась, достигая минимума в июле–августе, что, вероятно, связано со смещением половозрелых особей этих видов рогатковых на глубины менее 70–80 м. С началом осени и обратной миграцией рыб на большие глубины, их встречаемость и величина уловов

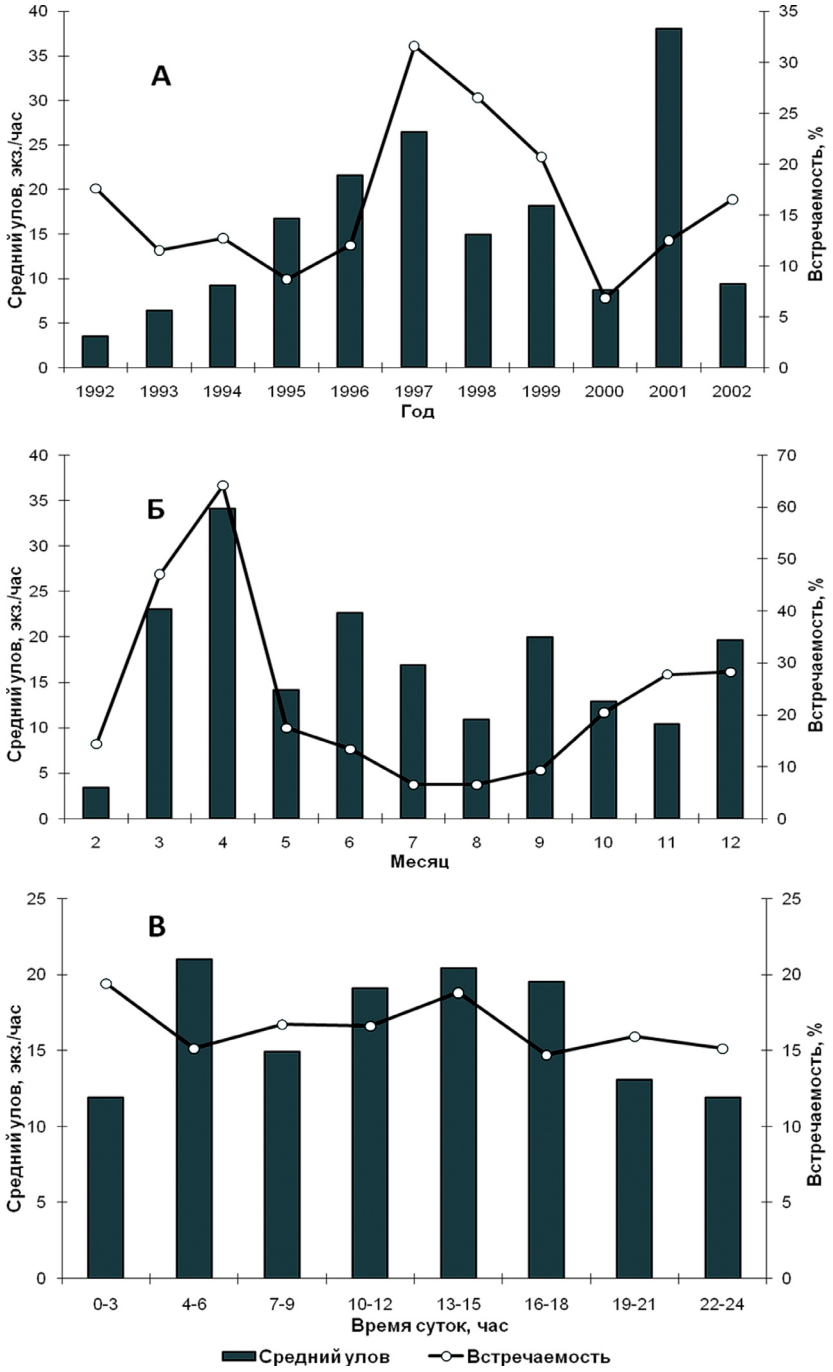


Рис. 1. Многолетняя (А), сезонная (Б) и суточная (В) динамики величины уловов многоиглого керчака в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки (февраль–декабрь 1992–2002 гг.).

вновь возрастали. В отличие от данных представителей сем. *Cottidae*, сезонная динамика встречаемости и средних уловов чешуехвостого получешуйника носила обратный характер (рис. 4Б). Начиная с марта, значения этих показателей возрастали, достигая максимума в августе, что, очевидно, связано с концентрацией чешуехвостого получешуйника на вершине подводного океанического поднятия, где в это время происходит его массовый нерест (Токранов и др., 2003). В последующие месяцы и встречаемость, и величина уловов данного вида постепенно снижались, что, по-видимому, обусловлено его отходом на зимовку в верхнюю зону материкового склона и рассредоточением на большей площади дна.

Встречаемость многоиглого керчака, белобрюхого и пёстрого получешуйников в течение суток изменялась довольно незначительно у первого — от 14,7 до 19,4, у второго — от 15,9 до 21,6, а у третьего — от 5,4 до 10,1%. (рис. 1В–3В). В то же время величина их уловов в утреннее (4–6 или 7–9 час.) и дневное (13–15 или 16–18 час.) время была заметно выше, чем в вечерние часы (19–21 или 22–24 час.) —

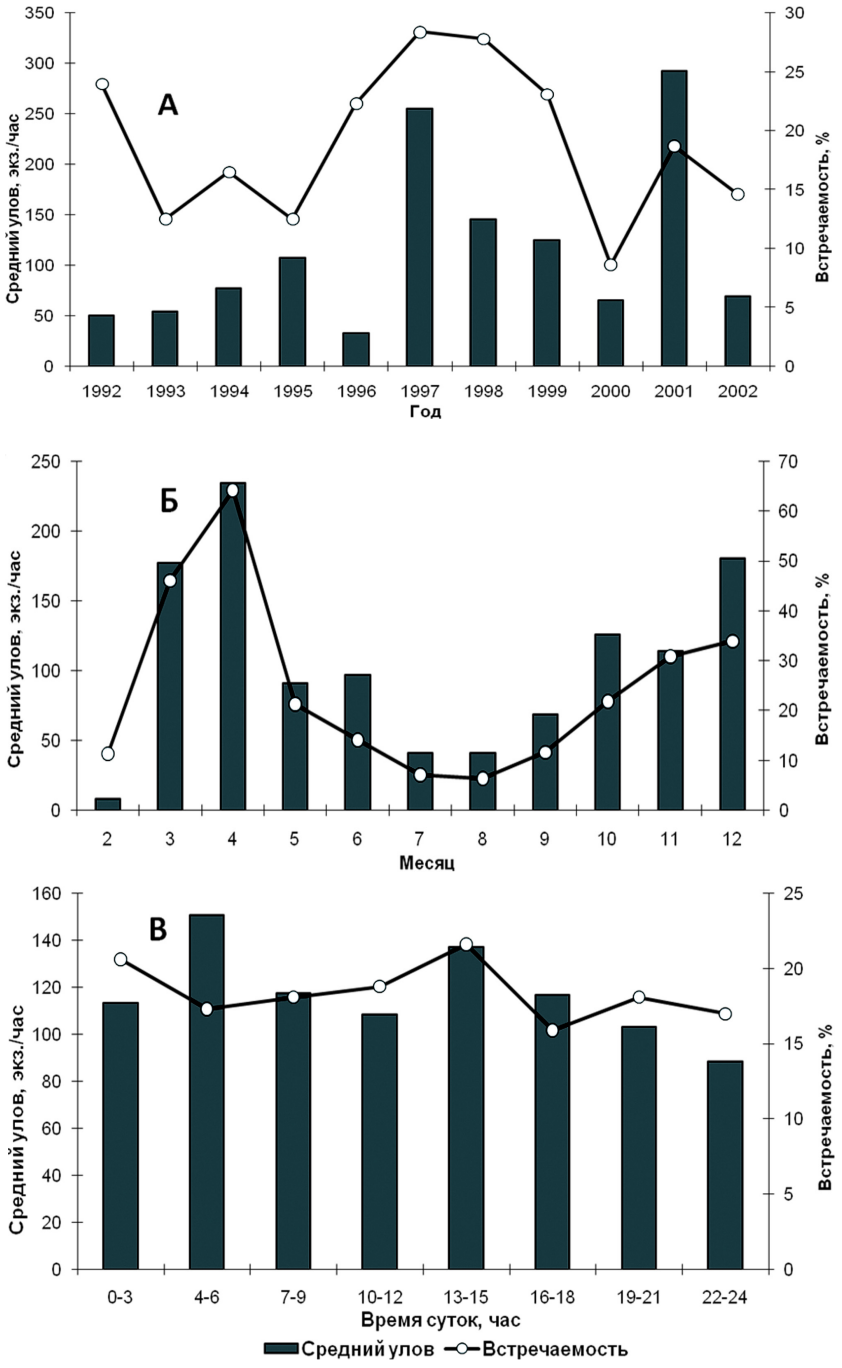


Рис. 2. Многолетняя (А), сезонная (Б) и суточная (В) динамики величины уловов белобрюхого получешуйника в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки (февраль–декабрь 1992–2002 гг.).

соответственно 21 и 12 экз. у многоиглого керчака, 151 и 88 экз. у белобрюхого и 51 и 15 экз. за часовое траление у пёстрого получешуйников.

В отличие от них, максимальная встречаемость (10,1%) и величина уловов (371 экз. за часовое траление) чешуехвостого получешуйника в период наблюдений зарегистрированы с 4 до 6 часов (рис. 4В). Затем значения этих показателей резко снижались, достигая минимума (4,4% и 26 экз.) в интервале 22–24 час.

В период с 1992 до 2002 гг. динамика встречаемости в уловах широколобого и узколобого шлемоносцев в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки несколько различалась. У первого из них значение данного показателя вначале резко снизилось с 31% в 1992 г. до 8–16% в 1993–1995 гг. (рис. 5А). Затем наблюдался его рост до 29% в 1996 и 1998 гг., после чего встречаемость этого шлемоносца опять пошла на убыль, достигнув в 2000–2002 гг. 9–12%. В отличие от неё, величина его уловов, несмотря на колебания, с 1992 до 1997 г. постепенно нарастала (в среднем с 19 до

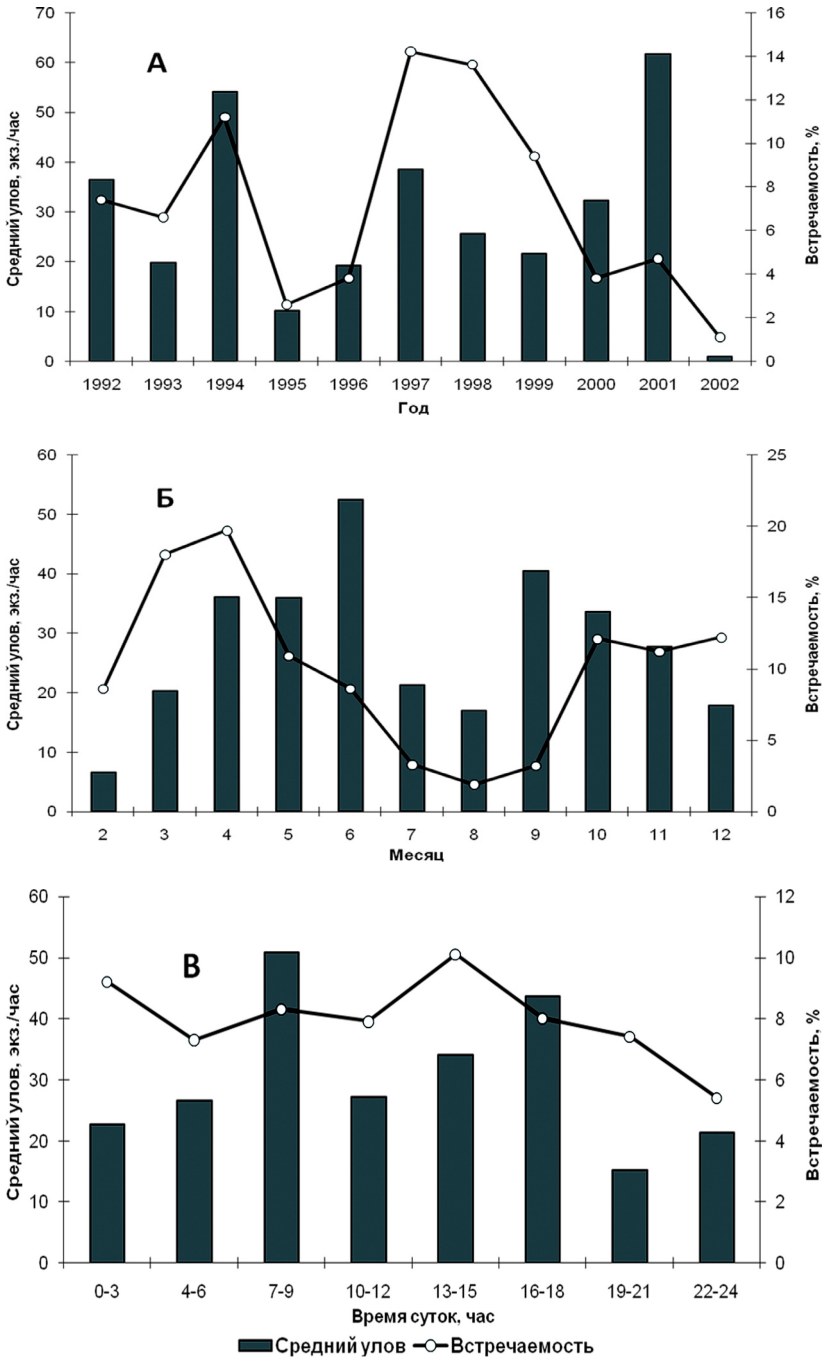


Рис. 3. Многолетняя (А), сезонная (Б) и суточная (В) динамики величины уловов пёстрого получешуйника в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки (февраль–декабрь 1992–2002 гг.).

96 экз. за часовое траление), а в последующие годы вновь стала сокращаться. Наибольшая величина уловов узколобого шлемоносца (167 экз.) зафиксирована в 1994 г. (рис. 6А), после чего данный показатель резко сократился и в 1995–2002 гг. варьировал от 40 до 61 экз. за часовое траление. Максимальная встречаемость этого вида в уловах (17–23%), наоборот, отмечалась в 1997–2001 гг.

Сезонная динамика и встречаемости, и величины уловов широколобого и узколобого шлемоносцев в период исследований носила сходный характер (рис. 5Б, 6Б). Несмотря на некоторые колебания, от весны к лету величина этих показателей у обоих видов сокращалась, достигая минимума у первого из них в июле–сентябре, а у второго — в мае–июле, что, вероятно, связано со смещением части особей на глубины менее 70–80 м и рассредоточением на большей площади дна в период нагула. С началом осени и отходом этих видов рогатковых к нижней границе шельфа, их встречаемость и величина уловов вновь возрастали.

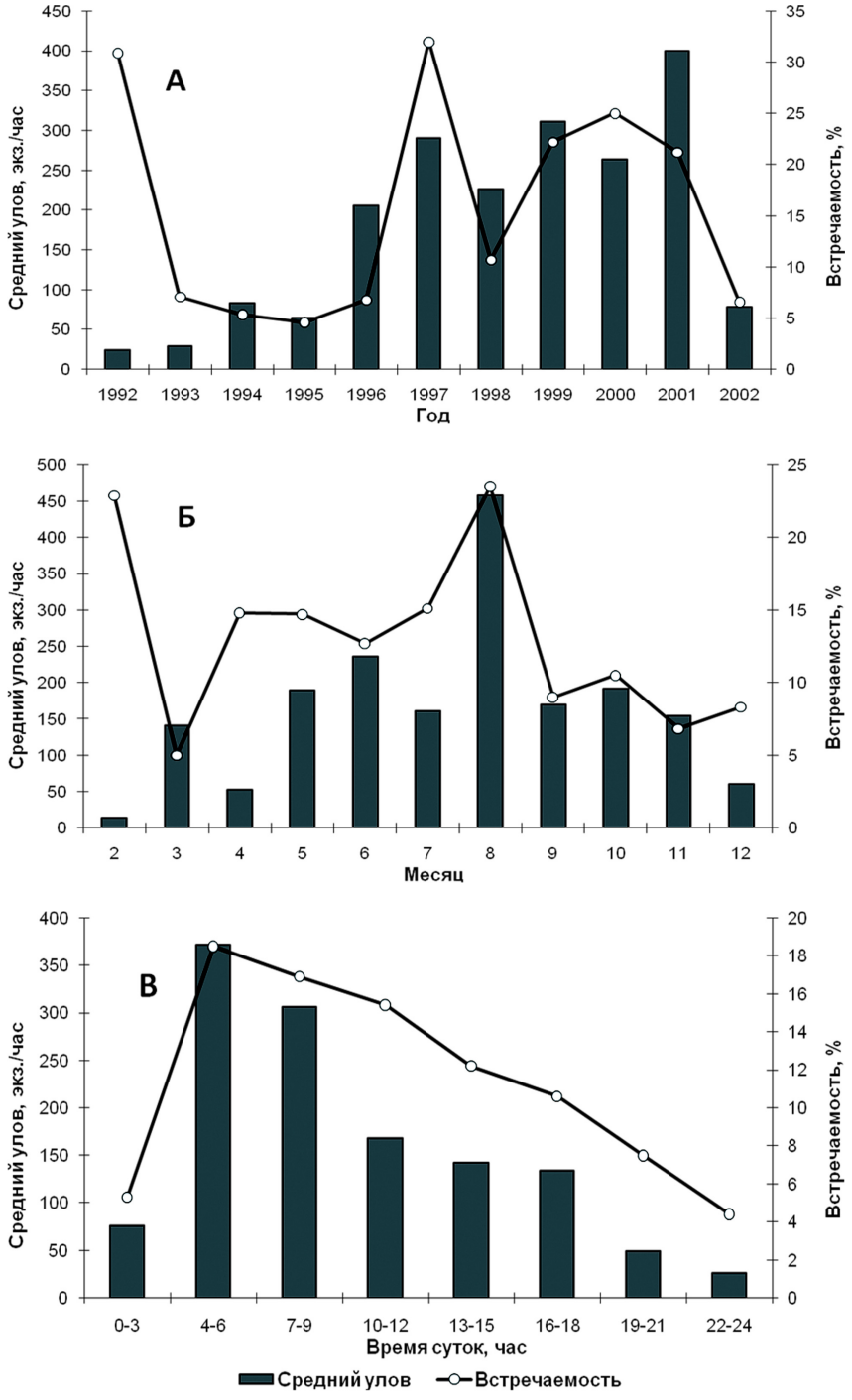


Рис. 4. Многолетняя (А), сезонная (Б) и суточная (В) динамики величины уловов чешуехвостого получешуйника в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки (февраль–декабрь 1992–2002 гг.).

Колебания встречаемости и величины уловов широколобого шлемоносца в течение суток были сравнительно невелики: соответственно, в среднем от 14,5 до 19,6% и от 52 до 97 кг за часовое траление (рис. 5В). В отличие от него, встречаемость в уловах узколобого шлемоносца в светлое время суток возрастала, достигая 15,1% в интервале 13–15 ч, тогда как величина его уловов, наоборот, сокращалась в среднем до 38 кг в промежуток с 10 до 12 час. (рис. 6В).

Заключение

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что величина уловов 6 исследуемых видов рогатковых в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки подвер-

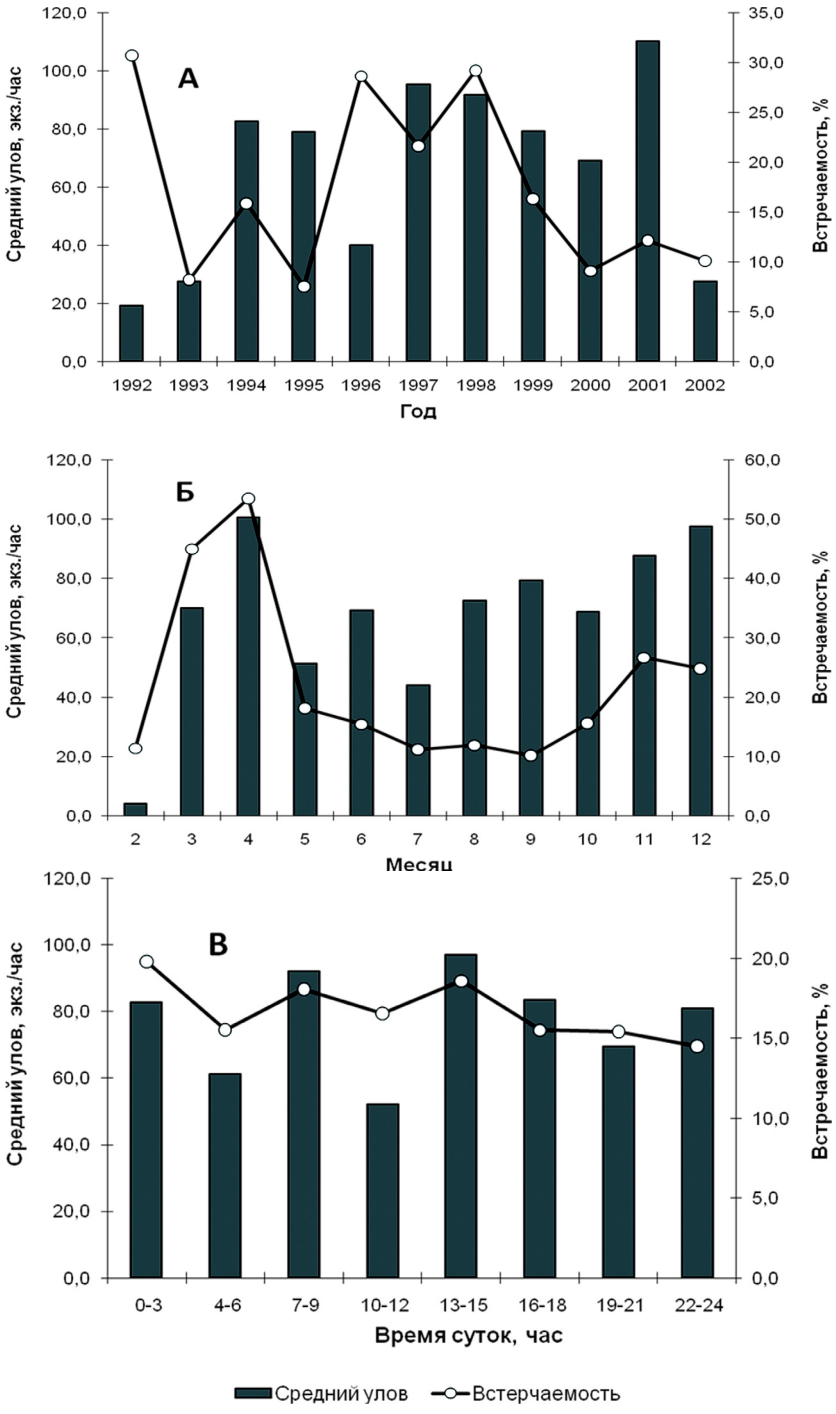


Рис. 5. Многолетняя (А), сезонная (Б) и суточная (В) динамики величины уловов широколобого шлемоносца в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки (февраль–декабрь 1992–2002 гг.).

жена межгодовой, сезонной и суточной динамике. В период с 1992 до 2002 гг. встречаемость и величина уловов многоиглого керчака и трёх исследуемых получешуйников изменялись сходным образом, тогда как у шлемоносцев заметно различались. Сезонная динамика данных показателей у многоиглого керчака, белобрюхого, пёстрого получешуйников и обоих шлемоносцев в период исследований носила сходный характер. В отличие от них, у чешуехвостого получешуйника она была совершенно иной. Отмеченные суточные колебания встречаемости и величины уловов исследуемых видов рогатковых, вероятно, отражают изменения характера их распределения, которые могут быть обусловлены сменой физиологического цикла и поведения и, как следствие, различной доступностью рыб тралам в разное время суток.

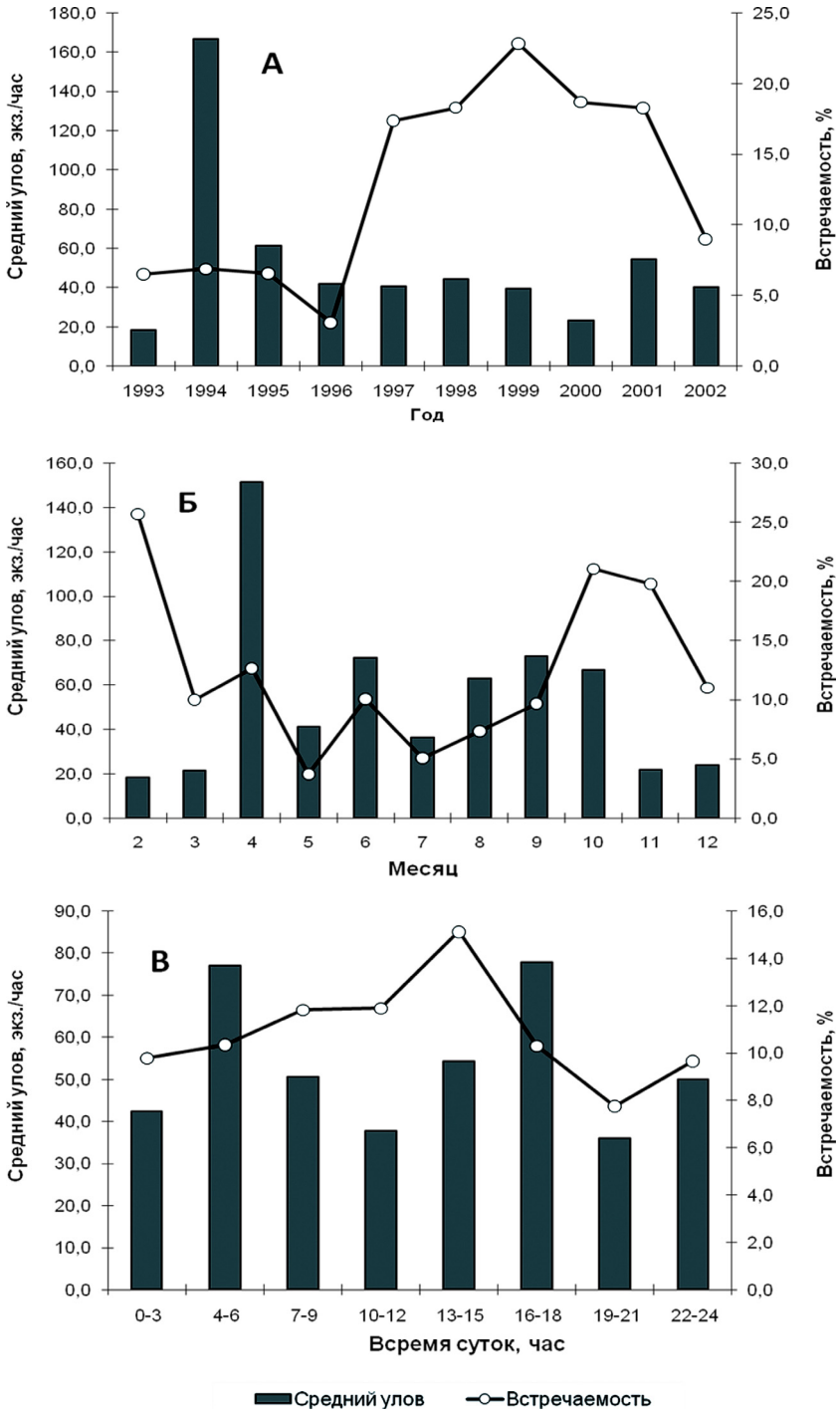


Рис. 6. Многолетняя (А), сезонная (Б) и суточная (В) динамики величины уловов узколобого шлемоносца в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки (февраль–декабрь 1992–2002 гг.).

Благодарности

Авторы выражают благодарность всем сотрудникам ВНИРО, КамчатНИРО, СахНИРО и других институтов, принимавшим в 1992–2002 гг. участие в сборе материалов.

Список литературы

Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-центр, 217 с.

Диденко А.П., Боровская Г.А., Дроздова Л.И., Лаврова Н.А. 1983. Технохимическая характеристика и рекомендации по рациональному использованию бычков // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. ин-та рыбн. хоз-ва и океанограф. Т. 108. С.13–19.

Лакин Г.Ф. 1980. Биометрия. М.: Высшая школа, 292 с.

Орлов А.М. 1998. Демерсальная ихтиофауна тихоокеанских вод северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки // Биол. моря. Т. 24. № 3. С. 146–160.

Орлов А.М. 2010. Количественное распределение демерсального нектона тихоокеанских вод северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки. М.: ВНИРО, 335 с.

Орлов А.М., Токранов А.М. 2008. Особенности распределения и динамика уловов некоторых потенциально промысловых видов рогатковых рыб (Cottidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки // Современное сост. водн. биоресурсов: Матер. межд. конф. (Новосибирск, 26-28 марта 2008 г.). Новосибирск: «Агрос». С. 173–178.

Токранов А.М. 1985. Биология массовых видов рогатковых (семейство Cottidae) прикамчатских вод: Автореф. дис … канд. биол. наук. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 22 с.

Токранов А.М. 1988. Видовой состав и биомасса рогатковых (Pisces: Cottidae) в прибрежных водах Камчатки // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 93, вып. 4. С. 61–69.

Токранов А.М. 2009. Особенности биологии донных и придонных рыб различных семейств в прикамчатских водах: Дис. в виде науч. докл. … докт. биол. наук. Владивосток: ИБМ им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, 83 с.

Токранов А.М., Орлов А.М. 2008. Особенности распределения и динамика уловов рогатковых рыб рода *Hemilepidotus Cuvier*, 1829 (Cottidae) в тихоокеанских водах Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // Современное состояние водных биоресурсов: Матер. науч. конф., посвящ. 70-летию С.М.Коновалова. Владивосток: ТИНРО-центр. С.277–280.

Токранов А.М., Орлов А.М. 2010. Особенности распределения и экологии рогатковых рыб рода *Gymnocanthus* (Cottidae) в тихоокеанских водах Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // Первые междунар. Беккеровские чтения: Матер. конф. (Волгоград, 27-29 мая 2010 г.). Волгоград: ВолГУ. Ч. I. С. 534–536.

Токранов А.М., Орлов А.М. 2011. Особенности распределения и экологии многоиглого керчака *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (Pallas) (Cottidae) в тихоокеанских водах Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России: Матер. Дальневост. регион. науч. конф., посвящ. памяти А.П.Васьковского и в честь его 100-летия (Магадан 24–25 ноября 2011 г.). Магадан: СВНЦ ДВО РАН. С.167–169.

Токранов А.М., Орлов А.М., Шейко Б.А. 2003. Краткий обзор родов *Hemilepidotus и Melletes* (Cottidae) и некоторые черты биологии нового для фауны России вида — чешуехвостого получешуйника *Hemilepidotus zapus* из тихоокеанских вод северных Курильских островов // Вопр. ихтиологии. Т. 43, № 3. С. 293–310.

Федоров В.В. 2000. Видовой состав, распределение и глубины обитания видов рыбообразных и рыб Северных Курильских островов // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских о-вов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг.: Сб. науч. тр. М.: ВНИРО. С. 7–41.

Шейко Б.А., Федоров В.В. 2000. Класс Cephalaspidomorphi - Миноги. Класс Chondrichthyes - Хрящевые рыбы. Класс Holocephali — Цельноголовые. Класс Osteichthyes — Костные рыбы // Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камчат. печат. двор. С. 7–69.

УДК 639.21

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ И РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ПРОМЫСЛОВЫХ ЖИЛЫХ РЫБ Р. АНАДЫРЬ (ЧУКОТКА)

Шестаков А.В.[1], Грунин С.И.[1], Хохлов Ю.Н.[2]

[1]ИБПС ДВО РАН, г. Магадан
[2]ФГУП Чф «ТИНРО-Центр», г. Анадырь
Контактный e-mail: a.v.shestakov@mail.ru

Введение

Р. Анадырь — крупнейшая на Северо-Востоке России, имеет важное значение в воспроизводстве и промысле пресноводных видов рыб.

Сиговые рыбы: валек *Prosopium cylindraceum*, сиг-востряк *Coregonus anaulorum*, сиг-пыжьян *C. lavaretus pidschian* и чир *C. nasus* являются самыми многочисленными и повсеместно распространенными промысловыми видами бассейна р. Анадырь, кроме них объектами регулярного промысла в среднем течении служат щука — *Esox lucius* и камчатский хариус — *Thymallus arcticus mertensi*. В период 1950–1989 гг. на Анадыре существовал также промысел нельмы *Stenodus leucichthys nelma*, максимальный вылов которой в 1961 г. достиг 96,7 т. С 1987 г. по настоящее время вылов нельмы запрещен и периодически проводится только в режиме контрольного лова. В отдельные годы 1948–1989 гг. вылов жилых рыб в Анадырском бассейне составлял 230,6–272,0 т (1983–1986 гг.), в среднем 112,7 т в год. Однако в период наиболее интенсивного промысла (1978–1989 гг.) средняя рыбодобыча достигала 170 т в год (Черешнев и др., 2001). В эти цифры не включен любительский вылов, который, по отдельным видам рыб и иногда в целом был сопоставим с промышленным, поэтому истинные величины рыбодобычи могли превышать данные статистики в 1,5–2,0 раза.

В настоящем сообщении мы приводим обновленные данные, характеризующие структуру популяций и состояние ресурсов жилых промысловых видов рыб в р. Анадырь, которая является основным районом для нагула и размножения не только сигов, хариуса и щуки, но и проходных лососей (главным образом кеты).

Материал и методика

В работе использованы материалы, собранные в 2005–2010 гг. в период нагульной и нерестовой миграций рыб (июнь-сентябрь) на участке среднего течения реки, а также в период нагула молоди и неполовозрелых особей в Анадырском лимане.

В качестве орудий лова применяли ставные сети длиной 25 м и ячеей 20–75 мм, закидной невод длиной 30 м, высотой 1,5–2,5 м и крючковые снасти (спиннинг). Всего на полный биологический анализ взято: 440 экз. валька, 295 экз. сига-пыжьяна, 605 экз. сига-востряка, 166 экз. чира, 650 экз. хариуса, 1065 экз. щуки и 197 экз. нельмы. Обработку материала проводили в полевых и камеральных условиях, используя стандартные ихтиологические методики (Чугунова, 1959; Правдин, 1966; Лакин, 1990). Длина тела рыб измерена от вершины рыла до конца средних лучей хвостового плавника. Возраст рыб определяли по чешуе, взятой выше боковой линии на уровне задней части спинного плавника. Графические построения выполнены при помощи программы GraphPad Prism 5. Расчет общего допустимого улова (ОДУ) был сделан по методу Бойко (Планирование, организация и обеспечение…, 2005).

Результаты и обсуждение

Возрастной состав и размерно-весовые характеристики всех рассматриваемых в работе видов рыб представлены на рисунках 1–3. В таблице представлены данные об их среднемноголетних уловах.

Валек. В неводных уловах 2005–2010 гг. в среднем течении р. Анадырь встречались вальки возраста 2–11+ лет, длиной тела 14,5–42,5 см, при этом как у самок, так и у самцов доминировали 4–6-летки, длиной 25,0–35,0 см и массой 0,2–0,4 кг. В преднерестовых скоплениях валька преобладали 7–8-летние особи (53,9% — у самок и 52,1% — у самцов). Наибольшие размеры валька из бассейна р. Анадырь

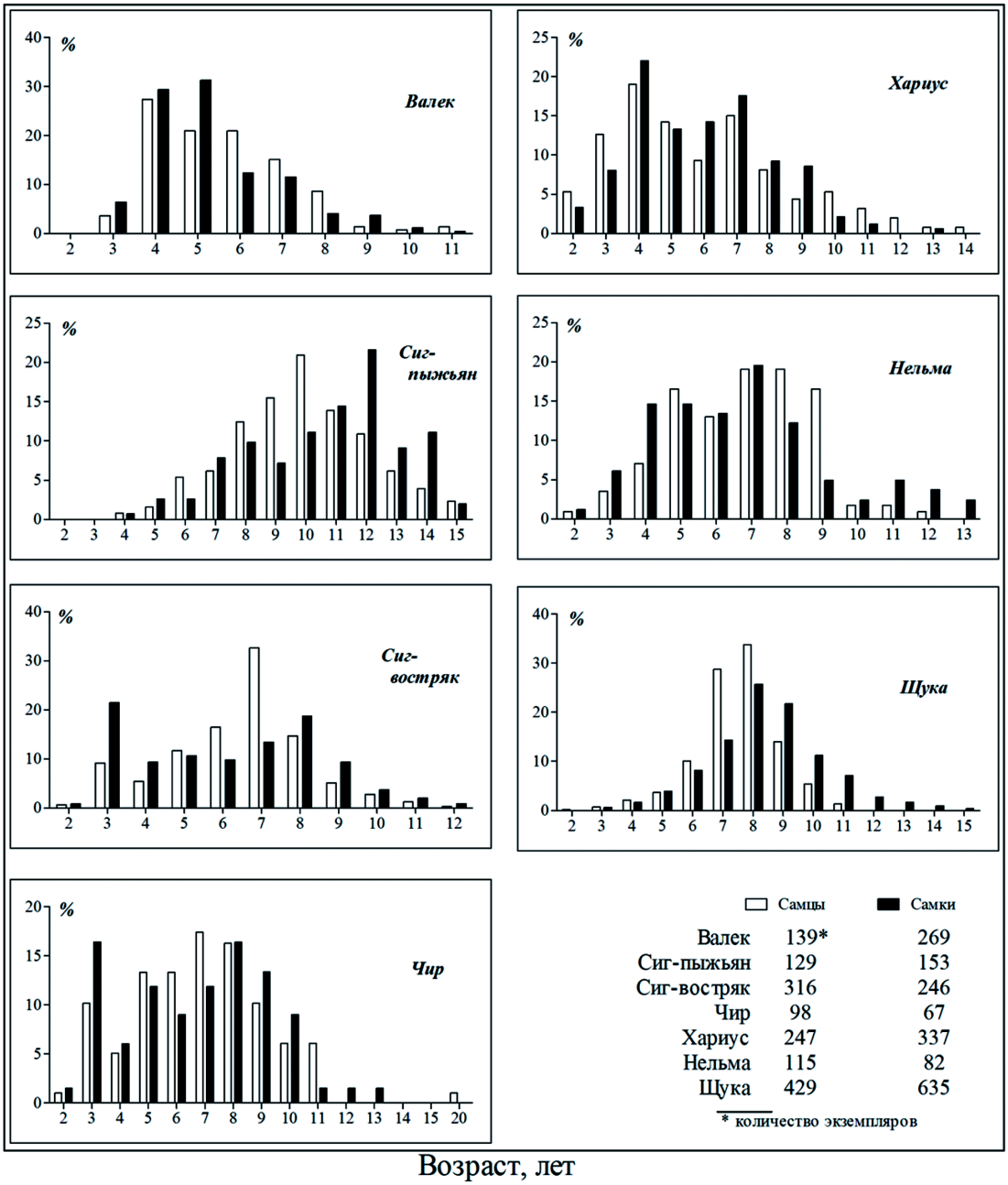


Рис. 1. Возрастная структура уловов жилых промысловых рыб р. Анадырь в 2005–2010 гг.

были 45,2 см и 1,04 кг (Черешнев и др., 2001), в наших уловах предельные размеры составили у самца 38,5 см и 0,65 кг (возраст 11+ лет), у самки — 42,5 см и 0,71 кг (возраст 9+ лет). Соотношение полов в уловах близкое к равному.

Отличительной чертой популяции анадырского валька является относительное постоянство на протяжении довольно длительного времени размерно-возрастного состава. Так в конце 70-х и середине 80-х годов прошлого столетия в среднем течении у преднерестового валька также доминировали рыбы возраста 6–8+ лет длиной 32–38 см (Черешнев и др., 2001). Таким образом, можно отметить, что численность анадырского валька находится в стабильном состоянии уже на протяжении 35 лет и его ресурсы слабо используются промыслом (табл.). В рамках промышленного рыболовства валек в водоемах ЧАО практически не добывается, его официальный вылов, отраженный в отдельные годы, не превышает 150 кг. По данным анкетирования валек также не имеет существенного значения в жизни коренного населения округа. В то же время известно, что этот вид регулярно присутствует в осенних неводных уловах в среднем течении р. Анадырь. В силу особенностей экологии объемы его изъятия по экспертной оценке не превышают 1–2 т.

Сиг-востряк. В среднем течении р. Анадырь (2005–2010 гг.) основу уловов востряка составили рыбы возраста 6–8+ лет, длиной 36,0–40,0 см, массой 0,5–0,6 кг; в Анадырском лимане (2009 и 2010 гг.) — возраста 3+ лет, длиной 20,0–25,0 см и массой 0,1–0,2 кг. Предельные размеры самок сига в уловах были 47,0 см и 1,22 кг, самцов — 46,5 см и 1,03 кг. Достоверных различий длины и массы у одновозрастных особей разного пола не обнаружено. В настоящее время у востряка произошло существенное омоложение возрастного состава нерестовой части популяции. Если в 1996–1997 гг. в исследовательских уловах среди самцов и самок доминировали рыбы в возрасте 9–11+ лет (66,0 и 59,6%, соответственно), а в 1988–1990 гг. — возраста 11–13+ лет (55,7 и 62,9%) (Черешнев и др., 2002), то уже в начале 2000-х годов в нерестовой популяции преобладали востряки в возрасте 7+ лет (самцы) и 8+ (самки) (33,7 и 34,4%) (Шестаков, 2006), а в 2005–2010 гг. — в возрасте 6–7+ лет (самцы) и 7–8+ (самки) (49,1 и 32,1%) при незначительном количестве рыб в возрасте 9–1+ лет (11,5%). Такие значительные изменения в возрастном составе нерестовых стад востряка могут быть отчасти объяснены бескон-

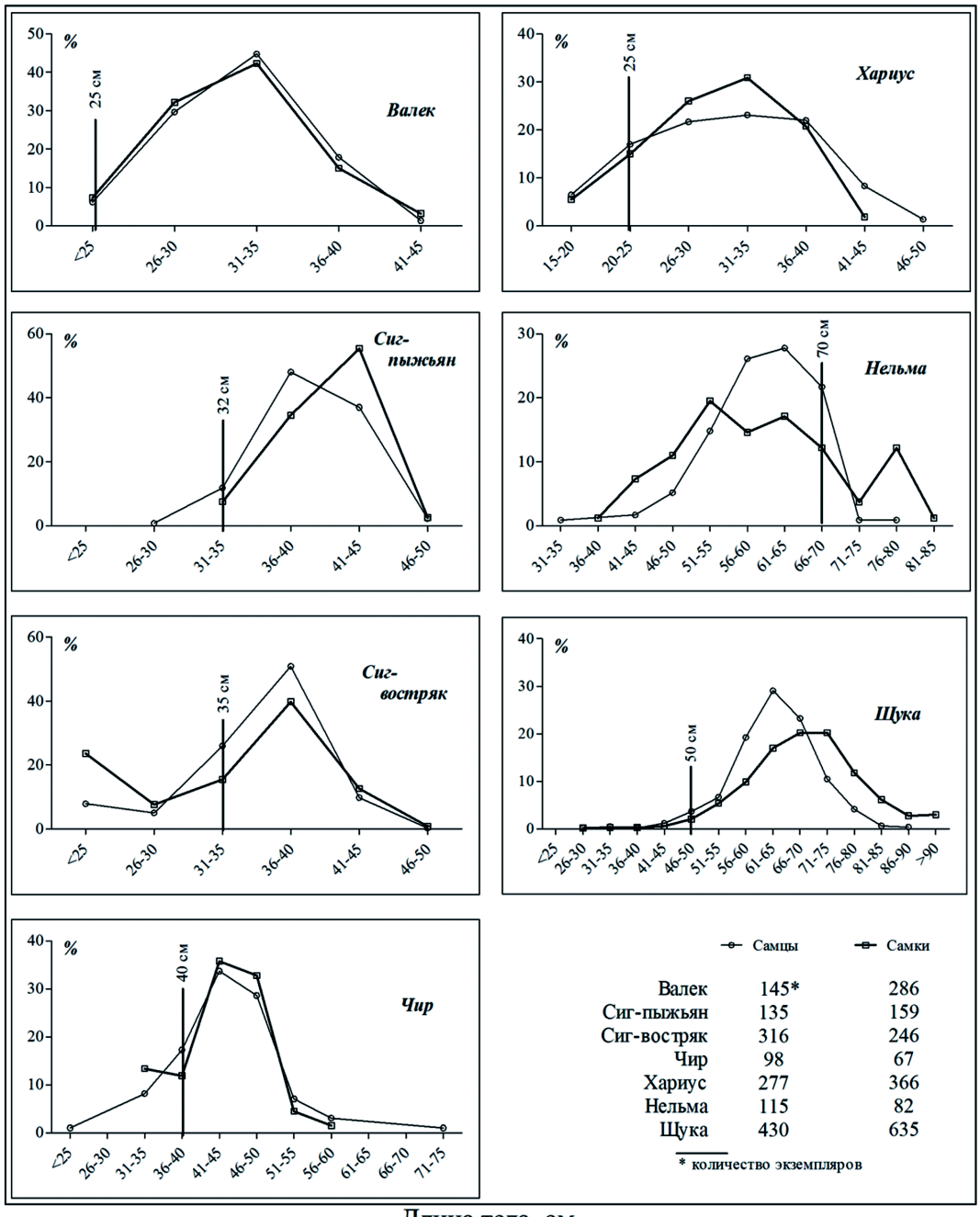


Рис. 2. Размерный состав уловов жилых промысловых рыб р. Анадырь в 2005–2010 гг. Вертикальная черта — граница промысловой меры

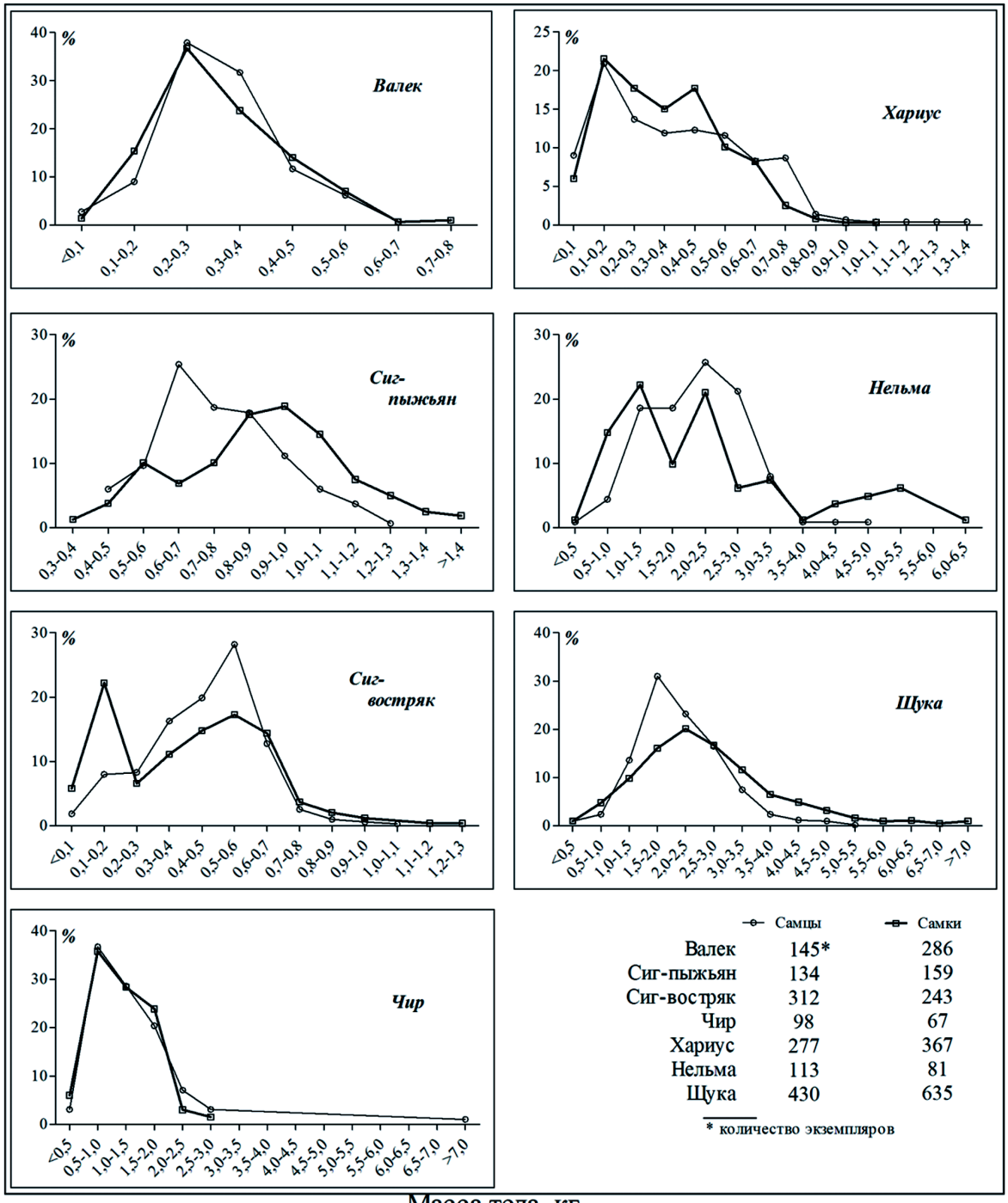


Рис. 3. Весовой состав уловов жилых промысловых рыб р. Анадырь в 2005–2010 гг.

Таблица. Среднегодовой вылов промысловых жилых рыб в р. Анадырь (2000–2010 гг.)

Вид	Величина ОДУ (рекомендованная ЧФ «ТИНРО-Центр»), т	Реальный объем вылова согласно:	
		официальной статистике, т	анонимному анкетированию, т
Валек	1,0–2,0	0,15	–
Сиг-пыжьян	43,0	3,7	35,0
Сиг-востряк	17,0		45,0
Чир	68,1	16,9	50,0
Хариус	19,0	2,3	50,0
Нельма	–	1,0-2,0	30,0
Щука	237,0	22,0	60,0

трольным любительским выловом мигрирующих половозрелых особей, особенно в районе поселков Усть-Белая и Марково.

Размерный состав востряка за почти 35-летний период наблюдений практически не претерпел изменений (Черешнев и др., 2001; 2002). В 80-х и 90-х годах прошлого столетия, как и в 2000-х годах, основу нерестового стада составляли сиги длиной тела от 32,0 до 40,0 см: в 1982–1984 гг. их было 73,5%, в 1996–1997 гг. — 85,9% и в 2005–2010 гг. — 62,8%. Можно отметить, что в настоящее время по сравнению с 1982–1990 гг. почти на 12% уменьшилась доля крупных рыб (крупнее 40 см), как и средняя длина преднерестовых востряков (на 7 мм).

В бассейне р. Анадырь сиги (востряк и пыжьян) являются важными объектами местного промысла. Максимальные уловы (без разделения по видам) в 1979–1989 гг. составляли 5,4–68,4 т (Черешнев и др., 2001). В настоящее время ситуация с промыслом сигов неоднозначна. В действующей редакции Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (2011) при проведении промышленного вылова сига-востряка установлен промысловый размер 35 см (у пыжьяна — 32 см), а в перечне видов, добываемых в рамках любительского и спортивного рыболовства, сиг-востряк отсутствует, при наличии сига-пыжьяна. В современных условиях, когда основной промысел рыб во внутренних водоемах Чукотки проходит именно в рамках любительского рыболовства (с использованием удебных снастей, без оформления лицензий) и рыболовства в целях осуществления традиционного образа жизни коренными малочисленными народами Севера (КМНС), контроль промысла практически не осуществляется. Отсутствие установленных норм вылова водных биоресурсов и формы отчетности в рамках этих двух видов рыболовства делает невозможным и контроль такого вылова, что, в свою очередь, крайне затрудняет оценку численности и состояния популяций сигов.

По данным официальной статистики в 2000–2011 гг. в бассейне реки Анадырь в рамках всех видов рыболовства добывали в среднем 3,7 т при максимальном значении 8,4 т (2001 г.) сига (без разделения по видам). С учетом рекомендованных объемов изъятия сигов для данного водного объекта в указанные годы в размере 60 т (среднемноголетняя величина, из которой собственно на сига-востряка при раздельном прогнозировании состояния запасов этих двух видов приходилось порядка 17 т), можно предположить, что промысел слабо влиял на состояние популяции сига-востряка, и его численность определялась естественными причинами. В то же время, полагая, что официальная статистика не отражает реальные данные по вылову рыб во внутренних водоемах Чукотки нами в 2009–2010 гг. было проведено анонимное анкетирование жителей ряда национальных поселений, в том числе пос. Марково — крупнейшего населенного пункта на р. Анадырь. По результатам работ был определен реальный возможный вылов сигов, который составил порядка 30 т, что сопоставимо с объемами возможного вылова, рекомендованного ЧФ «ТИНРО-Центр» для бассейна р. Анадырь (включая Анадырский лиман) в эти годы. С учетом пространственного распределения сигов по бассейну данной реки можно заключить, что около половины (15 т) этого объема пришлось именно на сига-востряка. Вылов сига-востряка рыболовами-любителями в Анадырском лимане в 2009 и 2011 гг. в среднем составил порядка 1 т, при этом добывали в основном неполовозрелых особей. Таким образом, принимая во внимание, что на реке Анадырь расположено еще, как минимум, три постоянных населенных пункта (сс. Краснено, Усть-Белая, Снежное) с общей численностью населения и рыболовной активностью, превышающей таковую для поселка Марково почти в два раза, общий вылов сига-востряка оценивается в пределах 45 т, что превышает рекомендованные объемы его возможного вылова на 28 т. Очевидно, что ситуация с промыслом сига-востряка представляет собой лишь частный случай общей неопределенности в ситуации с промыслом рыб во внутренних водоемах России, разрешение которой требует подхода на законодательном уровне рыбной отрасли.

Сиг-пыжьян. В уловах 2005–2010 гг. встречались пыжьяны длиной 29,0–47,0 см, массой 0,3–1,52 кг в возрасте 4–16+ лет. Среди зрелых рыб больше всего было особей в возрасте 10–12+ лет (46,5%). В целом возрастная структура нерестовой части популяции пыжьяна среднего течения р. Анадырь, по данным 1988–2010 гг., осталась практически без изменений. В настоящее время, как и раньше, у самок доминируют в уловах рыбы возраста 10–14+ лет (67,3%), а у самцов — 8–12+ лет (73,6%). Предельные размеры самок пыжьяна были 47,0 см и 1,52 кг; самцов — 46,0 см и 1,21 кг. Основу уловов составили рыбы длиной 36,0–45,0 см (87,7%), причем по сравнению с 90-ми годами прошлого столетия, когда наблюдалось недостаточное пополнение нерестового стада молодыми, впервые созревающими рыбами из-за перелова производителей, снова заметно увеличилась доля более мелких рыб.

Состояние запасов пыжьяна в р. Анадырь следует признать благополучным, общий вылов его оценивается в пределах 40 т, что не превышает рекомендованные объемы его возможного вылова (см. выше). Но при возобновлении массового промысла следует обязательно вести раздельный учет востряка и пыжьяна, поскольку экологически это разные виды, обладающие неодинаковой воспроизводительной способностью и устойчивостью популяций. Промысловую меру для пыжьяна нужно увеличить с 32 см до 35 см, так как массовое (более 50%) половое созревание пыжьяна отмечается в возрасте 8+ лет, у самцов при длине тела 34,5 см и массе 0,50 кг, у самок при длине 35,5 см и массе 0,60 кг (Шестаков, 2006).

Чир. В среднем течении р. Анадырь чир достигает 21-летнего (20+) возраста. В 2005–2010 гг. ловились чиры в возрасте 2–20+ лет, с преобладанием у самок рыб возраста 8–9+ лет (29,9%), у самцов — 7–8+ лет (33,7%). Наибольшие размеры в выборке отмечены у зрелого самца чира, пойманного в районе пос. Марково (длина тела 75,0 см, масса 8,17 кг). Основу уловов составили рыбы длиной 40,0–50,0 см (64,4%) и массой 0,5–1,5 кг (64,9%). Результаты анализа размерно-возрастной структуры производителей чира показали увеличение в настоящее время количества крупных старшевозрастных особей. Если в 1982–1985 гг. у самок в преднерестовом стаде преобладали особи в возрасте 6–8+ лет длиной тела 42–46 см (около 60%), а у самцов — возраста 5–8+ лет длиной 40–45 см (55–80%) (Черешнев и др.,2001), то в 2005–2010 гг. уже доминировали рыбы возраста 7–9+ лет и длиной 45–50 см. Средняя длина половозрелых самок чира увеличилась на 3,5 см, самцов — на 3,3 см. Упомянутые различия статистически достоверны.

В действующей редакции Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (2011 г.) при проведении промышленного и спортивно-любительского вылова чира установлен промысловый размер 40 см. По данным официальной статистики в 2000–2011 гг. в бассейне реки Анадырь в рамках всех видов рыболовства добывали в среднем 16,9 т чира при максимальном значении 41,2 т (2001 г.). В эти же годы рекомендованный ЧФ «ТИНРО-Центр» ОДУ чира в бассейне р. Анадырь составлял в среднем 68,1 т, причем, исходя из стабильного состояния популяции этого вида, в последние 5 лет ОДУ чира увеличивали (до 90 т в 2012 г.), однако увеличения промышленного вылова не отмечено, доля вылова в рамках других видов рыболовства также незначительна, либо отсутствует.

По результатам работ (анонимное анкетирование жителей) был определен реальный возможный вылов чира в бассейне р. Анадырь, который составил порядка 50 т, что не превышает объемов возможного вылова, рекомендованного для бассейна данной реки в эти годы. По-видимому, запасы чира в данном водном объекте осваиваются не в полном объеме.

Нельма. Нельма — наиболее крупный вид сиговых рыб Анадырского бассейна, предельные размеры которой достигают 122 см и 16,50 кг (Черешнев и др., 2000, 2001). В 2005–2010 гг. основу уловов в среднем течении составили у самок рыбы возраста 5–9+ лет, длиной 50,0–70,0 см, массой 1,0–2,5 кг; у самцов — возраста 6–10+ лет, длиной 55,0–70,0 см и массой 1,0–3,0 кг. Предельные размеры самок нельмы в уловах были 81,0 см и 6,13 кг, самцов — 76,0 см и 4,85 кг. В настоящее время у нельмы произошло существенное омоложение возрастного состава нерестовой части популяции. Если в 1972–1976 гг. в исследовательских уловах среди самок и самцов доминировали рыбы в возрасте 8–12+ лет (67,0%), а в 1990–1997 гг. — возраста 8–11+ лет (76,6%) (Черешнев и др., 2001), то уже в 2005–2010 годах в нерестовой популяции преобладали нельмы в возрасте 6–10+ лет (76,1%), при этом рыбы старше 11+ встречались крайне редко. Параллельно с изменением (омоложением) возрастной структуры популяции произошло заметное уменьшение средней длины, массы и возраста рыб в уловах. В 1972–1976 гг. средняя длина нельмы составила 68,6 см, масса 3,46 кг, возраст 10,8 лет; в 1990–1996 гг. — 62,7 см, 2,88 кг, 9,7 лет; в 2005–2010 гг. — 59,8 см, 2,2 кг, 7,7 лет. Таким образом, в настоящее время улучшения состояния популяции анадырской нельмы не произошло, напротив, предельный возраст нельмы в уловах, по сравнению с 1972–1976 гг., сократился на 7 лет, средний на 3,1 года. В целом в популяции заметно уменьшилась доля крупных рыб, как и средние размеры зрелых особей: у самок на 7,5 см длина и на 1,40 кг масса тела; у самцов на 1,9 см и 0,27 кг, соответственно (Шестаков, Грунин, 2011). Скорее всего, основной причиной отмеченных изменений в популяционной структуре нельмы является продолжающийся и усилившийся в настоящее время незаконный — браконьерский вылов мигрирующей нельмы, которую активно вылавливают крючковой снастью и сетями в среднем течении реки.

Анадырская нельма — одна из наиболее ценных промысловых рыб бассейна. В середине прошлого столетия анадырская популяция нельмы была довольно многочисленной и вылов ее достигал 97 т в

год. Интенсивный промысел в 60-х годах, когда ежегодный средний вылов составлял 52 т, подорвали запасы нельмы, а продолжавшийся до конца 80-х годов промышленный нелимитированный лов настолько снизил численность популяции, что с 1987 г. пришлось запретить специализированный промысел нельмы в бассейне р. Анадырь. При этом облавливали не только промысловую часть популяции, но и молодь (длиной 30–50 см), которая в рыболовной статистике фигурировала как «крупная ряпушка». Следует также учитывать, что в промысловой статистике не учитывался вылов нельмы рыбаками-любителями и браконьерами, поэтому реальные цифры изъятия из популяции были существенно больше официальных. Дифференцированный запрет на вылов нельмы во время сезонных миграций действует и в настоящее время, что привело к некоторому восстановлению запасов этой рыбы в конце 90-х годов прошлого столетия. Между тем с начала 2000-х годов, в силу экономических причин, произошло ослабление контроля со стороны органов рыбоохраны в районах населенных пунктов среднего течения реки, что способствовало усилению незаконного браконьерского вылова половозрелой нельмы. Это отрицательно отразилось на состоянии популяции нельмы. По визуальным оценкам и опросам рыбаков-любителей, в настоящее время опять наметилась тенденция к снижению численности и омоложению нельмы среднего течения р. Анадырь. По официальным данным, в 1999–2007 гг. на водоемах бассейна Анадырского лимана ежегодно изымали не более 1 т нельмы, хотя по экспертной оценке работников Чукотской окружной инспекции рыбоохраны ежегодный вылов этого вида в указанные годы достигал 30 т, т. е. даже превышал объемы освоения в 1950-е годы. Высокие показатели неофициального вылова нельмы подтверждаются и данными анонимного анкетирования, проведенного специалистами Чф «ТИНРО-Центр» в 2009 г. в двух национальных селах, расположенных на реках Анадырь и Канчалан. Так, жителями только двух сел было выловлено порядка 10-и т нельмы, притом, что на вышеупомянутых реках существует еще 7 подобных (хотя и менее крупных) населенных пунктов, где рыболовство зачастую составляет основу жизнедеятельности. С учетом современных данных по биологии рыб в уловах при определении возможного изъятия вида в 2009–2011 гг. Чф «ТИНРО-Центр» вновь не рекомендовал промышленный вылов нельмы, было также подготовлено биологическое обоснование с целью продления соответствующего запрета. В настоящее время Правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна запрещен вылов нельмы в рамках любительского и спортивного рыболовства, а для промышленников, если таковые все-таки получат квоты вопреки рекомендациям регионального института, установлена промысловая мера — 70 см. Данная мера призвана не допустить вылов неполовозрелых особей, но практика показывает, что это не всегда реально сделать. Известно, что на некоторых рыбопромысловых участках нельма в массе попадает в сети при промысле других сиговых (чира, сига-пыжьяна), добываемых сетями с шагом ячеи 45–60 мм и в этом случае практически все особи нельмы в уловах являются неполовозрелыми. Несмотря на предписания Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна в отношении прилова, малореальной представляется ситуация, когда рыбак выпускает нельму из сетей, тем более что после объячеивания шансы выжить у нельмы невысоки.

Нельма включена в Красные книги Камчатки (Токранов, Шейко, 2006) и Магаданской области (Черешнев и др., 2008). В Красную книгу Чукотского АО, изданную в 2008 г., нельму не включили, но есть вероятность, что в ходе планомерной политики восстановления рыбной отрасли дойдет очередь и до этого ценного промыслового объекта.

Хариус. В бассейне р. Анадырь камчатский хариус достигает девятнадцатилетнего (18+) возраста (Скопец, Прокопьев, 1990; Черешнев и др., 2001). В уловах 2005–2010 гг. встречались особи в возрасте 2–14+ лет, длиной тела 14,5–48,3 см и массой 0,03–1,34 кг.

Возрастная структура анадырского хариуса сильно варьировала по годам наблюдений, но в целом доминировали рыбы возраста 4–7+ лет. В 2006 и 2008 гг. в уловах преобладали неполовозрелые хариусы (2–5+ лет), а в остальные года — зрелые рыбы возраста 6–14+ лет. Возрастная структура уловов камчатского хариуса среднего течения р. Анадырь, по данным 2002–2010 гг., претерпела некоторые изменения: с начала 2000-х годов наметилась тенденция к увеличению предельного возраста особей. Так, если в 2002 г. рыб старше десятилетнего возраста в уловах было 5,2%, то уже в 2007 г. таких особей отмечено более 15%. Кроме того, средний возраст половозрелых хариусов в 2006–2008 гг. (8,2 года) по сравнению с 2002–2003 гг. (7,5) увеличился на 0,7 года (Шестаков, 2010).

Размерно-возрастной состав самцов и самок хариуса в нерестовом стаде несколько различался: среди самок было больше особей 7+ лет, длиной 31,0–37,0 см и массой 0,30–0,45 кг (впервые нерестующие);

среди самцов — 7–10+ лет, длиной 31,0–43,0 см, массой 0,35–0,55 кг, т.е. в основном повторно нерестующие хариусы. Продолжительность жизни самцов больше, чем самок: в Марковской впадине отмеченный нами предельный возраст первых 14+ лет, вторых — 11+ лет. В наших уловах наибольшие размеры составили у самца 48,3 см и 1,34 кг (возраст 14+ лет), у самки — 41,5 см и 0,86 кг (возраст 10+ лет).

По данным официальной статистики в 2000–2011 гг. в бассейне реки Анадырь в рамках всех видов рыболовства добывали в среднем 2,3 т хариуса при максимальном значении 5,7 т (2001 г.), что, естественно, не отражает реальной ситуации с промыслом хариуса, являющегося одним из основных объектов спортивного и любительского рыболовства, проводимого без оформления лицензий. В то же время, по оценкам ЧФ «ТИНРО-Центр», сделанным на основании анкетирования жителей национальных сел, расположенных в бассейне р. Анадырь, вылов хариуса только в пос. Марково мог составлять порядка 30 т ежегодно, а общий вылов в речном бассейне может достигать 50 т. При установленном ОДУ хариуса в бассейне р. Анадырь в эти годы на уровне 19 т, очевиден повышенный пресс на популяцию хариуса в данном районе. Промысловую длину тела, учитывая позднее созревание анадырского хариуса, необходимо увеличить до 29–30 см. В настоящее время по Правилам рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (2011) она установлена в размере 25 см.

Щука. Анализ годовых (2005–2010 гг.) уловов показал, что возраст пойманных рыб лежал в пределах 2–15+ лет, большая часть особей (67,6%) были 8–10-летними. При этом среди самок (более 47%) преобладала щука 8–9+ лет. Доминирующая группировка среди самцов была несколько моложе — ее основу (62%) составили рыбы 7–8+ лет. По сравнению с полученными данными по щуке начала 90-х годов прошлого столетия произошло увеличение предельного возраста и возраста рыб, составляющих основу вылова (Грунин, 2005). В целом, рассматривая изменения возрастного состава уловов щуки за последнее десятилетие, можно говорить об относительной стабильности условий обитания и состояния популяции в р. Анадырь (Грунин, Шестаков, 2011).

Также изменились и предельные размеры рыб — в среднем течении р. Анадырь отмечено увеличение максимальной длины и массы самок, достигшее 111,5 см, 9,82 кг при возрасте 15+ лет. У самцов аналогичный показатель значительно скромнее — 86,5 см, 5,13 кг при возрасте 11+ лет. В объединенной выборке длина щук варьировала от 25,0 до 111,5 см, линейные размеры большей части самцов лежали в диапазоне 61,0–70,0 см, значительная (40,4%) доля самок были длиной от 66,0 до 75,0 см. Масса пойманных рыб изменялась в пределах от 0,13 до 9,82 кг, основу вылова (около 60%) составили особи 1,5–3,0 кг. При этом, доминирующая группа (более 50%) среди самцов и самок укладывались в обозначенный выше диапазон.

В действующей редакции Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (2011 г.) при проведении промышленного и спортивно-любительского вылова щуки установлен промысловый размер 50 см.

Согласно данным официальной статистики, в 2000–2011 гг. в бассейне р. Анадырь в рамках всех видов рыболовства добывали в среднем 22 т щуки при максимальном значении 52,2 т (2002 г.). По оценкам Чф «ТИНРО-Центр», сделанным на основании анкетирования жителей национальных сел, расположенных в бассейне р. Анадырь, вылов щуки может составлять порядка 60 т ежегодно. В эти же годы рекомендованный ОДУ щуки для бассейна р. Анадырь составлял в среднем 237 т, что говорит о крайне низком освоении запасов щуки (не более 25% от рекомендованного объема). В этой связи, учитывая, что ресурсы вида явно недоиспользуются, в последние годы наблюдается увеличение численности щуки в районе наблюдений. В свою очередь, это приводит к усилению пресса щуки на многочисленные популяции сиговых рыб, обитающих в данном районе и являющихся основным объектом питания рассматриваемого вида.

Заключение

В настоящее время ситуация с промыслом жилых рыб р. Анадырь неоднозначна. С одной стороны, в связи с ослаблением и прекращением на реке организованного промысла, в последние годы наметилась тенденция увеличения численности некоторых промысловых популяций, особенно у оседлых рыб, не совершающих значительных сезонных миграций (щука, валек, сиг-пыжьян, чир). Причем, возрастание численности щуки в Марковской пойме, где происходит основной нагул и зимовка ценных сигов, может негативно отразиться на состоянии запасов обитающих там рыб. С другой стороны, в современных

условиях, когда основной промысел рыб во внутренних водоемах Чукотки проходит в рамках любительского рыболовства (без оформления лицензий) и рыболовства в целях осуществления традиционного образа жизни коренными малочисленными народами Севера (КМНС), контроль промысла практически не осуществляется. Поэтому, полагая, что официальная статистика не отражает реальные данные по вылову рыб во внутренних водоемах Чукотки нами в 2009–2010 гг. было проведено анонимное анкетирование жителей ряда национальных поселений р. Анадырь. По результатам работ было установлено, что реальный вылов сига-востряка и хариуса превышает объемы возможного вылова (ОДУ), рекомендованного для бассейна данной реки в эти годы, и подтверждены высокие показатели неофициального вылова нельмы (до 30 т ежегодно).

Таким образом, любое регулирование промысла невозможно без постоянного мониторинга и последующего научного обоснования вылова жилых промысловых видов рыб Анадырского бассейна.

Работа выполнена при финансовой поддержке экспедиционного проекта ДВО РАН (грант 12-III-Д-06-022).

Список литературы

Грунин. С.И. 2005.Изменение биологической структуры популяции обыкновенной щуки *Esox lucius* L. среднего течения р. Анадырь в условиях воздействия промысла разной интенсивности // Вестник СВНЦ ДВО РАН. Вып. 3. С. 92–95.

Грунин С.И., Шестаков А.В. 2011. Современное состояние популяции щуки Esox lucius среднего течения р. Анадырь (Чукотка) // Вопр. рыболовства. Т. 12. № 3. С. 457–471.

Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М.: Высш. шк., 352 с.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 376 с.

Правила рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна // Российская газета. № 5548 от 8 августа 2011 г.

Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана. 2005. Владивосток: ТИНРО-Центр, 231 с.

Скопец М.Б., Прокопьев Н.М. 1990. Биологические особенности подвидов сибирского хариуса на Северо-Востоке Азии. I. Камчатский хариус *Thymallus arcticus mertensi* // Вопр. ихтиологии. Т. 30. Вып. 4. С. 564–576.

Токранов А.М., Шейко Б.А. 2006. Нельма. В кн.: Красная книга Камчатки. Т. 1. Животные. Петропавловск-Камчатский: Камчат. печ. двор. Кн. изд-во, С. 50–51.

Черешнев И.А., Шестаков А.В., Юсупов Р.Р., Штундюк Ю.В., Слугин И.В. 2000. Биология нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (Coregonidae) бассейна реки Анадырь (Северо-Восток России) // Вопр. ихтиологии. Т. 40. №4. С. 537-550.

Черешнев И.А., Шестаков А.В., Скопец М.Б., Коротаев Ю.А., Макоедов А.Н. 2001. Пресноводные рыбы Анадырского бассейна. Владивосток: Дальнаука, 336 с.

Черешнев И.А., Волобуев В.В., Шестаков А.В., Фролов С.В. 2002. Лососевидные рыбы Северо-Востока России. Владивосток: Дальнаука, 496 с.

Черешнев И.А., Жарников С.И., Кириллов А.Ф. 2008. Нельма. В кн.: Красная книга Магаданской области. Часть II. Позвоночные животные. Раздел 1. Рыбы. Магадан: ООО Управляющая компания «Старый город», С. 55–56.

Чугунова Н.И. 1959. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Изд-во АН СССР, 164 с.

Шестаков А.В. 2006. Особенности биологии сига-пыжьяна *Coregonus lavaretus pidschian* и сига-востряка *C. anaulorum* (Coregonidae) среднего течения р. Анадырь // Вестник СВНЦ ДВО РАН. № 4. С. 53–60.

Шестаков А.В. 2010. Особенности роста камчатского хариуса *Thymallus arcticus mertensi* (Thymallidae) среднего течения р. Андырь // Вестник СВНЦ ДВО РАН. Вып. 2. С. 63–69.

Шестаков А.В., Грунин С.И. 2011. Современное состояние популяции нельмы *Stenodus leucichthys nelma* (Coregonidae) среднего течения р. Анадырь // Вопр. рыболовства. Т. 12. № 4. С. 705–714.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ, УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫСЛОМ И МЕТОДИКИ УЧЕТНЫХ СЪЕМОК ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

УДК 639.273

О ВОЗМОЖНЫХ ПОДХОДАХ К ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАПАСОВ КОМАНДОРСКОГО КАЛЬМАРА *BERRYTEUTHIS MAGISTER* С УЧЕТОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АРЕАЛОВ ЕГО ПОПУЛЯЦИЙ

Алексеев Д.О.

ФГУП «ВНИРО», г. Москва
Контактный e-mail: alexeyev@vniro.ru

Введение

В настоящее время командорский кальмар *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) единственным видом головоногих моллюсков, интенсивно эксплуатируемых промыслом в водах России. В настоящее время этот промысел уже имеет достаточно длительную историю и обширную географию.

Первые попытки промыслового освоения командорского кальмара в водах России предпринимались у Командорских островов в 1970-е годы (Федорец и др., 1997а, 2006; Nesis, 1998). Несмотря на хорошие результаты, достигнутые в отдельные годы, промысел у Командорских островов не приобрел систематического характера и полностью прекратился с установлением 30-мильной охранной зоны Командорского заповедника. В конце 1970-х годов были обнаружены скопления командорского кальмара у островов Симушир и Кетой, а с 1987 г. началось промысловое освоение командорского кальмара у островов Парамушир и Онекотан (Федорец, 2006). В 2000-е годы происходило дальнейшее расширение района промысла командорского кальмара у Северных Курил — были разведаны участки, пригодные для промысла, вдоль шельфового склона с океанской стороны до о. Шиашкотан. Поиск пригодных для промысла кальмара участков в Петропавловско-Командорской подзоне также дал результаты, и в настоящее время достаточно эффективный промысел ведется также у Юго-Восточной Камчатки, где в настоящее время добывается до 10 тыс. тонн кальмара ежегодно.

Материал и методика

Используемые в настоящей работе данные о промысле командорского кальмара и пространственно-функциональной структуре его популяций получены из официальной промысловой статистики, опубликованных результатов исследований командорского кальмара, в основном, специалистов ТИНРО-Центра, опубликованных и ранее публиковавшихся результатов собственных исследований и неопубликованных данных ряда рейсовых отчетов ФГУП «СахНИРО» и личных сообщений нескольких специалистов, участвовавших в изучении командорского кальмара.

Результаты и обсуждение

В Беринговом море в течение длительного периода велись поисковые и экспериментальные работы по организации промысла кальмара. В результате были выявлены три наиболее перспективных для промысла участка: в Олюторском заливе, у Корякского склона и южнее м. Наварин, на которых достигались хорошие промысловые показатели. Специализированный промысел командорского кальмара в северной части Берингова моря, однако, возник только в середине 2000-х годов. Это в значительной мере связано с выведением командорского кальмара Берингова моря из перечня объектов, для которых определяется общий допустимый улов и, соответственно, упрощением доступа добывающих организаций к этому ресурсу.

География районов промысла командорского кальмара показана на рисунке 1. Основной район промысла кальмара у Северных Курильских островов располагается с тихоокеанской стороны островов Парамушир и Онекотан, на траверзе Четвертого Курильского пролива и на близлежащих участках, в

отдельные годы границы этого района промысла могут расширяться к югу до о. Шиашкотан. Менее масштабный, но также достаточно стабильный промысел ведется с тихоокеанской стороны островов Симушир и Кетой. На Северо-Курильскую зону, в которую входят все эти острова, приходится порядка 70–75% суммарного вылова командорского кальмара в водах России.

У Юго-Восточной Камчатки промысел ведется на участке 51°–52° с. ш., в течение последних 5 лет он успешно развивался, в настоящее время вылов на этом участке превышает 10 тыс. т в год. В северной части Берингова моря масштабы промысла пока уступают другим районам (ежегодный вылов колеблется в диапазоне 5–10 тыс. тонн).

Особенностью промысла на всех известных скоплениях командорского кальмара является то, что, что площадь участков, на которых ведется промысел, значительно меньше площади самих скоплений и ограничена немногочисленными пригодными участками, пригодными для осуществления донных тралений — «траловые дорожки». Единственным исключением, возможно, является Олюторский залив, где значительная часть скоплений кальмара располагается над ровными песчаными и песчано-гравийными грунтами, удобными для донных тралений.

Имеется также несколько участков у Северо-Восточной Камчатки, с охотоморской стороны северных Курильских островов и между островами Симушир и Уруп, в проливе Буссоль, на которых отмечались отдельные значительные уловы командорского кальмара (Федорец, 2006), но эти уловы носили несистематический характер, и стабильный промысел на этих участках не развился.

Скопления у Командорских островов, разведанные еще в 1970-е годы, в настоящее время промыслом не эксплуатируются.

Сравнение ежегодных прогнозов численности командорского кальмара с результатами промысла и фактическими оценками численности показывают, что динамика численности кальмара очень мало зависит от результатов промысла и прогнозов. Это является следствием того, что оценки запаса кальмара, используемые в настоящее время в промысловом прогнозировании, слабо обоснованы и очень сильно занижены. Вероятно, реальные величины биомассы командорского кальмара, по крайней мере, на порядок выше оценок, на которых строятся промысловые прогнозы (Федорец и др., 1997б; Шунтов, Дулепова, 1995).

Интересно сопоставить данные о современной географии промысла командорского кальмара с существующими представлениями о структуре его ареала в пределах российских вод Дальнего Востока — с рассмотрением функциональной структуры ареалов отдельных популяций.

Всеми исследователями признается сложность структуры ареала этого вида и существование нескольких популяций с не вполне ясными границами и взаимоотношениями между ними. Безусловно, все специалисты едины во мнении о существовании япономорской популяции командорского кальмара — обособленной настолько сильно, что ее представители имеют ряд морфологических отличий от каль-

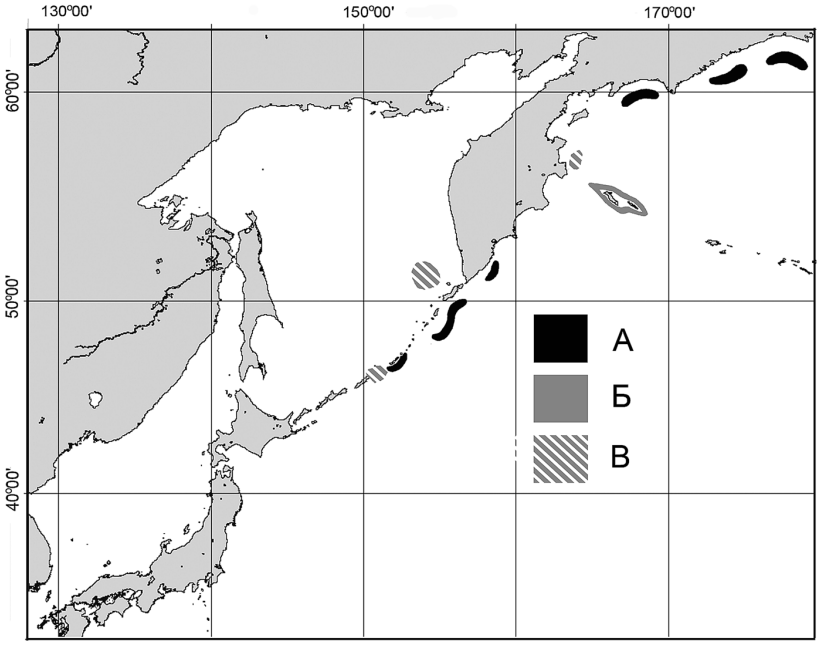


Рис. 1. Районы промысла командорского кальмара в дальневосточных морях России. А — промысла кальмара в настоящее время; Б — район промысла командорского кальмара у Командорских островов в 1970–1980-е годы; В — районы отдельных несистематических значительных уловов

маров, обитающих за пределами Японского моря и выделены в самостоятельный подвид *Berryteuthis magister shevtsovi* Katugin, 2000. Данные о биологии командорского кальмара в Японском море довольно скудны. Промысла его в настоящее время не ведется. В дальнейшем мы не будем в своих рассуждениях затрагивать эту популяцию, а также признаваемую практически всеми авторами популяцию Аляскинского залива — поскольку собственными данными о ней мы почти не располагаем, а отечественным промыслом она не затрагивается.

Предметом рассмотрения в настоящем сообщении будет командорский кальмар, обитающий в Охотском и Беринговом морях и сопредельных районах Северо-Восточной Пацифики. Среди отечественных исследователей нет единства мнений о числе и границах ареалов популяций командорского кальмара на указанной акватории.

Катугин (1998), воздерживаясь от однозначного суждения о популяционной структуре командорского кальмара, высказал мнение о существовании огромной гиперпопуляции командорского кальмара со сложной внутрипопуляционной структурой, в которой он наиболее четко выделял две группировки (субпопуляции?) — курило-охотоморскую и беринговоморскую, и промежуточную между ними алеутскую группировку. Вопросов о возможных границах ареалов этих группировок, тем более вопросов функциональной структуры этих ареалов, он подробно не рассматривал.

Гораздо более сложную схему, по сравнению с предложенной Катугиным, предложил Федорец (2006). По его мнению, следует выделять беринговоморскую группу популяций, включающую в себя популяции, характеризующиеся различающимися «нерестовыми пространствами» — командорско-алеутскую, западноберинговоморскую и восточноберинговоморскую. В Охотском море он, ссылаясь на работу Кубодеры (Kubodera, 1992), кроме основной, названной курильско-североохотоморской, выделял также южноохотоморскую популяцию.

Результаты серии экспедиций ВНИРО (Промысловые аспекты..., 1996) скорее указывают на существование на акватории Берингова моря единой популяции с несколькими сезонными субпопуляционными группировками. В северо-западной части моря наблюдается ежегодно повторяющаяся схема миграций кальмара: весной молодь кальмара появляется в самой восточной части российской зоны, к юго-западу от мыса Наварин, и по мере роста, нагула и созревания, мигрирует в системе течений Северо-Западного субарктического круговорота в юго-западном направлении. Достаточно логично предположить, что часть миграционного цикла в восточной части Берингова моря, не охваченной исследованиями, начинается от нерестилищ у островов Алеутской гряды, откуда молодь мигрирует в северном, а затем северо-западном направлении вдоль шельфового склона. Ответвления Северо-Западного субарктического круговорота регулярно выносят молодь командорского кальмара также напрямую от Алеутских островов и хребта Бауэрс к Корякскому берегу.

В отношении Охотского моря я солидарен с Катугиным (1998), и также считаю, что его населяет единая популяция. Предположение о существовании некоей «южноохотоморской» популяции достаточно сомнительно и слабо аргументировано. Собственно, в своей работе (1992) Кубодера показал только отличие охотоморских кальмаров от япономорских, что и так не вызывает возражений. Собственными материалами из центральной и северной части Охотского моря Кубодера не располагал, и не обсуждал обособленность южноохотоморских кальмаров от остальной части моря. Глубоководная котловина южной части моря имеет некоторые черты гидрологической обособленности от остального моря (Верхунов, 1997) , однако не столь существенные, а ее акватория относительно невелика. Это вызывает серьезные сомнения в возможности существования обособленной популяции кальмаров южной части Охотского моря.

В целом, более правильной мне представляется схема, предложенная Катугиным, подразумевающая существование в Беринговом и Охотском морях по одной, обширной и имеющей достаточно сложную внутреннюю структуру, популяции, которые я называю, соответственно, беринговоморской и охотоморской.

Для правильного понимания возможных подходов к эксплуатации запасов кальмара беринговоморской и охотоморской популяций, необходимо иметь хотя бы общее и приблизительное, представление о пространственно-функциональной структуре ареалов этих популяций.

Командорский кальмар традиционно считается придонно-нектонным организмом (или, по определению Несиса (1985), «некто-бентосным»). Однако, формально считаясь нектонным, командорский кальмар имеет существенное отличие от активных организмов, таких как лососи, акулы, тунцы, дель-

фины, и многие другие — командорский кальмар никогда не совершает значительных направленных перемещений против течений (хотя размеры и мускулистая мантия, безусловно, позволяют кальмару в течение некоторого времени перемещаться против течения). Это, видимо, в значительной степени свойственно большинству кальмаров, даже самых крупных и физически активных. Ряд особенностей анатомии, физиологии и обмена кальмаров делает их неспособными к длительном движению с постоянной значительной скоростью.

Раилко с соавторами (1996) предположили, что продолжительность эмбрионального развития командорского кальмара может составлять около 2 месяцев. Рассчеты методом, предложенным Лаптиховским (2005), ноказывают, что продолжительность эмбрионального периода может превышать 6 месяцев. Кладки яиц командорского кальмара до сих пор не известны. Предполагается, что они могут быть донными или придонными, но нельзя исключить и вероятность того, что они пелагические. Даже будучи придонными, кладки за несколько месяцев могут перемещаться течениями на значительные расстояния. Молодь командорского кальмара ведет планктонный образ жизни (ориентировочно, не менее 2 месяцев). В целом, жизненный цикл командорского кальмара включает достаточно длительный период пассивного планктонного дрейфа.

Достоверно установленные в этом районе направления миграции кальмара совпадают с направлением течений вдоль шельфового склона у берегов Корякии (Промысловые аспекты..., 1996), Юго-Восточной Камчатки и Северных Курил (Алексеев, 2007). Указывавшиеся в некоторых схемах (Федорец, 2006) миграции от южных к северным Курильским островам были предложены для объяснения массового появления кальмара у северных Курильских островов и не подтверждены фактическими данными. Я считаю такие миграции командорского кальмара против течения крайне маловероятными. Все фактически установленные миграции этого вида — и молоди, и взрослых кальмаров, совпадают с направлением течений.

Таким образом, особенности миграционного цикла командорского кальмара позволяют применить к нему, в целом, те же принципы описания пространственно-функциональной структуры их ареалов, которые были разработаны К.В. Беклемишевым (1969) для описания ареалов планктонных организмов. Устойчивое существование любой популяции командорского кальмара требует наличия крупномасштабного круговорота как основы ареала популяции.

Основой беринговоморской популяции являются воды северо-западного субарктического круговорота. Наиболее значительный район нереста командорского кальмара, и первый из достоверно установленных, находится в пределах этого круговорота, на южной окраине Берингова моря, вокруг Командорских островов. Проводившиеся в этом районе исследования (Федорец и др., 1997а) показали периодическое образование там массовых скоплений кальмаров, в которых доля нерестящихся особей достигает 100%, а выбойных 30%, что, безусловно, указывает на нерестовый характер этих скоплений. Установленное перемещение зрелых кальмаров в восточном направлении позволяет предполагать, что район нереста не ограничивается Командорскими островами, а простирается на Алеутские острова и хребет Бауэрс.

В результате работ специалистов ФГУП «ТИНРО-Центр» и наших исследований в северо-западной части Берингова моря достоверно установлены еще два района нереста командорского кальмара — у внешнего края шельфа Корякского берега, примерно между 172° и 174° в. д., и в восточной части Олюторского залива. У Корякского склона период нарастания численности нерестовых и отнерестившихся особей четко прослеживается в осенний период — с сентября по ноябрь. В Олюторском заливе сроки нереста командорского кальмара более поздние по сравнению с Корякским склоном, наибольшая доля нерестовых особей была отмечена здесь в ноябре–декабре. Известные участки нереста командорского кальмара беринговоморской популяции показаны на рисунке 2.

К югу от Камчатского пролива, через который с водами Восточно-Камчатского течения кальмары выносятся из Берингова моря, располагается зона, которую, по аналогии с зоной нестерильного выселения, можно назвать «зоной возвратных миграций» — то есть зона, заходя в которую кальмары (хотя бы их часть) сохраняют способность вернуться в репродуктивную область ареала. В уловах в этом районе отмечаются как нагульные и созревающие кальмары. так и мелкоразмерная молодь. Причем молодь обнаруживалась в уловах наиболее мористых тралений. Значительная часть этих кальмаров находилась в объячейки сетной части трала, что может указывать на то, что она, возможно, попадала в него при подъеме, в пелагиали (материалы рейса МФТ «Иоланта», август–ноябрь 2005 г., неопубликованные

данные). Вероятно, эти молодые кальмарчики, еще способные находиться длительное время в пелагиали, сохраняют возможность вернуться в Берингово море, попав в расположенные мористее ответвления Северотихоокеанского течения, идущие в северном направлении, к проливам Ближнему, Булдырь и Амчитка, через которые в Берингово море проникают тихоокеанские воды.

В отличие от молоди, крупные созревающие кальмары мигрируют в придонных слоях вод Восточно-Камчатского. Достигнув северных Курильских островов, эти кальмары могут либо мигрировать на юг с водами Курильского течения, либо попадать в Охотское море, подпитывая охотоморскую популяцию (Алексеев, 2006, 2007). Вполне возможно, они нерестятся совместно с кальмарами охотоморской популяции. Однако возвращение к нерестилищам своей популяции для них, видимо, уже невозможно. Соответственно, тихоокеанскую сторону северных Курильских островов и районы Охотского моря, я отношу к «зоне невозвратных миграций» (аналогичной зоне стерильногов ыселения) беринговоморской популяции, которая в определенной мере сравнима с зоной стерильного выселения ареала планктонных организмов. То, что кальмары могут там нереститься, не должно вводить в заблуждение относительно роли этого района в структуре ареала беринговоморской популяции.

С океанской стороны Курильских островов массового нереста командорского кальмара фактически никогда не наблюдалось. Федорец с соавторами (1997б) указывают, что доля нерестовых особей здесь никогда не превышает 20–30%, а нерестящиеся кальмары в этих районах вообще встречаются единично. В течение периода существования скоплений у Северных Курил, в них не происходит нарастания доли зрелых особей (Алексеев, 2006, 2007). Кальмары могут образовывать у Курильских островов плотные скопления, чему способствуют многочисленные мезомасштабные вихри с океанской стороны островов, но функционально этот район является для них «зоной невозвратных миграций».

При продвижении далее вдоль тихоокеанского склона шельфа Курильских островов, для кальмаров беринговоморской популяции сохраняется возможность проникновения в Охотское море до тех пор, пока имеются глубоководные проливы между островами. Последним из них является пролив Буссоль. Возможно, небольшой обмен еще возможен через пролив Фриза. Далее на юг шельф Курильских островов расширяется, а глубины в проливах уменьшаются. Вдобавок, преобладающее направление течений через южные Курильские проливы — из Охотского моря в океан. Здесь также располагается «зона невозвратных миграций». Ни вернуться назад, мигрируя против течения во взрослом состоянии, ни достичь Командорско-Алеутской гряды, дрейфуя в толще воды с ответвлениями Северотихоокеанского течения, кальмары уже не смогут (хотя отдельные казусы, конечно, могут иметь место). При этом нельзя исключить, что в этом районе возможны спаривание и вымет икры отдельными особями.

Биология командорского кальмара Охотского моря изучена хуже, чем кальмара Берингова моря. Районов образования сколько-нибудь плотных скоплений зрелых кальмаров в Охотском море не обнаружено. Единственное исключение — информация об отдельных уловах до 1 т за час траления и более

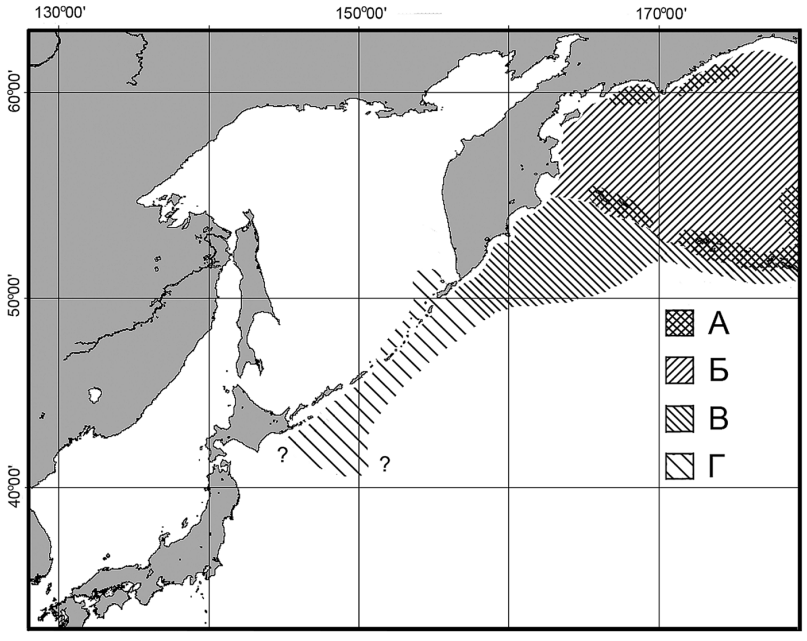


Рис. 2. Гипотетическая схема пространственно-функциональной структуры беринговоморской популяции командорского кальмара. А — районы нереста; Б — основа ареала; В — «зона возвратных миграций»; Г — «зона невозвратных миграций»

с охотоморской стороны северных Курильских островов (Федорец, 2006). Имеются сообщения об огромных величинах запаса командорского кальмара в Охотском море, но они основываются на оценках пелагической ранней молоди при проведении комплексных учетных пелагических съемок. Я считаю, что к этим оценкам следует относиться со значительной осторожностью, так как в Охотском море обитает еще несколько массовых видов семейства Gonatidae, обитающих в пелагиали и имеющих личинки, очень плохо отличимые от личинок командорского кальмара.

Единственный район, где достоверно зарегистрировано наличие значительного числа нерестовых и выбойных особей командорского кальмара в Охотском море — район западнее Северных Курильских островов (Рис. 23). В этом районе в пелагиали отмечаются повышенные концентрации ранней молоди кальмаров (Федорец, 2006; В.А.Бизиков, А.В.Буслов, личные сообщения). В наших сборах декабря 2005 и апреля 2008 гг. в уловах донных тралений на глубинах 600–900 м зрелые кальмары составляли около 50 % уловов, а выбойные до 25%, что указывает на происходящий в этом районе нерест командорского кальмара. Утверждать, что данный район является единственным районом нереста в Охотском море нельзя. Возможно, что другие районы до сих пор не обнаружены. Однако, безусловным фактом является то, что нигде в Охотском море не были получены устойчивые промышленные уловы кальмара, в том числе и в установленном районе нереста. По результатам наших тралений уловы кальмара к западу от о. Атласова не превышали 30–50 кг за час траления, что совершенно недостаточно для ведения промысла. Данные анализов командорского кальмара на склоне шельфа Восточного Сахалина указывают на наличие там, в основном, нагульных кальмаров.

В результате водообмена Охотского моря с Тихим океаном через Курильские проливы, значительное количество кальмаров может проникать на океанскую сторону Курильских островов. Доля кальмаров охотоморского происхождения в уловах в 2005 г. достигала 60–70% в районе Четвертого Курильского пролива и до 90% на траверзе о. Шиашкотан (Алексеев, 2007). Соотношение особей разного происхождения в уловах может варьировать год от года, и в течение периода существования скоплений.

Дальнейшая судьба кальмаров охотоморской популяции в водах Курильского течения сходна с судьбой кальмаров беринговоморской популяции — до тех пор, пока сохраняется возможность обратных миграций в Охотское море через глубоководные проливы, тихоокеанская сторона остров является для кальмаров охотоморской популяции «зоной возвратных миграций». К ней же относятся также и обширные районы северной части моря, куда молодь кальмаров заносится многочисленными мезомасштабными вихрями. Тихоокеанские воды южных Курильских островов для кальмаров охотоморской популяции, так же, как и для беринговоморских кальмаров, является «зоной невозвратных миграций».

Сравнение информации о существующих районах промысла кальмара и пространственно-функциональной структуре его популяций с точки зрения расположения районов промысла в тех или иных зонах ареала, показывает, что существующие подходы к регулированию промысла командорского кальмара далеки от идеальных. Очевидно, что с точки зрения нанесения возможного ущерба популяции, уязви-

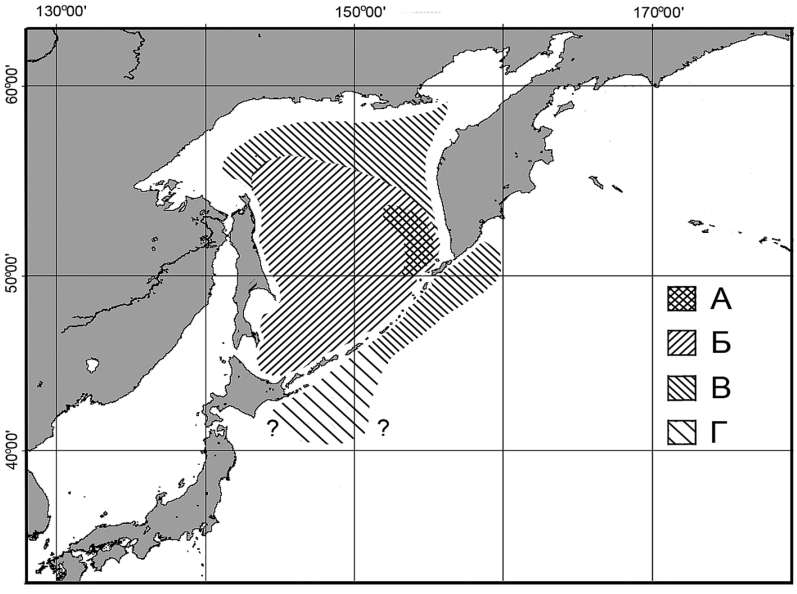


Рис. 3. Гипотетическая схема пространственно-функциональной структуры охотоморской популяции командорского кальмара. А — известный район нереста; Б — основа ареала; В — «зона возвратных миграций»; Г — «зона невозвратных миграций»

мой областью является основа ареала — та его часть, в которой все особи составляют репродуктивный потенциал популяции. Наибольшую опасность представляет ведение промысла непосредственно в районах нереста — кроме изъятия достигших зрелости и готовых к вымету икры производителей, возможно нанесение ущерба выметанной икре. Слабым утешением может служить только то, что кладок икры командорского кальмара в районах промысла пока не обнаружено.

Гораздо более безопасно ведение промысла в «зоне возвратных миграций». Только часть кальмаров, попавших в эту зону, вернется в основу ареала. Поэтому при одинаковом прессе промысла ущерб репродуктивному потенциалу будет меньше. Как минимум, мы можем рекомендовать увеличение процента промыслового изъятия в этой зоне. Надо, однако, учитывать возможную «подпитывающую» роль кальмаров, попадающих из «зоны возвратных миграций» в основу ареала другой популяции.

В настоящее время для разных районов действуют разные режимы регулирования промысла. У Курильских островов и у юго-восточной Камчатки регулирование промысла осуществляется на основе установления общего допустимого улова (ОДУ), более жесткого режима с распределением фиксированных квот. Такой же режим действовал бы и в отношении промысла у Командорских островов, если бы он продолжался. Во всех остальных районах устанавливается величина возможного вылова (ВВ), а промысел ведется практически по заявительному принципу, на основании заявок, которые добывающие организации подают независимо от предполагаемых объемов изъятия, заявленных другими добытчиками. Благодаря такому, более мягкому режиму регулирования, в последние годы начал развиваться промысел командорского кальмара в северной части Берингова моря.

Весьма удачным, с точки зрения возможного воздействия на популяцию, следует признать прекращение промысла в районе Командорских островов. Вероятно, этот район является основным районом нереста Беринговоморской популяции, и попадание основных нерестовых скоплений в охранную зону заповедника надежно защищает нерестовые группировки кальмара.

В северной части Берингова моря районы промысла кальмара частично совпадают с районами нереста по географии, и по срокам нереста. Исключение составляет район промысла южнее мыса Наварин, где скопления кальмара образуются крупными нагульными кальмарами преимущественно в летние месяцы. Регулирование промысла в Беринговом море на основе определения ВВ с точки зрения ведения промысла на нерестилищах, представляется не самым удачным решением. То, что в этих районах был принят режим возможного вылова, обусловлено слабым промысловым освоением и стремление стимулировать промысел кальмара в удаленных районах. До сих пор объемы его вылова в северной части Берингова моря далеко не достигают даже заниженных прогнозных величин возможного вылова. Благодаря этому промысел в Олюторском заливе и у Корякского берега не сказывается, и не будет сказываться на состоянии популяции кальмара, пока вылов не превысит величин, рекомендуемых в настоящее время — 40 тыс. тонн для всего Берингова моря.

Наиболее важные районы промысла — у юго-восточной Камчатки и с океанской стороны северных Курильских островов, приходятся на «зоны возвратных и невозвратных миграций» обоих популяций, принимающих участие в формировании промысловых скоплений кальмара. У юго-восточной Камчатки мигрирующие на юг кальмары беринговоморской популяции, составляющие основу уловов, имеют очень немного шансов вернуться в Берингово море, а сохраняющие такую возможность молодые кальмары держатся мористее, в стороне от участков ведения промысла. Попадание в этот район кальмаров охотоморской популяции возможно, но в небольших количествах. Вылов даже значительного количества кальмара у Восточной Камчатки, вероятно, не нанесет значительного ущерба ни беринговоморской, ни охотоморской популяции. Поэтому регулирование промысла в Петропавловско-Командорской подзоне посредством установления ОДУ с биологической точки зрения излишне.

Масштабный промысел у Северных Курил, ведущийся на смешанных скоплений из кальмаров беринговоморской и охотоморской популяций, таким образом, не затрагивает непосредственно районы нерестилищ. Численность кальмаров в этом районе очень мало зависит от результатов промысла предшествующего года. Существующий уровень изъятия не сказывается на численности пополнения. Значительная часть добываемых здесь кальмаров либо погибла бы, так и не отнерестившись, либо дала потомство, обреченное на гибель. То, что не прослеживается очевидной связи результатов промысла в этом районе с численностью кальмара, наблюдаемой в последующий год, свидетельствует о том, что независимо от количества изымаемых кальмаров, промысел не оказывает значительного влияния на репродуктивный потенциал популяций, участвующих в формировании скоплений. Единственный аргу-

мент в пользу установления ОДУ для командорского кальмара в Северо-Курильской зоне — это достаточно высокий уровень освоения рекомендуемых объемов изъятия — оно стабильно превышает 50%, а в отдельные годы приближается к 100%. Но такие результаты промысла можно рассматривать и с другой точки зрения: если изъятие такого количества кальмара не сказывается сколько-нибудь существенно на состоянии популяций, это означает, что рекомендуемые объемы изъятия сильно занижены, независимо от того, каким методом оценивался промысловый запас. В целом, действие в Северо-Курильской зоне режима определения ОДУ обосновано формальными организационными причинами (высокий уровень освоения, невозможность точной оценки численности кальмара в этом районе), и совершенно не обосновано биологически.

Наконец, остается Южно-Курильская зона, для которой также устанавливается ОДУ, в основном, исходя из того аргумента, что кальмар в этой зоне является частью единого с Северо-Курильской зоной запаса. Это действительно так, но при этом не учитывается, что эта часть запаса уже безвозвратно утрачена для популяций командорского кальмара. Поэтому регулирование промысла командорского кальмара в Южно-Курильской зоне (особенно южнее пролива Бусоль), бессмысленно. Очевидно, что здесь безо всякого вреда для запаса может быть введен режим определения ВВ, более того, здесь излишни любые меры регулирования промысла командорского кальмара.

Заключение

Резюмируя изложенное, можно сделать заключение, что регулирование промысла командорского кальмара плохо согласуется с особенностями пространственно-функциональной структуры популяций. Практически везде оно осуществляется без учета особенностей его биологии, по формальным признакам. Из пяти основных районов, где ведется или велся масштабный промысел командорского кальмара, биологически обоснованный режим эксплуатации действует только у Командорских островов. В остальных районах режим регулирования либо неоправданно мягок с биологической точки зрения (Берингово море), либо излишне жесток и зарегулирован (Восточная Камчатка и Курильские острова). Только то, что оценки запаса командорского кальмара в настоящее время сильно занижены и уровень промыслового освоения в настоящее время значительно ниже возможного, обеспечивает благополучное состояние беринговоморской популяции. В то же время у юго-восточной Камчатки и Северо-Курильской зоне режим ОДУ вполне может быть заменен более мягким режимом возможного вылова, а у Южных Курильских островов меры регулирования промысла командорского кальмара вообще излишни.

Список литературы

Алексеев Д.О. 2006. Новые данные о биологии командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) у Северных Курильских островов // VII Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г. Иванова). Тез. докл. М.: ВНИРО. С. 199–2003.

Алексеев Д.О. 2007. Роль Северных Курильских островов в функциональной структуре ареала командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Berry, 1913). Морские промысловые беспозвоночные водоросли: биология и промысел. К 70-летию со дня рождения Бориса Георгиевича Иванова // Тр. ВНИРО. Т. 147. С. 246–265.

Беклемишев К.В. 1969. Экология и биогеография пелагиали. М.: Наука, 292 с.

Верхунов А.В. 1997. Развитие представлений о крупномасштабной циркуляции Охотского моря // Комплексные исследования Охотского моря. М.: ВНИРО. С. 8–19.

Катугин О.Н. 1998. Командорский кальмар Berryteuthis magister (Berry,1913): внутривидовая изменчивость, пространственная и таксономическая дифференциация: Автореф. ... канд. биол. наук. Владивосток, 22 с.

Лаптиховский В.В. 2005. Экология размножения колеоидных головоногих моллюсков: Автореф. ... докт. биол. наук. Москва, 28 с.

Несис К.Н. 1985. Океанические головоногие моллюски: распространение, жизненные формы, эволюция. М.: Наука, 286 с.

Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря (науч. итоги Беринговоморской экспедиции ВНИРО в 1993–1995 гг. по програм-

ме совместных российско-японских науч. исследований командорского кальмара в Беринговом море) // Биоресурсы морей России (под ред. А.А.Елизарова). 2006. М.: ВНИРО, 164 с.

Раилко П.П,, Федорец Ю.А., Диденко В.Д., Кравченко Н.Е. 1996. Оценка возраста и роста командорского кальмара в западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. Т. 119. С. 224–233.

Федорец Ю.А., Диденко В.Д., Раилко П.П., Кравченко Н.Е. 1997а. Биология кальмара *Berryteuthis magister* на нерестилищах у Командорских островов // Изв. ТИНРО. Т. 122. С. 393–429.

Федорец Ю.А., Лучин В.А., Диденко В.Д., Раилко П.П., Кравченко Н.Е. 1997б. Условия формирования скоплений кальмара *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) у Курильских островов // Изв. ТИНРО. Т. 122. С. 374–392.

Федорец Ю.А. 2006. Командорский кальмар *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) Берингова и Охотского морей (распределение, биология, промысел): Автореф. ... канд. биол. наук. Владивосток, 24 с.

Шунтов В.П., Дулепова Е.П. 1995. Современное состояние, био- и рыбопродуктивность экосистемы Берингова моря // Комплексные исследования экосистемы Берингова моря. М.: ВНИРО. С. 358–387.

Kubodera T. 1992. Biological characteristics of the gonatid squid *Berryteuthis magister* (Cephalopoda: Oegopsida) off Northern Hokkaido, Japan // Memoirs of the National Science Museum, Tokyo. Vol 25. P. 111–123.

Nesis K.N. 1998. The gonatid squid *Berryteuthis magister* (Berry, 1913): distribution, biology, ecological connections, and fisheries // Contributed papers to International Symposium on large pelagic squids. JAMARC. Tokyo. P. 233–249.

УДК 639.27

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТА УЛОВИСТОСТИ ДРАГИ ПРИ ПРОМЫСЛЕ МОРСКИХ ГРЕБЕШКОВ У СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

Алексеев Д.О., Ботнев Д.А.

ФГУП «ВНИРО», г. Москва
Контактный e-mail: alexeyev@vniro.ru

Введение

В настоящее время шельф Северных Курильских островов является районом наиболее значительного промысла морских гребешков в Дальневосточных морях России. В последние годы ежегодный вылов гребешка в этом районе составлял 2,4–2,7 тыс. тонн. В настоящее время эксплуатируются, преимущественно, поселения морских гребешков с охотоморской стороны о. Онекотан, на которые приходится более 90% общего объема вылова морских гребешков в Северо-Курильской зоне. С океанской стороны Курильских островов небольшое количество гребешка добывается на ограниченном участке у юго-восточной оконечности о. Онекотан.

Видовой состав промысловых поселений морских гребешков у Северных Курил до сих пор обсуждается. По нашему мнению, в скоплениях встречается три вида морских гребешков рода *Chlamys* — *Chlamys albida* Dall in Arnold, 1902, составляющий 95–99% поселений и по численности, и по массе, а также два относительно немногочисленных вида — *Chlamys behringiana* Middendorff,1848 и *Chlamys stratega* Dall,1898. Все указанные виды образуют смешанные скопления, имеют сходные размеры и имеют достаточно широкий спектр изменчивости морфологии раковины, что сильно затрудняет идентификацию видов. Однако, учитывая численное соотношение видов, промысел является, фактически, моновидовым.

Учитывая высокую коммерческую ценность морского гребешка и важность северных Курильских островов как основного района его промысла, актуальной является задача повышения качества оценок запаса морских гребешков в этом районе.

Исследования состояния запаса морских гребешков у северных Курильских островов выполняются в течение длительного времени, и накоплен значительный материал по многолетней динамике численности, распределения и биологического состояния морских гребешков в Северо-Курильской зоне. К сожалению, большая часть этих материалов до сих пор не опубликована.

Одним из важнейших параметров, определяющих качество оценок численности исследуемого объекта, безусловно, является коэффициент уловистости используемого орудия лова. Промысел относительно глубоководных гребешков рода *Chlamys* у Северных Курильских островов ведется исключительно специализированными гребешковыми драгами. Коэффициент уловистости драги при промысле морских гребешков и других двустворчатых моллюсков определялся неоднократно, и для нескольких районов промысла.

Rоэффициент уловистости драги при промысле приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1856) в заливе Анива (Юго-Восточный Сахалин) был определен величиной не более 0,25 (Шпакова, 2001). При оценке запаса гребешка *Chlamys islandica* в Баренцевом море применяется коэффициент уловистости 0,2 (Золотарев, 2006).

Для другого крупного двустворчатого моллюска – анадары *Anadara broughtoni* (Schrenk, 1867) оценка коэффициента уловистости драги, в зависимости от биологического состояния моллюсков, варьирует от 0,15 до 0,54, составляя, в среднем, 0,24 в нерестовый и 0,49 в посленерестовый периоды (Афейчук, Соколенко, 2011). Следует учитывать, что анадара – моллюск более крупный, чем светлый гребешок, и имеет более округлую форму, вследствие чего может более эффективно облавливаться драгой.

Приведенные оценки коэффициента уловистости драги могут изменяться в зависимости от конструкции используемой драги, биологического состояния моллюсков, характера грунта, времени проведения работ и многих других факторов (Афейчук, Соколенко, 2011). Кроме того, приведенные оценки относятся к разным видам. Наиболее близок к видам гребешков, обитающих у северных Курильских островов, исландский гребешок — он имеет сходные размеры, биологию и добывается на сходных глубинах. Приморский гребешок значительно крупнее и подвижнее гребешков рода *Chlamys*, и добывается на значительно меньших глубинах. Анадара также обитает на меньших глубинах, в отличие от гребешков предпочитает илистые грунты, в которые способна закапываться, и, кроме того, существенно отличается по форме раковины.

Все это показывает, что к использованию имеющихся коэффициентов уловистости следует относиться с осторожностью, особенно, если применять их к объектам, отличным от тех, для которых они определялись. Тем не менее, обращает на себя внимание сходный порядок величин рекомендуемых коэффициентов уловистости, во всех случаях не превышающих 0,25.

Специальных работ по определению коэффициента уловистости морских гребешков у Северных Курильских островов ранее не проводилось, и при выполнении оценок запаса гребешков у северных Курильских островов применялся коэффициент уловистости драги, равный 1 — позволяющий гарантированно избежать завышения оценок запаса. Однако применение такого коэффициента так же гарантированно приводило к занижению этих оценок.

В ходе работ в районе промысла морских гребешков в районе северных Курильских островов нами были получены данные, позволившие выполнить предварительную оценку возможного коэффициента уловистости драги.

Материал и методика

Работы выполнялись на среднетоннажном судне СРТМ-К «Бриз» с использованием гребешковой драги типа CD/DRB общей шириной 2620 мм, шириной входного отверстия 2500 мм и высотой 400 мм (Рис. 1). Продолжительность одной драгировки составляла 6 минут при скорости судна 3,8–4,2 узла. В дальнейшем для расчетов нами принималась средняя скорость драгировки, равная 4,0 узла. Средняя протяженность дорожки драгирования при заданных характеристиках составляла 0,4 мили (741 метр). Учитывался улов каждой драгировки, по массе (в кг) и по численности (экз.), предварительно производился пересчет массы улова драги по соотношению в улове живого гребешка, мертвых створок и прилова.

Из-за особенностей рельефа, течений и растянутости скопления морского гребешка вдоль изобат, промысел осуществляется на сравнительно узкой полосе шельфа шириной около 200 м с глубинами около 100 м. Вследствие неравномерности распределения гребешка на обследованной акватории, при работе в промысловом режиме, добыча гребешка велась на нескольких ограниченных участках в течение длительного времени (Рис. 2).

При проведении работ по определению коэффициента уловистости драги в районе промысла были выбраны три участка (Рис. 3), на которых велся интенсивный промысел и драгировки многократно

выполнялись практически по одним и тем же дорожкам. Выбранные участки ограничивались координатами: 1) 49°34′40 с. ш. 154°43′74 в. д. – 49°34′40 с. ш. 154°43′89 в. д. – 49°34′00 с. ш. 154°43′62 в. д. – 49°34′00 с. ш. 154°43′45 в. д.

2) 49°34′85 с. ш. 154°44′25 в. д. – 49°34′85 с. ш. 154°44′45 в. д. – 49°34′34 с. ш. 154°44′10 в. д. – 49°34′34 с. ш. 154°43′97 в. д.

3) 49°33′50 с. ш. 154°43′07 в. д. – 49°33′50 с. ш. 154°43′14 в. д. – 49°33′08 с. ш. 154°42′65 в. д. – 49°33′08 с. ш. 154°42′81 в. д.

Площадь выбранных участков была рассчитана с использованием программы ГИС «КартМастер» (Бизиков, Гончаров, Поляков, 2007). В пределах каждого выделенного участка были учтены все драгировки частично или полностью попадающие в границы участка. Площадь драгировок, попадавших в выбранный учетный полигон не полностью, была принята за ? площади драгировки.

Результаты и обсуждение

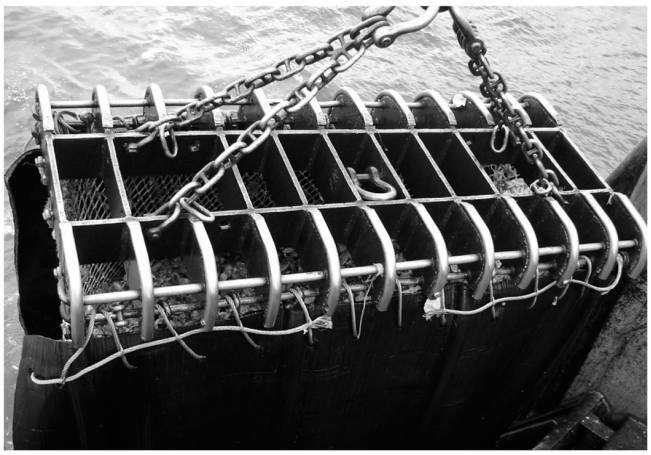


Рис. 1. Гребешковая драга типа CD/DRB

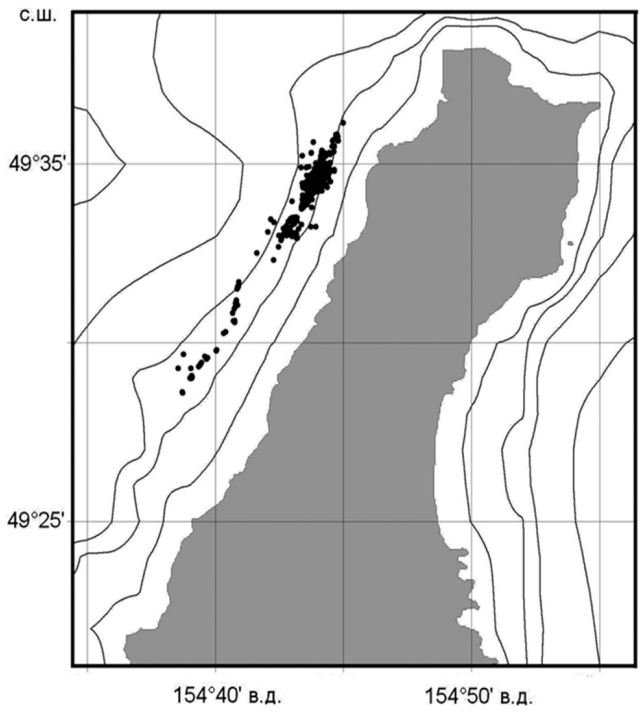


Рис. 2. Положение драгировок, выполненных СРТМ-к «Бриз» в июне – августе 2011 г. с охотоморской стороны о. Онекотан

Площадь участка № 1 составила 170 000 м^2. На данном участке было выполнено 163 драгировки, из которых 103 полностью находились в пределах участка и 60 выполнялись в пределах участка частично. Суммарная площадь всех драгировок на участке № 1 составила 246 383 м^2. Соотношение площади участка № 1 и суммарной площади выполненных на нем драгировок составило: 170 000 м^2/246 383 м^2 = 0,6900

Площадь участка № 2 составила 80 000 м^2. На данном участке выполнено 75 драгировок, из которых 57 полностью находились в пределах участка, а 18 выполнялись в пределах участка частично. Суммарная площадь всех драгировок на участке № 2 составила 122 266 м^2. Соотношение площади участка № 2 и суммарной площади выполненных на нем драгировок составило:

80 000 м^2/122 266 м^2 = 0,6543

Наиболее интенсивный лов гребешка велся на участке № 3. Площадь этого участка составила 120 000 м^2. В пределах участка было выполнено

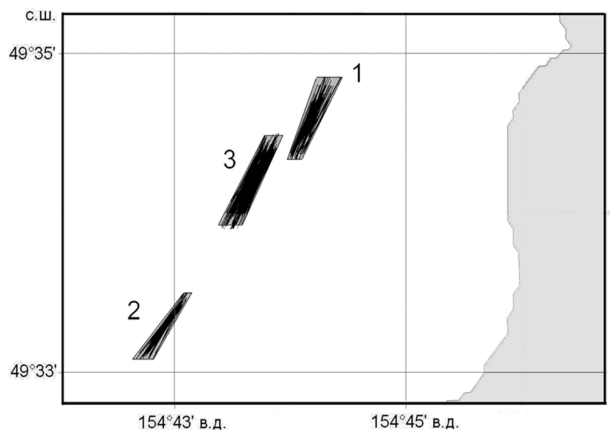


Рис. 3. Участки наиболее интенсивного промысла морского гребешка с охотоморской стороны о. Онекотан, использованные для определения коэффициента уловистости драги (номера участков даны в порядке, указанном в тексте)

349 драгировок, из которых 126 полностью находились в пределах участка, а 223 выполнялись в пределах участка частично. Суммарная площадь всех драгировок на участке № 3 составила 439 969 м^2. Соотношение площади участка № 3 и суммарной площади выполненных на нем драгировок составило:

120 000 м^2/439 969 м^2 = 0,2727

Мы исходили из предположения, что изменения промысловых нагрузок происходят при облове ограниченного изолированного запаса, достаточно равномерно распределенного по акватории, а промысловые нагрузки распределены по акватории приблизительно равномерно. По отношению к участкам плотных концентраций гребешка, который является практически неподвижным объектом, и при проводящихся в значительной мере случайно по выделенной акватории драгировках, такие допущения оправданны.

При осуществлении промысла неподвижного объекта на ограниченных участках, логично было бы ожидать постепенного снижения уловов, связанных с постепенным изъятием части гребешка и, как следствие, снижением плотности его распределения на эксплуатируемом участке. Однако анализ изменения уловов на каждом из участков в хронологическом порядке не показал, что в ходе промысла не происходило значительных изменений величин уловов (Рис. 4). Только на одном полигоне (№1) линейный тренд показал некоторую тенденцию к снижению уловов в течение периода наблюдений за промыслом. На участках № 2 и № 3 уловы в ходе промысла не только не снижались, но и показали некоторую тенденцию к росту.

Суммарная площадь драгировок на всех трех участках, как указано выше, была больше площади самих участков (примерно в 1,5 раза на участках № 1 и 2, и почти в 4 раза на участке № 3). При таком уровне покрытия драгировками участков, сохранение величин уловов практически неизменными вплоть до окончания промысла может быть объяснено только одной причиной – низким уровнем улавливаемости морского гребешка при промысле его драгой. В результате, даже после многократного покрытия драгировками ограниченного участка, численность морского гребешка на нем изменилась столь незначительно, что это практически никак не сказалось на величине уловов.

Парадоксальная тенденция к росту уловов с ходом промысла может быть достаточно просто объяснена. Во-первых, она отражает период адаптации экипажа и подгонки промыслового оборудования к условиям промысла в течение первых дней работы судна. Кроме того, по имеющимся неопубликованным данным наблюдений за поселениями морского гребешка в районе о. Онекотан из подводного аппарата в 1990 г. (М.И. Колесников, личное сообщение), на участках наиболее плотных по-

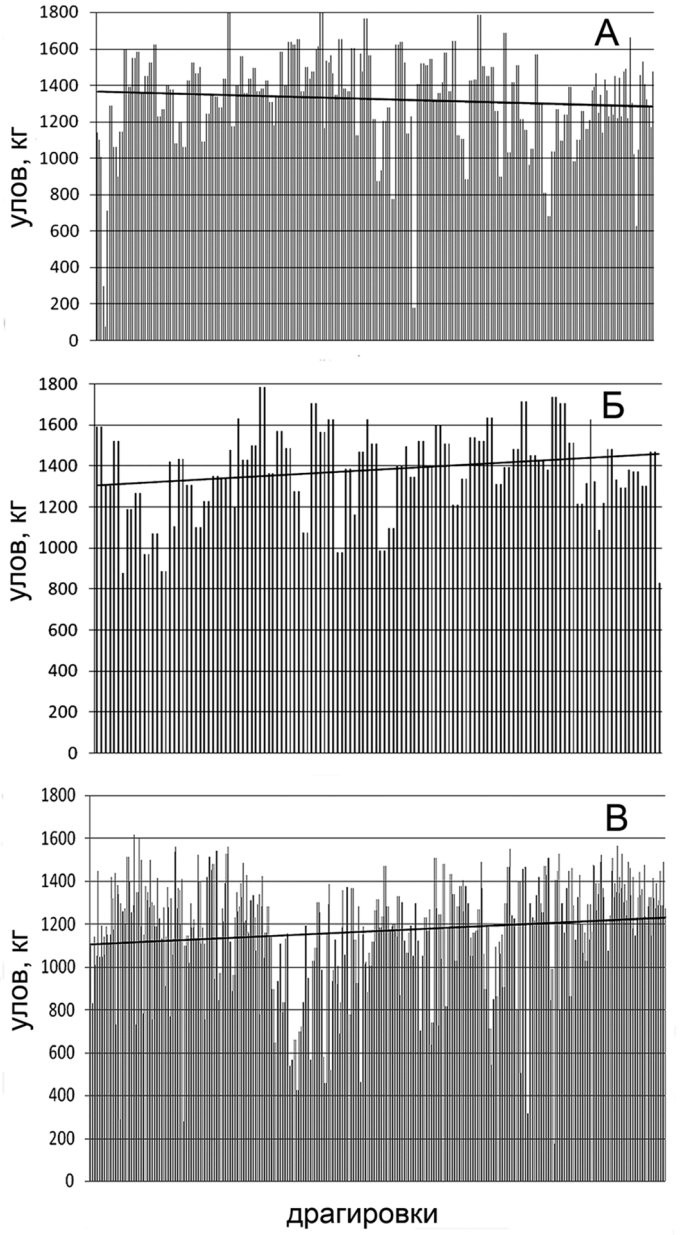


Рис. 4. Изменения уловов за одну драгировку на участках № 1 (А), № 2 (Б) и № 3 (В) с 24 июня по 14 августа 2011 г. в хронологическом порядке (без соблюдения правильной хронологической шкалы). Показана линейная линия тренда изменения величины уловов

селений морского гребешка моллюски располагаются на дне вплотную друг к другу, сидя вертикально или наклонно, прикрепившись биссусом к субстрату и образуя сплошную «щетку». Весьма вероятно, что при проведении первых драгировок, драга скользит по такому сплошному покрову гребешка, и только после того, как в результате ряда драгировок целостность покрытия гребешком дна нарушается, уловы возрастают. Если не учитывать этот начальный период невысоких уловов, можно говорить о сохранении уловов на неизменном уровне или их крайне незначительном снижении после полутора месяцев промысла.

Сопоставление полученных результатов приводит к заключению, что суммарный запас гребешка на выбранных участках многократно превышает объемы, изъятые на них в результате промысла – настолько, что изъятие практически не сказывается на величине промысловых нагрузок.

Поскольку изменения промысловых нагрузок были незначительными и не имели выраженной тенденции к падению, трудно точно определить функцию, описывающую изменение уловов и рассчитать остаток запаса, не изъятый в ходе промысла. Соответственно, мы не смогли рассчитать точный коэффициент уловистости драги. Исходя из соотношения площадей полигона № 3 и суммы драгировок на нем (0,273), даже допустив, что запас был изъят полностью, коэффициент уловистости драги может быть определен величиной 0,273. Поскольку динамика промысловых нагрузок на этом полигоне показывает, что значительная часть запаса (заведомо более $^1/_2$) не была изъята, мы условно приняли в качестве коэффициента уловистости при последующих расчетах величину 0,25 — из соображений удобства применения и как заведомо исключающую занижение коэффициента уловистости.

Поскольку промысел гребешка ведется на небольших участках и при проведении драгировок на судах продолжается работа по сортировке гребешка, часть непромысловых особей после, возвращаемых в море после сортировки, могла попадать обратно на участки проведения работ по оценке уловистости драги. Также, несмотря на существующий запрет на выброс отходов обработки (пустых раковин) в пределах 12-мильной зоны, нельзя исключать возможность, что некоторое количество пустых створок также могло попадать обратно на участки промысла (случайное попадание раковин за борт, несанкционированные выбросы и т. п.). В результате в процессе промысла может происходить накопление отходов и мелкоразмерных особей на участках промысла. Если доля мертвых раковин и молоди в уловах велика, то они могут играть роль «буфера» (части улова, величина которой не будет изменяться в ходе промысла), который может маскировать снижение улова промысловых особей.

Для того, чтобы проверить, не могли ли указанные явления повлиять на наблюдавшуюся нами картину динамики уловов в ходе промысла, было выполнено сравнение долей особей гребешка промыслового размера и общего объема улова драги на участке № 3. Для оценки использовались значения уловов 25 драгировок, выполненных полностью в пределах экспериментального участка, с интервалом между ними в 20 драгировок (около или немногим более суток). Таким образом, была оценена доля промысловых особей в улове примерно в течение месяца ведения работ на участке № 3 (Рис. 5).

В течение периода выбранного в уловах не происходило увеличения долей мелкоразмерных особей и пустых раковин. Линейная линия тренда показывала практически неизменную долю живых особей морского гребешка промыслового размера в уловах. Это, с одной стороны, косвенно подтверждает, что суда, ведущие промысел гребешка, в основном соблюдают требования природоохранного законодательства и не осуществляют выбросов на участках промысла. С другой стороны, отсутствие выраженного тренда к снижению доли промысловых особей в общих уловах драги подтверждает правильность сделанных нами ранее выводов о корректности оценки коэффициента уловистости драги. Постоянная доля живых особей промыслового размера свидетельствует о том, что на участке № 3 не произошло види-

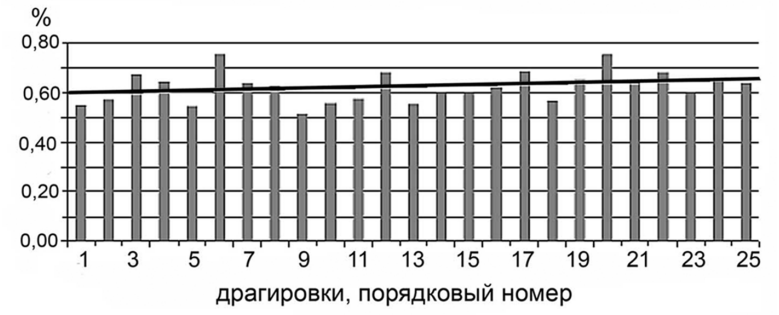


Рис. 5. Доля промысловых особей морского гребешка к общему улову драги (в %) на экспериментальном участке № 3 в ходе проведения работ по оценке коэффициента уловистости драги (пояснения в тексте). Показана линейная линия тренда.

мого снижения плотности распределения промыслового запаса гребешка, который к моменту окончания наблюдений был далек от истощения.

Выводы

Таким образом, мы считаем доказанным, что в условиях дражного промысла морского гребешка в районе северных Курильских островов коэффициент уловистости драги составляет менее 0,25. До получения более точной оценки коэффициент уловистости драги, равный 0,25 может быть принят при расчете величины запаса гребешка как заведомо не допускающий завышенных оценок. Сходные оценки коэффициентов уловистости, полученные другими авторами (Афейчук, Соколенко, 2011; Золотарев, 2006; Шпакова, 2001) позволяют надеяться, что полученные нами оценки недалеки от действительности.

Мы надеемся, что более точная оценка будет получена в ходе дополнительных работ, выполняющихся в том же районе в 2012 г.

Благодарности

Мы выражаем признательность М.В.Колесникову и С.И.Моисееву, оказавшим помощь в поиске материалов подводных наблюдений за морским гребешком.

Список литературы

Афейчук Л.С., Соколенко Д.А. 2011. Определение коэффициента уловистости драги при промысле анадары (*Anadara broughtoni* (Schrenck, 1867)) в заливе Петра Великого (Японское море) // Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки: Тез. докл. 4 Междунар. науч.-практ. конф. Южно-Сахалинск: СахНИРО. С. 128–129.

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2007. Географическая информационная система «КартМастер» // Рыб. хоз-во. Т. 9 (1). С. 96–99.

Золотарев П.Н. 2006. Динамика промыслового запаса исландского гребешка (*Chlamysislandica*) в Баренцевом и Белом морях и влияние на нее различных экологических факторов // VII Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным: Тез. докл. (Мурманск, 9–13 октября 2006 г.). М.: ВНИРО. С. 232–234.

Шпакова Т.А. 2001. К вопросу о современном состоянии ресурсов приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* Jay. в заливе Анива (Восточный Сахалин) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Матер. II науч. конф. 9–10 апреля 2001 г. Петропавловск-Камчатский: Камшат. С. 243–244.

УДК 639.22.055

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОМЫСЛА МОРСКИХ РЫБ КАМЧАТСКОГО КРАЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Антонов Н.П.

ФГУП «ВНИРО», г. Москва
Контактный e-mail: antonov@vniro.ru

Введение

Современный период развития рыбной промышленности на Камчатке наступил в 2005 г, когда в действие вступил Федеральный Закон от 20 декабря 2004 г 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» (2004). На основании этого закона создается современная нормативная правовая база управления водными биологическими ресурсами (Антонов, 2011).

В последующие годы на основании принятого закона годы были постепенно введены в действие ежегодные доли на вылов водных биологических ресурсов (Постановление…, 2003), водные биологические ресурсы разделены на виды на которые устанавливается общий допустимый улов (ОДУ) и возможный вылов (ВВ) и установлен новый принцип использования видов на которые ОДУ не устанавлива-

ется (Постановление…, 2008; Приказ…, 2008). На ряду с положительными сторонами таких нововведений имеются и отрицательные моменты. В данной работе мы рассмотрели часть вопросов возникающих при реализации распределения и добычи водных биологических ресурсов и предложили пути их решения.

Материал и методика

В работе использована существующая нормативная правовая база организации и ведения промысла водных биологических ресурсов.

Для количественных оценок вылова (добычи) использованы данные информационной системы «Рыболовство».

Результаты и обсуждение

К особенностям современного этапа промышленного использования запасов морских рыб можно отнести:

· Разделение ВБР на виды, на которые устанавливается ОДУ (квотируемые) и виды на которые устанавливается возможный вылов (неквотируемые).

· Долговременное закрепление за пользователями долей на вылов ВБР, на которые ОДУ устанавливается.

· Свободный доступ к видам водных биоресурсов (по заявительному принципу) на которые устанавливается ВВ.

Хорошо это или плохо для состояния ВБР и рационального ведения рыбного хозяйства? Рассмотрим подробнее каждый из пунктов.

Разделение ВБР на виды, на которые устанавливается ОДУ и ВВ

Вопрос о разделении видов ВБР на квотируемые и неквотируемые возник по той причине, что в соответствии с законом о государственной экологической экспертизе все прогнозы общих допустимых уловов (ОДУ) ВБР должны проходить экологическую экспертизу (Федеральный закон…, 1995).

Эту экспертизу проходили как виды водных биологических ресурсов, имеющие важную коммерческую ценность, находящиеся в хорошем состоянии, так и виды, промысел которых нерентабелен, численность невысокая или запас подорван. После вступления в действие Закона о Рыболовстве (2004) появилась возможность вывести часть видов из ОДУ. Эти виды теперь называются виды, на которые устанавливается ВВ или неквотируемые объекты, в объемы вылова – возможным выловом. Считается, что к видам, на которые устанавливается ОДУ должны относиться те, которые востребованы промышленностью или их численность находится в критическом состоянии.

Соответственно после принятия решения о разделении ВБР на квотируемые и неквотируемые появилось два перечня объектов (Постановление…, 2008; Приказ…, 2008). Эти перечни были сформированы большей частью субъективно, не имели четко установленных критериев для отнесения в ту или иную группу. В результате получилось так, что некоторые востребованные и рентабельные объекты промысла были отнесены к неквотируемым, а слабо облавливаемые и невостребованные попали в перечень видов, на которые ОДУ устанавливается.

Примером такого разделения могут послужить камбалы Камчатско-Курильской подзоны, которые были отнесены к объектам неквотируемым, хотя камбалы, обитающие в Западно-Камчатской подзоне (они относятся к одной единице запаса) попали в перечень квотируемых объектов. С 2010 г. эти камбалы были переведены в перечень квотируемых объектов (Приказ…, 2009), так как, в 2009 г. в первой половине года возможный вылов камбал в Камчатско-Курильской подзоне был полностью освоен, и потребовалось вносить корректировки в объемы ее вылова, в то время как освоение ОДУ в Западно-Камчатской подзоне было невысоким.

С другой стороны, в Петропавловско-Командорской подзоне озерные тихоокеанские сельди и навага отнесены к объектам, на которые устанавливается ОДУ. Численность их здесь невысокая, товарная ценность очень низкая, добыча нерентабельна. В течение ряда лет выделяемый ОДУ не осваивался. В 2010 г. было внесено предложение перевести эти виды в перечень объектов, на которые устанавливается ВВ (Приказ…, 2011).

Чтобы избежать такой ситуации в будущем необходимо четко представлять, по каким критериям относить виды ВБР к квотируемым.

Перечни квотируемых и неквотируемых промысловых объектов должны формироваться применительно к рыбохозяйственным бассейнам и рыбопромысловым зонам, поскольку экологическая и хозяй-

ственная ценность одних и тех же видов водных биоресурсов зависит от экологических, климатических, экономических и социальных особенностей различных регионов.

Критерии разделения объектов рыболовства должны определяться с учетом особенностей биологии, способов их добычи, невозможности обеспечения права пользования и организации промысла при помощи иных, кроме установления ОДУ мер регулирования, степени промыслового использования и экономической ценности объектов.

Главным источником информации о состоянии запасов промысловых объектов служат научно-исследовательские и мониторинговые работы. Только они могут сказать, в каком направлении изменяется величина запасов рыб. И если результаты работ говорят о том, что биомасса запаса объекта значительно снизилась, то необходимо принимать соответствующие меры к ограничению его использования, проводить мероприятия по их восстановлению. Соответственно такого можно добиться, если промысловый объект находится в перечне квотируемых объектов. Это не должно относиться к короткоцикловым видам или видам промысловый период генераций, которых составляет один – три года, таким как мойва. Величина данного критерия должна быть установлена при снижении численности более чем на 30%.

Высокая экономическая ценность видов ВБР должна служить критерием отнесения этих видов к квотируемым. На Камчатке к таким видам и группам видов рыб можно отнести тихоокеанских лососей, минтая, треску, палтусов, морских окуней, сельдь тихоокеанскую и камбал. Все эти виды и группы видов рыб востребованы промышленностью, пользуются спросом, как в России, так и за рубежом. Промысел их рентабелен.

К видам, на которые ОДУ устанавливается должны быть отнесены и те водные биоресурсы право добычи, которых в исключительной экономической зоне Российской Федерации предоставляется для иностранных государств, в соответствии с международными договорами Российской Федерации в области рыболовства и сохранения водных биологических ресурсов.

Таким образом, для включения в перечень видов водных биоресурсов необходимо использовать 3 критерия: состояние запасов, экономическая значимость, предоставление квот для рыболовства по международным договорам.

Если промысловый вид в конкретной рыбопромысловом районе (зоне, подзоне) соответствует одному из этих критериев, то он должен быть отнесён к квотируемым объектам, в противном случае на него будет устанавливаться возможный вылов.

Долговременное закрепление за пользователями ВБР долей на вылов видов ВБР, на которые устанавливается ВВ

Водные биологические ресурсы относятся к категории возобновляемых природных ресурсов. Основной задачей государственного управления ВБР является организация их рационального использования. При этом важнейшее значение имеет обеспечение соответствия ресурсного потенциала и промысловых мощностей.

Определением ресурсного потенциала ВБР занимаются отраслевые научно-исследовательские институты, основная деятельность которых определена Госконтрактом следующим образом «Осуществить комплексное изучение водных биологических ресурсов и среды их обитания, в том числе: наблюдения за распределением, численностью, качеством и воспроизводством водных биологических ресурсов, являющихся объектами рыболовства, а также средой их обитания, накопление и хранение полученной при этом информации, разработку материалов общего допустимого улова и обоснований возможного (рекомендуемого) вылова…». Алгоритм научных исследований продуктивности и определения допустимого изъятия отрабатывался на протяжении десятилетий, и смена государственного строя России принципиально его не изменила. Хотя следует признать, что качество прогнозов снизилось и основные причины этого связаны с тем, что в современный период вылов надежно не контролируется, поэтому даже реальная рекомендация по объему изъятия не может быть внедрена с ощутимой пользой, а из-за отсутствия надежных исходных данных для расчетов численности (прежде всего - статистических) расчетные методы не могут дать достаточно надежных оценок (Кузнецов, 2006), ликвидацией бассейновых промысловых разведок, значительным сокращением научно-исследовательского флота (Кокорев, 2007).

На современном этапе значительные проблемы рыбной отрасли связаны с распределением ОДУ между пользователями. В связи с переходом от плановой системы Государственного управления рыбными запасами к рыночной экономике до сих пор не отрегулированы вопросы взаимодействия государственного управления с коммерческими рыбодобывающими организациями.

До 2001 г. квоты на вылов распределялись между субъектами Федерации приморских областей, затем между предприятиями внутри субъектов. Такой механизм распределения квот был достаточно зак-

рытым и способствовал значительным злоупотреблениям. В 2001 г. по инициативе Минэкономразвития было решено 21% квот, включающих наиболее востребованные объекты, продавать на аукционах. При этом не выкупленные российскими предприятиями ресурсы могли выкупать иностранные компании. Проведенные в течение 3-х лет аукционы дали возможность пополнить бюджет страны на 34,4 млрд рублей.

Однако, этот механизм распределения квот имел свои недостатки. В аукционах смогли принять участие в основном только крупные рыбопромышленники, значительную долю квот приобрели иностранные судовладельцы, рыболовные компании, стремясь компенсировать расходы на покупку ресурса, усилили браконьерский промысел.

Закрепление долей за предприятиями было основано на принципе учета итогов промышленной деятельности предприятия в течение 3-х последних лет. Результаты аукционов были учтены как базовые при закреплении долей. В 2004 г. доли были закреплены за предприятиями на 5 лет (Постановление…, 2003), а с 2009 г., после вступления в действие Федерального закона от 03.12.2008 N 250-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (2018) доли закреплены на 10 лет (Приказ…, 2008а).

Принятые законодательные акты о долевом распределении ресурсов между пользователями сыграли свою положительную роль. Рыбопромышленные предприятия теперь могут планировать свою многолетнюю деятельность, строить и модернизировать флот, развивать переработку. Однако и долевое распределение квот имеет свои недостатки. Оно не упразднило основное противоречие между ресурсным потенциалом и промысловыми возможностями (Макоедов, Кожемяко, 2007).

Рассмотрим основные недостатки механизма долговременного закрепления долей за предприятиями на примере Камчатского края. В 2008 г. на ближайшие 10 лет для участия в прибрежном рыболовстве доли получили 132 предприятия, для участия в промышленном рыболовстве — 80 предприятий. При этом величина долей имеет очень широкий диапазон. Так, при общем объеме в 2010 г. квотируемых видов рыб 730 тыс. т максимальный объем квоты для предприятия составил 136 тыс. т, минимальный — 0, 013 тыс. т. Общая картина распределения квот по предприятиям Камчатского края представлена на рисунке.

Очевидно, что в достаточном объеме квотами обеспечено незначительное количество предприятий. Если учесть, что необходимый объем квоты для рентабельной работы судна типа МРС составляет около 1000 т (Буслов, 2006), то оказывается, что 68 предприятий из 145 ведут промысел себе в убыток, и это при условии, что у них в собственности имеется одно судно. Многие предприятия имеют более одного судна, следовательно, количество предприятий не имеющих достаточного ресурсного обеспечения, еще больше.

Фактически предприятия, имеющие недостаточные объемы ресурсного обеспечения, на практике реализуют 3 варианта: приобретение дополнительных объемов квот на вылов рыбы у других предприятий, продажа своих квот, работа на имеющемся объеме квот. Работая по первому варианту, с приобретением дополнительных квот, предприятие будет стремиться вернуть затраченные на приобретение квот средства за счет сверхлимитного вылова. Работая по второму варианту, с продажей квот, пред-

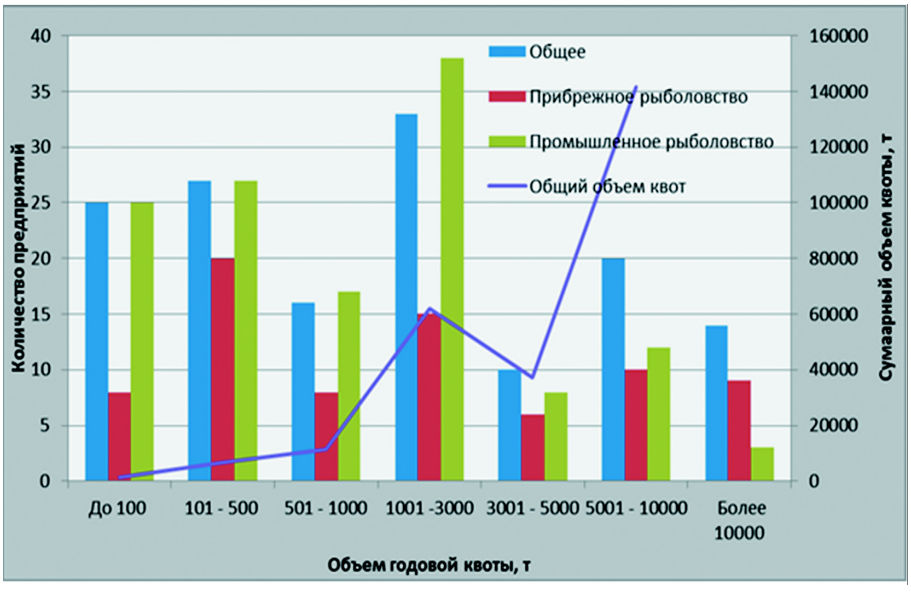


Рис. Распределение квот по предприятиям Камчатского края на 2010 г. (Для предприятий, имеющих объем квоты более 10000 т — суммарный объем квот 469129 т.)

приятие становится рантье, ничего не производит, но получает прибыль от реализации квот. Такие предприятия, даже не имея в собственности судов, сумели показать полное освоение выделенных им квот, и при следующем распределении долей опять попали в число пользователей. Работая по третьему варианту, на минимальной квоте, предприятие для покрытия расходов на эксплуатацию судна, зарплату экипажа, а также на обеспечение «лояльных» проверок, выделенную квоту перелавливает в разы.

Таким образом, наличие у предприятий недостаточного объема ресурсного обеспечения, провоцирует судовладельцев на переловы, что негативно сказывается на состоянии запасов водных биоресурсов. Поэтому минимальная квота, дающая формальную возможность для выхода судна на промысел должна быть заменена на научно обоснованный ресурс для экономически оправданного пребывания судна на промысле (Шевченко, Беляев, 2009).

Предприятия, имеющие достаточный объем квот, также нередко допускают значительный перелов объектов промысла. Наглядным примером служит промысел преднерестовых и нерестовых скоплений минтая в зимне-весенний период в Охотском море. В странах Юго-Восточной Азии большим спросом пользуется икра минтая. Поэтому для получения максимального выхода икры, мелкоразмерные особи, а иногда и крупные самцы, попросту выбрасывается за борт. В отдельные годы количество выброшенной рыбы может достигать 50% от годового вылова (Балыкин и. др., 2004).

Для устранения указанных недостатков необходимо:

- избавиться от предприятий-рантье, для чего ввести условие добычи не менее 50% квоты с использованием собственного флота, в противном случае необходимо лишать предприятие закрепленных долей;
- установить нижний уровень объема квоты, с целью обеспечения судовладельцев достаточным для промысла ресурсом;
- при регулировании промысла уделить основное внимание рыболовному усилию, определяемому их числом и мощностью, так как проконтролировать рыболовное усилие в определенном районе гораздо проще, чем величину и состав улова.

Свободный доступ к ВБР (по заявительному принципу) на которые устанавливается ВВ

Выведение части видов ВБР из ОДУ имеет своей целью более полное использование их запасов и привлечение в промысел предприятий, которые могут рентабельно использовать добытые ресурсы. Предприятия, пожелавшие вести промысел неквотируемых видов получают разрешение на их вылов, причем объемы вылова не устанавливаются. Промысел ведется по так называемой «олимпийской системе». По достижении 100% освоения добычи промысел прекращается.

Контроль освоения установленной величины возможного вылова практически не ведется. Основным источником информации о вылове служит Отраслевая система мониторинга, в которую все, кто ведет промысел, обязаны представлять информацию о свой производственной деятельности, в том числе и о вылове. Но если, все крупно- и среднетоннажные суда обязаны ежесуточно представлять такую информацию в Центр системы мониторинга рыболовства и связи, то большая часть малотоннажных судов, все маломерные суда и рыбопромысловые участки такую информацию не представляют. За них это делают предприятия, которые два раза в месяц в вышеназванный центр отправляют информацию о деятельности своих судов и рыбопромысловых участков.

При ведении интенсивного промысла неквотируемых объектов за 15 дней, после представления последней информации о вылове можно выловить и переловить достаточно большое количество этих биоресурсов. Ответственности за перелов не наступает.

Формально неквотируемые виды рыб могут осваиваться на 100 %. На практике промысел видов рыб, на которые устанавливается ВВ, ведётся в той же мере слабо, как он велся раньше. Высокие цифры освоения неквотируемых ресурсов, за редким исключением, объясняются совсем другой причиной. У рыбаков это называется «перекрасить» рыбу. При промысле такой рыбы как треска, в улове встречаются в качестве прилова бычок или скат, которые не пользуются спросом. Треска — вид, на который устанавливается ОДУ, квота вылова на него установлена и не может быть превышена. Бычки и скаты — объекты, на которые квоты не устанавливаются, промысел их можно вести практически без ограничений. Ограничением является лишь установленная величина годовой добычи.

Предприятие, которое имеет низкий размер квоты на вылов рыбы, планирует вести его промысел как можно дольше. Поэтому часть улова трески в отчетных документах «перекрашивается» в бычков или другой вид рыбы, на который ОДУ не устанавливается. Отследить это на всех судах невозможно,

поэтому такая «раскраска» широко распространена, особенно в прибрежном рыболовстве, когда добытая рыба сдается на переработку на собственные предприятия. Так в 2009 г. на западном побережье Камчатки (Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская подзоны) было добыто 3322 т бычков, а произведено продукции из них всего 138 т., за 9 месяцев 2010 г. эти цифры составили еще большую разницу, соответственно 7954 и 61 т.

Для решения вопроса о рациональном, именно рациональном, а не произвольном, распределении квот, необходимо учитывать особенности соотношения видов в донном ихтиоцене и доступности их орудиям лова.

Лишь некоторые в основном пелагические, да и то условно, промыслы (сельдевый, минтаевый) являются одновидовыми. Большая часть промыслов, особенно донных, на практике оказываются многовидовыми. Если же учесть, что в водах омывающих Камчатский полуостров количество промысловых объектов более 40 видов, а количество их внутривидовых группировок еще больше, то становится очевидным, что на практике нереально добиться независимого изъятия объектов в соответствии с установленными квотами.

На многовидовых промыслах, особенно в ситуациях, когда на долю прилова приходится до 1/3-1/2 улова и даже больше, наиболее приемлемым путем регулирования промысла является, так называемые, сблокированные квоты. И если объемы квот, на которые ОДУ устанавливается, зафиксированы, то в отношении неквотируемых объектов имеется возможность установить их величину, в зависимости от долевого распределения в многовидовом промысле. Этот принцип должен быть положен в основу распределения вылова рыб, на которые устанавливается ВВ. Для всех промысловых районов прикамчатских вод имеются многолетние научные данные, которые позволяют для всех видов промысла определять соотношение видов в уловах.

В случае, если ведется специализированный промысел неквотируемых объектов его вылов необходимо регулировать ограничением количества промысловых усилий (ограничение количества судов, ограничение сроков промысла и т.д.)

Применение принципов распределения квот в соответствии с многовидовым промыслом позволит с одной стороны рационально управлять запасами морских рыб, с другой избегать неучтенного вылова, получать достоверную промысловую статистику и производить безотходную переработку гидробионтов.

Заключение

Эффективная реализация механизма долевого распределения квот между пользователями может быть обеспечена использованием собственного флота при освоении квот, установлением научно обоснованной величины минимальной квоты добычи (вылова) водных биоресурсов и оптимальных сроков промысла квотируемых объектов. При ведении многовидового промысла неквотируемых рыб должна устанавливаться научно-обоснованная величина их вылова по соотношению в уловах и должна корреспондироваться с объемами квот предприятий (судов) для видов, на которые устанавливается ОДУ. При специализированном промысле неквотируемых видов следует ограничивать промысел количеством промысловых усилий.

Список литературы

Антонов Н.П. 2011. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. М.: ВНИРО, 244 с.

Балыкин П.А., Бонк А.А., Буслов А.В., Варкентин А.И., Золотов А.О., Терентьев Д.А. 2004. Потери улова на промыслах Дальнего Востока и возможности их уменьшения // Экономические проблемы развития рыб. пром-сти и хоз-ва России в свете реализации Концепции развития рыб. хоз-ва РФ до 2020 г. М.: ВНИЭРХ. С. 78–86.

Буслов А.В. 2006. Возможность организации и регулирования многовидового рыболовства в современных условиях на примере Петропавловско-Командорской подзоны (Восточная Камчатка) // Вопр. рыболовства. Т. 7. № 2 (26). С. 267–276.

Кокорев Ю.И. 2007 О проблемах и перспективах развития перерабатывающего комплекса страны в рамках проекта Федерально-целевой программы // Рыб. хоз-во. № 5. С.18–22.

Кузнецов В.В. 2006. Система регулирования рыбного промысла на основе синтеза различных подходов. // Вопр. рыболовства. Т. 7. № 2 (26). С. 208–221.

Макоедов А.Н., Кожемяко О.Н. 2007. Основы рыбохозяйственной политики России. М.: ФГУП «Нац. рыб. ресурсы», 480 с.

Постановление Правительства РФ от 20.11.2003 № 704. «О квотах на вылов (добычу) водных биологических ресурсов» // «Российская Бизнес-газета». № 47. 02.12.2003.

Постановление Правительства РФ от 25.08.2008 № 643 «О подготовке и заключении договора пользования водными биологическими ресурсами, которые отнесены к объектам рыболовства и общий допустимый улов которых не устанавливается» (вместе с «Правилами подготовки и заключения договора пользования водными биологическими ресурсами, которые отнесены к объектам рыболовства и общий допустимый улов которых не устанавливается») // «Российская газета», № 183, 29.08.2008,

Приказ Росрыболовства от 02.10.2008 № 219 «Об утверждении Перечня видов водных биологических ресурсов, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов» // «Бюл. нормативных актов федеральных органов исполнительной власти», № 45, 10.11.2008

Приказ Росрыболовства от 19.04.2011 № 386 «Об утверждении Перечня видов водных биологических ресурсов, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов»// «Российская газета», № 135, 24.06.2011.

Приказ Росрыболовства от 20.10.2008 № 259-дк «Об утверждении перечней заявителей, за которыми закрепляются доли квот добычи (вылова) водных биоресурсов на 2009–2018 годы»

Приказ Росрыболовства от 30.09.2009 № 879 «Об утверждении Перечня видов водных биоресурсов, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов» // «Российская газета», № 199, 21.10.2009.

Федеральный закон от 03.12.2008 № 250-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» // «Российская газета», № 251, 09.12.2008.

Федеральный закон от 20.12.2004 № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» // «Российская газета», № 284, 23.12.2004

Федеральный закон от 23.11.1995 № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» // «Российская газета», № 232, 30.11.1995.

Шевченко В.В., Беляев В.А. 2009. Биоэкономика промышленного рыболовства Баренцева моря // Мурманск, Мурман. гос. ун-т, 306 с.

УДК 639.22.055

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫСЛА САЙРЫ И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ПРОГНОЗОВ

Байталюк А.А.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток

Контактный e-mail: baitaluk@tinro.ru

Введение

Тихоокеанская сайра является, наверное, одним из немногих видов водных биологических ресурсов на Дальневосточном бассейне, имеющих столь продолжительную историю лова и не утративших промысловой значимости, а также не требующих до настоящего времени никаких специальных мероприятий направленных на восстановление популяций или сохранение их численности. Более того, её важность в структуре российского вылова и вылова стран азиатско-тихоокеанского региона поступательно увеличивается. В том числе это происходит за счёт интенсивного развития промысла в открытых водах северо-западной части Тихого океана.

История Советского/Российского промысла насчитывает более половины века. Первые уловы были получены в августе 1955 г., когда СРТ «Белорецк» и зверобойные шхуны «Котик» и «Пенза» оснащённые конусными подхватами и простейшим световым оборудованием провели поисковые работы и облов скоплений от о. Симушир до Сангарского пролива. За прошедшее время отечественный промысел значительно изменился, менялись типы промысловых судов, орудий лова и светового вооружения, тактика и стратегия лова. Это сказывалось и на величине вылова и на экономических показателях работы, в том числе через снижение непроизводительных потерь времени. В результате от 9 т в 1955 г. вылов вырос до 110 тыс. т в 2007 г.

В то же время устойчивого непрерывного роста вылова не происходило, в этот период он значительно изменялся, демонстрируя то рекордные показатели прироста, то столь же быстрое сокращение. Конечно, имея сходные причины, в том числе динамику запасов и региональные особенности развития фоновой ситуации, подобные изменения происходили у всех стран. Но только для отечественного вылова эти колебания имели значительный размах, связанные с глобальной переориентацией добывающего флота на добычу других видов или даже других групп гидробионтов. Однако, даже исторические или существующие показатели вылова могли быть не достигнуты без развития методов и методологий прогнозирования, вложения значительных сил и средств в научно-информационное обеспечение промысла этого чрезвычайно сложного с точки зрения прогнозирования объекта.

Материал и методика

В работе использованы материалы, собранные в ходе научно-исследовательских рейсов ТИНРО/ТИНРО-Центр в тихоокеанских водах Курильских островов и сопредельных водах и при осуществлении научно-информационного обеспечения сайрового промысла специалистами ТИНРО/ТИНРО-Центра на добывающих и обрабатывающих судах. Также использованы литературные данные и данные, полученные по системе «Рыболовство» и в рамках научно-технического сотрудничества России со странами азиатско-тихоокеанского региона.

Результаты и обсуждение

Для отечественного промысла можно выделить три временных периода, включающих три элемента — рост вылова, его стабилизацию и снижение. В целом эти периоды укладываются в 1960 — первую половину 1980-х гг., вторую половину 1980-х – конец 1990-х гг. и третий период, пришедшийся на последнее десятилетие (рис. 1). Однако причины подобных изменений для этих периодов различны, и помимо естественных природных факторов, лежат в области неприродных — технических и экономических, прогнозировать которые невозможно. Так, помимо изменения промысловой обстановки и соответственно эффективности промысла, рост вылова сайры во второй половине 1970-х и 1980-х гг., напрямую связан с увеличением количества добывающих судов, а его снижение было обусловлено в том числе и экономическими причинами, а именно переориентацией флота на кошельковый промысел сардины. Показательна ситуация и второй половины 1990-х гг., когда разрушение налаженных схем снабжения и научного обеспечения работы флота, происходившие на фоне снижения запасов и ухудшения промысловой обстановки привели к значительному росту непроизводительных затрат времени и падению вылова (Baytalyuk, 2002). Значительная часть флота в это время была переориентирована на добычу валютоемких видов или видов, промысел которых оказался на тот момент более рентабелен.

Однако в целом, исключая экстремальные ситуации, существуют две группы факторов влияющих на успех или неуспех промысла и в конечном итоге на величину вылова. Во-первых, это динамика чис-

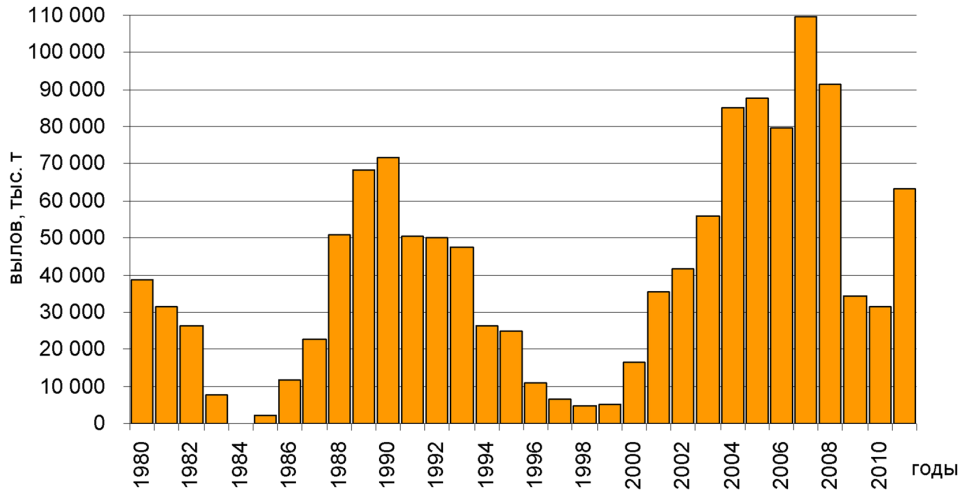


Рис. 1. Динамика отечественного вылова сайры в 1980–2011 г.

ленности — величина запасов, а также их структура, что не может не сказаться на эффективности промысла. Во-вторых, это фоновые условия, определяющие как глобальное направление миграций и их интенсивность, так и формирование, и положение участков с комплексом условий благоприятных для образования промысловых скоплений.

Несколько последних лет, после значительного увеличения, происходило снижение численности и биомассы сайры в северной части Тихого океана. Так по данным траловых съёмок в 2009–2010 гг. общая биомасса сайры снизилась до уровня ниже среднемноголетнего (Сайра-2012, 2012; Аноним, 2010). В 2011 г. произошло её увеличение, хотя среднемноголетний уровень не был достигнут. Сходно менялись показатели характеризующие величину мигрирующего запаса — индекс обилия, полученный по материалам визуальных учётов на световых станциях в ИЭЗ России и сопредельных водах (рис. 2) и индекс подхода, полученный по материалам дрифтерных учётных работ в открытых водах у границы ИЭЗ России (Аноним, 2011).

Эти изменения негативно сказались на величинах вылова, в том числе отечественного. Так, в период с 2008 по 2010 гг. общее падение вылова всех стран составило порядка 200 тыс. т, или более 30%. Выловы отдельных стран снизились от 30 до 65 тыс. т. Подобная ситуация с быстрым снижением вылова наблюдалась как минимум дважды — во второй половине 1960-х гг. (Kosaka, 2000) и, наиболее близко к современному периоду, в 1998–1999 гг. В последнем случае уловы стран в 1998 г. по сравнению с 1997 г. сократились на 26–72%, а общее падение вылова, который в 1997 г. был 364 тыс. т, составило 53%. Восстановление объёмов вылова произошло столь же быстро, к 2001 г. общий вылов достиг 362 тыс. т. Однако подобные стремительные изменения редки сами по себе, что обусловлено особенностями структуры поколений, которые формируются за счёт трёх генераций, различных по местам воспроизводства. Это страхует вид от катастрофичного падения запасов, подобных происходящим у сардины и скумбрии (Беляев, 2003).

Надо особо отметить, что само по себе колебание величины запасов не является тем единственным фактором, определяющим величину вылова, как национального, так и общего. Конечно, значительное падение запасов не может не отразиться на величинах вылова, но в большой степени на это влияет и изменение структуры запаса, доминирование в нём более поздней генерации, что приводит к увеличению доли мелкоразмерных особей в уловах и делает промысел менее результативным (Байталюк, 2004; Филатов, 2007). Именно это и произошло в 2009 и 2010 гг., когда на фоне снижения запасов доля особей в возрасте 0+ (мелко и частично среднеразмерные рыбы) в уловах составляла порядка 90% (рис. 3).

Но всё же значимость отдельных факторов может быть не столь критичной для результатов путины конкретного года. Низкая величина запасов сайры как общих, так и мигрирующих в российские воды, может быть компенсирована благоприятными условиями для формирования скоплений и наоборот, что отразится на величине вылова. В целом для большинства лет фоновые условия более значимы для результативного промысла и величины вылова. Совпадение же двух групп факторов по значимости приводит к наиболее ярким последствиям, что отражается в провале промысла или его рекордным показателям. Наиболее близким примером первого является ситуация с российским про-

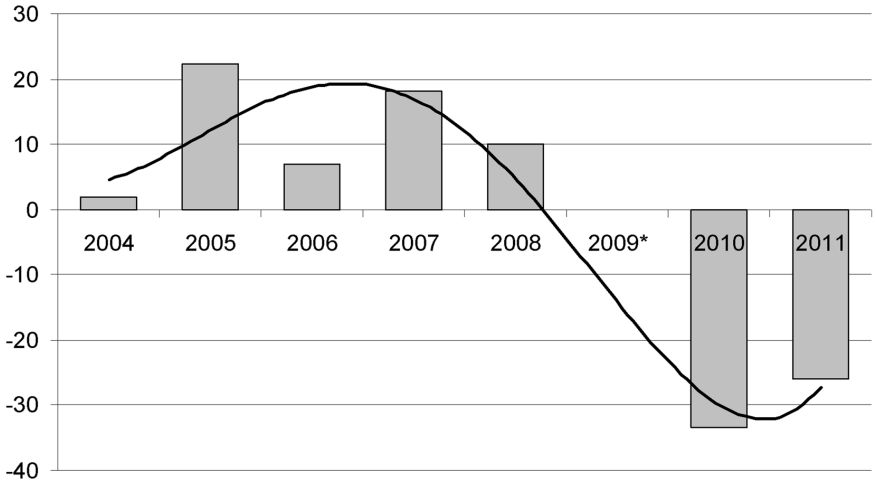


Рис. 2. Отклонение индекса обилия (экз./кмI) сайры в ИЭЗ России и сопредельных водах (%) от среднемноголетнего значения в осенний период 2004–2011 гг. (в 2009 г. оценка не проводилась, жирная линия — линия тренда)

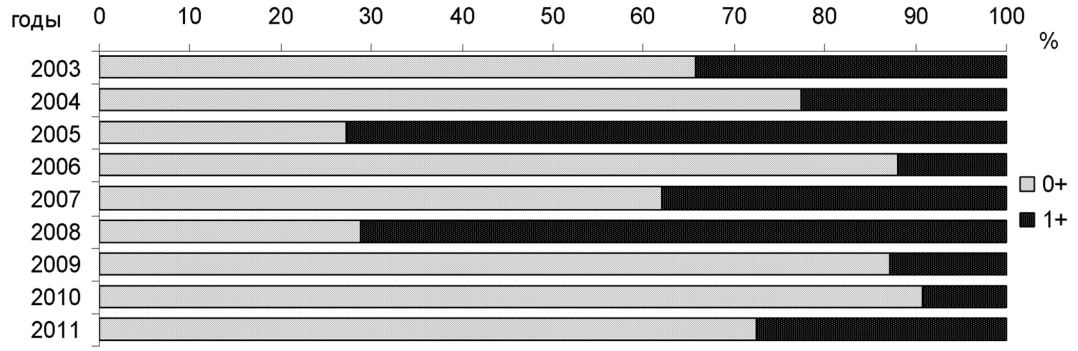


Рис. 3. Динамика соотношения различных возрастных групп сайры в уловах российского флота в 2003–2011 гг.

мыслом в 2009 и 2010 гг., когда целый ряд причин, включая указанные выше, привёл к снижению вылова по сравнению со смежными годами (табл. 1).

На примере смежных лет видно, что в 2009 г. произошло уменьшение как общего количества промысловых судосуток, так и общего вылова и эффективности промысла. При этом увеличились два показателя — максимальное количество промысловых судов и общее количество непромысловых судосуток. Рост первого показателя вполне логичен, т.к. попытки компенсировать уменьшение объёмов вылова, а он в 2008 г. по сравнению с 2007 г. снизился, за счёт увеличения производственных мощностей традиционны для многих промыслов и более того, подобный подход традиционен для экстенсивного пути развития экономики. Увеличение общего количества непромысловых судосуток на фоне почти 15% снижения количества непромысловых судосуток из-за погодных условий можно объяснить отсутствием промысловой деятельности, ростом непроизводительных потерь времени. В последние помимо траты времени на перегрузы, бункеровки, хозяйственные работы и собственно простои по плохим погодным условиям, входят и потери времени на поиск и обнаружение промысловых скоплений, позволяющих получать суточные уловы, обеспечивающие высокую рентабельность. В действительности, в 2009 г. почти на 30% увеличилось количество непромысловых судосуток по причинам не связанными с погодными условиями. Это не связано и с недостаточностью приёмных и обрабатывающих мощностей, в 2007 г. их аналогичное количество, включая береговые предприятия о. Шикотан, обеспечило вылов более чем в 2 раза превышающий вылов 2009 г. Вклад же в оставшуюся часть потерь времени за счёт бункеровок, перегрузов и хозяйственных работ не является достаточно высоким. Основа непроизводственных потерь времени формируется за счёт поиска скоплений, которые могут обеспечить эффективную, рентабельную работу судна. Их вклад особенно велик в годы с неблагоприятной или неустойчивой промысловой обстановкой, в том числе под влиянием природных факторов.

Уникальная особенность промысла сайры, позволяющая несколько нивелировать негативное влияние природных факторов, связана с многокомпонентностью циркуляционной системы в традиционном районе работ российских судов. Взаимодействие двух крупных течений — Оясио и Куросио, течения Соя, влияние вторжений тёплых трансформированных вод со стороны океана и холодных охотоморских через проливы, существование интенсивного перемешивания вод в прибрежье Курильских островов приво-

Таблица 1. Сравнение основных показателей промысла сайры российским флотом в 2008 и 2009 гг.

Показатели	Годы		Сравнение	
	2009 (А)	2008 (Б)	(А)-(Б)	(А)-(Б)/(Б) %
Максимальное количество промысловых судов	51	47	4	9
Сумма промысловых судосуток	3040	3531	-491	-14
Сумма судосуток лова	1675	2212	-537	-24
Сумма непромысловых судосуток	1365	1319	46	3
Сумма непромысловых судосуток из-за погодных условий	625	761	-109	-14
Общий вылов, тонн*	35213	93677	-58464	-62
Эффективность промысла,тонн на судосутки лова	20,2	40,2	-19,9	-50

* — промысел вёлся только в ИЭЗ России и в открытых водах северо-западной части Тихого океана

дит к формированию на большой акватории участков с комплексом условий благоприятных для образования промысловых скоплений. При этом как формирование самих участков, так и образование на них скоплений и их распад может происходить за короткий период, фактически в течение естественного синоптического периода (3–15 суток).

Возможность оперативного обнаружения скоплений с минимальными временными и экономическими потерями как раз и является особенностью позволяющей в определённой мере избежать негативных последствий для промысла от снижения запасов, изменения его структуры и неблагоприятного развития фоновых условий в масштабе региона. В основе этого внешне достаточно простого мероприятия лежит мощная научная основа — знания особенностей распределения и миграций сайры; закономерностей формирования и распада скоплений, поведения косяков в различные периоды нагула и миграций, а также при воздействии атмосферных и космофизических явлений. Эта основа в конечном итоге обеспечивает снижение непроизводительных потерь времени судов, снижение издержек и повышение рентабельности и реализуется в ходе научно-информационного обеспечения сайрового промысла.

Для определения важности научной работы достаточно отметить, что в два исторически близких периода снижения величины российского вылова — 1998–1999 и уже упоминаемый здесь 2009–2010 гг. — деятельность по научно-информационному сопровождению промысла была серьёзно сокращена, вплоть до полного её прекращения. Восстановление в 2011 г. научно-информационного сопровождения с введением условно нового элемента — использование научно-поискового судна, а после 1996 г. это первый подобный случай, позволило снизить количество непроизводительных потерь времени. В 2011 г. количество непромысловых судосуток по причинам не связанными с погодными условиями снизилось почти на 58%. Рост российского вылова составил более чем 30 тыс. т (табл. 2). Необходимо отметить, что из четырёх стран ведущих лов сайры, в 2011 г. только Япония и Россия показали прирост вылова, при этом российский прирост был наибольшим, обеспечив около 70% общего увеличения.

За много лет выработана, апробирована и успешно используется схема научно-информационного сопровождения, которую можно адаптировать к большинству промыслов. Так, в конце 1990-х гг. были получены хорошие результаты при её применении на промысле кальмара Бартрама, который также как и сайра является значительным резервом отечественного морского рыболовства на Дальнем Востоке.

Основные задачи, стоящие перед научным и информационным обеспечением направлены на обеспечение заинтересованных лиц информацией для принятия производственно-управленческих решений, сокращения экономических потерь, в том числе через снижение непроизводительных потерь времени, обеспечения капитанов судов наиболее полной информацией для принятия решений на предстоящий промысловый цикл (ночь) и достижения наилучших промысловых результатов. Эти задачи решаются через контроль существующих промысловых скоплений и поиск новых скоплений или участков с условиями благоприятными для их образования. Фактически в рамках научно-информационного сопровождения разрабатываются и реализуются краткосрочные и в меньшей степени среднесрочные прогнозы промысловой обстановки. Это конечно наиболее важные, но не единственные элементы в части мероприятий направленных на повышение эффективности освоения ресурсов сайры и их рациональное использование.

Таблица 2. Сравнение основных показателей промысла сайры российским флотом в 2010 и 2011 гг.

Показатели	Годы		Сравнение	
	2011 (А)	2010 (Б)	(А)-(Б)	(А)-(Б)/(Б) %
Максимальное количество промысловых судов	51	45	6	12
Сумма промысловых судосуток	3656	2838	818	22
Сумма судосуток лова	2225	1446	779	35
Сумма непромысловых судосуток	1431	1392	39	3
Сумма непромысловых судосуток из-за погодных условий	900	555	345	38
Общий вылов, тонн*	62222	31573	30649	97
Эффективность промысла, тонн на судосутки лова	23,0	20,0	3,0	13

* — без учёта вылова в ИЭЗ Японии (2011 г. — 89 т; 2010 г. — 139 т)

Общий прогноз развития фоновой ситуации, синоптической обстановки, прогноз величин запасов и их структуры, положения основных путей миграций даётся в рамках путинных (сезонных) прогнозов. Этот прогноз является видом краткосрочного прогнозирования, в котором моделируется развитие единовременного промысла, на период доступности вылова определенного промыслового объекта, или их групп в течение одного года (Старцев, Каредин, 2006). В рамках этого прогноза проводится предварительная оценка перспектив организации промысла в различных районах, в том числе традиционном районе - прибрежье южных Курильских островов и в районе взаимодействия первой ветви Ойясио и ветвей Куросио, а также в мористом районе.

Оправдываемость подобных прогнозов достаточно высока, так прогноз синоптической ситуации оправдывается на более чем 60%. Оправдываемость прогноза промысла и положения промысловых районов не ниже 50%. Так путинный прогноз, подготовленный для 2009 г., годом-аналогом которого был определен 2004 г. предполагал довольно удачным, с точки зрения формирования участков перспективных для образования скоплений сайры, развитием океанологической ситуации. Прогнозировалась устойчивая промысловая обстановка в августе и её улучшение в сентябре, а также высокая стабильность промысловой обстановки в октябре-ноябре.

Предполагалось, что в августе и сентябре скопления сайры будут формироваться в зоне первой ветви Ойясио в районе южнее Малой Курильской гряды. Промысловые участки в августе и первой половине сентября будут привязаны в основном к прибрежным фронтам и, возможно, к фронту течения Соя.

В августе 2009 г. гидрологическая обстановка формировалась под влиянием первой ветви Куросио. Однако фронтальный раздел на большинстве участков был малоградиентным. Только у южных островов Малой Курильской гряды перепад температур был значительным, здесь, как и ожидалось, концентрировались основные скопления сайры, и велся промысел.

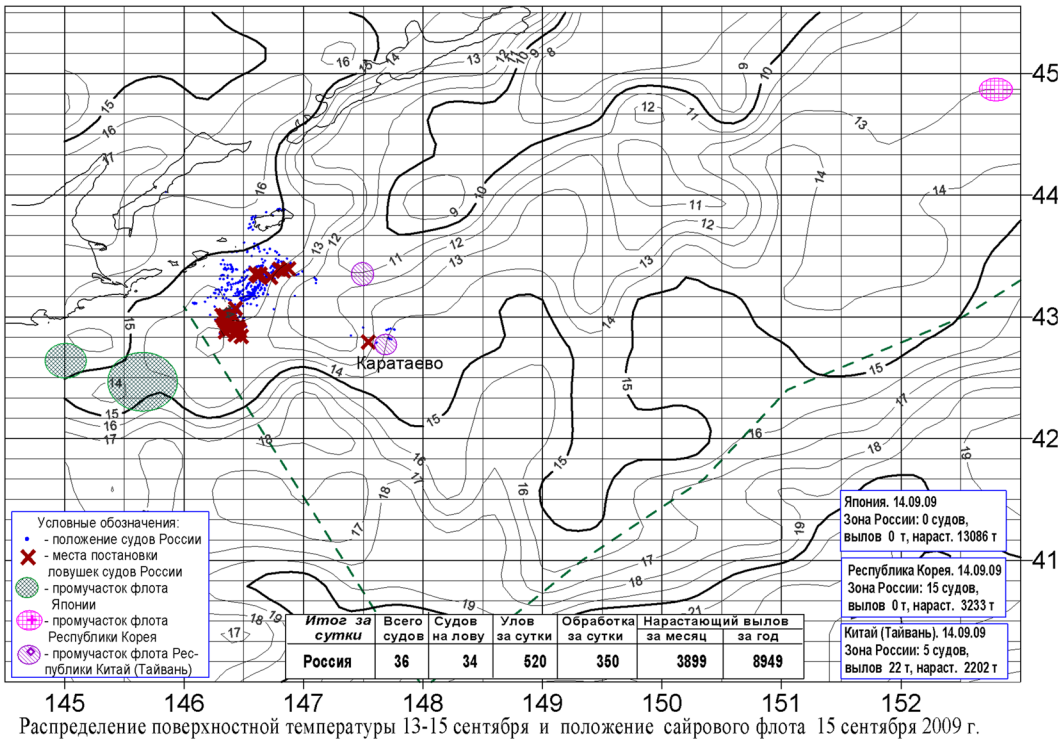
Предполагалось, что во второй половине сентября начнут формироваться скопления у северо-восточной периферии теплого вихря в зоне разделения потока Ойясио на первую и вторую ветвь, которая будет находиться примерно в 40–60 милях к юго-востоку от островов Малой Курильской гряды. При этом в зоне первой ветви Ойясио скопления промыслового характера, формирующиеся у северной периферии теплого вихря, а также в зоне прибрежных фронтов, будут отмечаться до конца сентября и в первой половине октября.

В сентябре 2009 г. фронтальная зона, образованная при схождении вод первых ветвей Ойясио и Куросио располагалась параллельно южным Курильским островам (рис. 4). Как и прогнозировалось здесь, а также в зоне взаимодействия первой ветви Куросио и второй ветви Ойясио, формировались скопления, облавливаемые российским флотом. Однако выраженных фронтальных образований не было, что обусловливало разреженность скоплений. В отличие от предыдущих лет флот работал на разреженных поверхностных полях сайры различной плотности. В этот период происходило ослабление адвекции вод Соя в Южно-Курильский пролив, что привело к выравниванию фронтальной зоны между водами Соя и водами первой ветви Ойясио, которая располагалась параллельно островам. В этот же период наблюдалось неустойчивое положение антициклонического вихря, на северной периферии которого в последние годы формировались значительные промысловые скопления. В результате усилились миграции сайры на юго-восток в зону Японии, где формировались условия благоприятные для образования скоплений.

Таким образом, прогноз положения участков благоприятных для формирования промысловых скоплений в августе-сентябре 2009 г. и предварительный прогноз эффективности промысла в целом оправдались. Однако особенности быстро меняющейся океанологической ситуации не способствовали накоплению косяков на этих участках, формированию плотных скоплений, в результате показатели промысла была ниже чем в последние годы.

Согласно прогнозу в октябре 2009 г. ожидалось формирование скоплений сайровых косяков в зоне второй ветви Ойясио в 50–100 милях к юго-востоку от о. Шикотан с дальнейшим смещением части косяков в южном направлении в открытые воды. Здесь, между 148° и 152° в.д., в октябре прогнозировалось формирование скоплений промыслового характера. Предполагалось, что плотность скоплений в ИЭЗ России и за ее пределами будет увеличиваться.

Однако в связи с отсутствием плотных устойчивых скоплений промысел велся как в районе первой ветви Ойясио, так и в районе Малой Курильской гряды, на локальных прибрежных фронтах, и в районе второй ветви Ойясио. В октябре-ноябре сохранились характерные черты гидрологического режима



Распределение поверхностной температуры 13-15 сентября и положение сайрового флота 15 сентября 2009 г.

Рис. 4. Распределение поверхностной температуры 13–15 сентября и положение сайрового флота 15 сентября 2009 г.

предыдущих месяцев. Наряду с этим возросла динамика вод течения Ойясио, заметно усилилась её вторая ветвь, условия промысла во многом определялись взаимодействием крупного антициклонического вихря и вод Ойясио. К середине октября область повышенных градиентов и районы промысла сместились на юго-восток. В отличие от предыдущих лет, в связи с размытостью полей температуры не произошло формирование промысловых скоплений восточнее 149° в.д.

Таким образом, прогноз положения участков благоприятных для формирования промысловых скоплений в октябре-ноябре 2009 г. оправдался лишь частично, а прогнозируемая эффективность промысла не была достигнута.

В тоже время необходимо отметить, что по ряду наиболее существенных факторов, определяющих количество рыбы в районе работы отечественного флота, а также плотность скоплений и их распределение в течение путины, среднесрочный прогноз с заблаговременностью 3–4 месяца не может быть дан с достаточно высокой долей вероятности. Подробный прогноз, в том числе для оперативного принятия решений по передислокации судов в новые районы возможен при оценке общего состояния и перспектив промысла в масштабе естественного синоптического периода (от 3 до 15 сут.). Это диагностика положения основных гидрологических структур, к которым приурочены скопления нагульной сайры в разрезе типового года, оценка динамики подходов и распределения рыб различных размерно-возрастных групп.

Конечно рациональное использование сырьевой базы Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна важная, но не основная составляющая путинного прогноза, в том числе для сайры. Путинные прогнозы направлены на обеспечение оптимального использования финансовых и материальных ресурсов предприятий рыбной отрасли, на рост эффективности промысла. Это достигается через предоставление информации необходимой для принятия управленческих решений различного уровня (рис. 5).

В целом схема научно-информационного обеспечения сайрового промысла складывается из следующих иерархически выстроенных элементов — прогноз величины возможного вылова или общего допустимого улова; путинный прогноз обстановки промысла; месячные прогнозы гидрометеорологической и промыслово-биологической обстановки; контроль действующих и поиск новых скоплений рыбы; обеспечение капитанов информацией для принятия решений на предстоящий промысловый цикл; индивидуальную помощь капитанам. Успешная реализация этапов научного обеспечения невозможна без соответствующего информационного обеспечения, которое в последние годы претер-

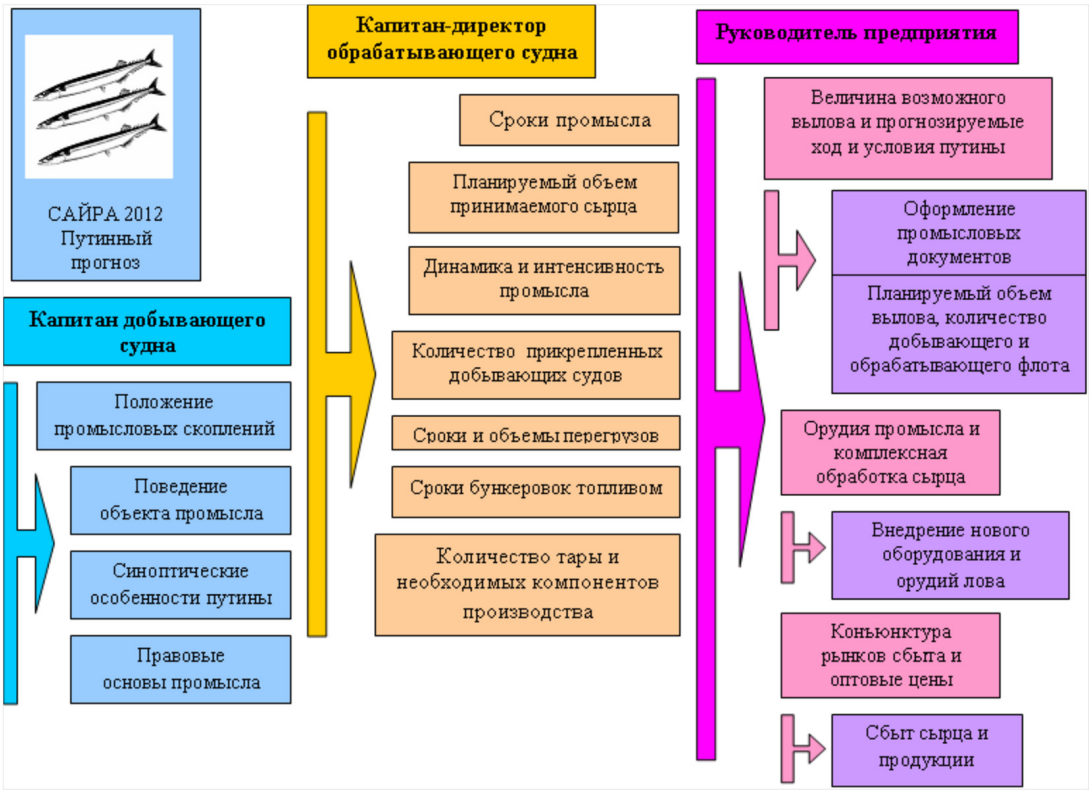


Рис. 5. Практическое применение путинного прогноза (на примере сайры) в рыбной промышленности (по Старцев, 2011, с изменениями)

пело значительные изменения. Для каждого из этих прогнозов требуется определённое информационное наполнение — выполнение учётных траловых съёмок в предпутинный период (июнь-июль) в открытых водах северной части Тихого океана. Цель — определение общей численности и биомассы, структуры запасов и пр.; выполнение учётных работ в районе ветвей Ойясио (август). Цель — определение положения миграционных потоков, величины мигрирующего в ИЭЗ запаса; периодическое выполнение поисковых работ и микросъёмок. Цель — выявление участков благоприятных для формирования скоплений сайры, обнаружение промысловых скоплений.

Заключение

Уникальная особенность промысла сайры, или особенность сайры как объекта лова в том, что это один из немногих видов 100% вылова которого идёт на внутренний рынок. При этом существующие объёмы национального вылова не обеспечивают внутренний спрос, что приводит к росту объёмов экспорта, достигающего в годы низких отечественных уловов нескольких десятков тысяч тон (Сайра-2012).

Повышение эффективности работы российского флота на промысле сайры является важной и первоочередной задачей стоящей, в том числе перед рыбохозяйственной наукой. Одним из путей этого является снижение непроизводственных потерь времени, что невозможно без точного и своевременного прогноза на всех этапах, от определения величины возможного вылова до прогнозирования особенностей промысла на ближайшую ночь.

Благодарности

Автор выражает благодарность всем сотрудникам ТИНРО/ТИНРО-Центра работавшим в сайровых промысловых экспедициях, осуществлявших научно-информационное сопровождение путин, внёсших огромный вклад в развитие методов и методологий краткосрочного прогнозирования промысловой обстановки.

Список литературы

Аноним. 2010. Годовой отчёт о совещании по исследованию ресурсов тихоокеанской сайры // Национальный рыбохозяйственный научно-исследовательский институт Тохоку, Хатинохе (на японском).

Аноним. 2011. Новости Хоккайдо по пелагическим рыбам. №8. Главное управление рыбохозяйственной науки комплексной научной организации губернаторства Хоккайдо (на японском). доступно на: http://www.fishexp.hro.or.jp/Ukiuo/2011/un1108.pdf.

Байталюк А.А. 2004. Тихоокеанская сайра (*Cololabis saira*): размерно-возрастная структура, особенности воспроизводства, динамика численности сезонных и региональных группировок // Автореф. дис. .. канд.биол.наук. Владивосток, 24 с.

Беляев В.А. 2003. Экосистема зоны течения Куросио и её динамика. Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 381 с.

Сайра-2012 (путинный прогноз). - Владивосток : ТИНРО-Центр, 2012. - 68 с.

Старцев А.В., Каредин Е.П. 2006. Путинные прогнозы // Рыб. хоз-во. № 3. С. 36–40.

Старцев А.В. 2011. Условия формирования миграционных потоков сайры в тихоокеанских водах южных Курильских островов и биологические основы путинного сайрового прогноза // Автореф. дис. .. канд.биол.наук. Астрахань, 20 с.

Филатов В.Н. 2007. Состояние и перспективы промысла сайры в начале 2000-х гг. // Изв. ТИНРО. Т. 149. С. 173–190.

Baytalyuk A.A. 2002. Stock level and fisheries condition of Pacific saury in the EEZ of Russia // Fisheries resources in the North Pacific and the East Sea of Korea // MOMAF. - Busan. Republic of Korea, P. 59–75.

Kosaka S. 2000. Life history of Pacific saury Cololabis saira find consideration of resource fluctuation based on it // Bull. Tohoku Nat. Fish. Res. Inst. № 63. P. 1–96.

Tohoku National Fisheries Research Institute. 2010. Annual report of the research meeting on Pacific saury resources // Tohoku National Fisheries Research Institute, Hachinohe (in Japanese).

УДК 639.294.053.7

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКЕ ЗАПАСА ВОДОРОСЛЕЙ

Белый М.Н.

ФГУП «МагаданНИРО», г. Магадан

Контактный e-mail: beliy@magniro.ru

Введение

Сбор материалов по методу пробных площадок является одним из наиболее распространенных в практике полевых альгологических исследований, в том числе и проводимых с использованием легководолазной техники. Однако, в литературе, как правило, дается самое общее описание этого метода, при этом важные методические аспекты не конкретизируются. Это приводит к некоторой путанице в терминах, разным ошибкам, возникающим в ходе сопоставления данных разных исследователей и последующей оценке запаса. Первопричиной этого, на наш взгляд, является слабое разграничение двух различных подходов в применении метода: классического и упрощенного.

Материал и методика

При «классическом» подходе обследование акватории проводится по намеченной сетке станций, которые равномерно распределены по всей ее площади. На каждой станции производится отбор проб при помощи учетных рамок, которые размещаются на дне без учета неравномерности распределения водорослей. Биомасса водорослей на каждой учетной станции определяется как отношение веса пробы к площади учетной рамки. Средняя биомасса водорослей на участке (Бср) определяется по формуле:

$$Б_{ср} = \frac{Б_1 + Б_2 + ... + Б_n}{n},$$

где $Б_1$; $Б_2$...$Б_n$ — биомасса объекта на учетных станциях, n — количество станций.

В этом случае неоднородность распределения водорослей по участку учитывается в расчетах через значения их биомасс на каждой учетной станции. Таким образом, точность расчета $Б_{ср}$ зависит от количества и равномерности распределения станций, а общий запас водорослей *(ЗП)* на участке рассчитывается по формуле:

$$ЗП = Б_{ср} \times ПЛ$$

$$ЗП = Б_{ср} \times ПЛ \text{ , } \textbf{(I)}$$

где *ПЛ — площадь участка*. А для показателя средней биомассы является справедливым равенство:

$$Б_{ср} = \frac{ЗП}{ПЛ}$$

При проведении альгологических съемок чаще используется второй, «упрощенный» подход. Его особенность состоит в том, что учетные площадки закладываются в пределах участка только в местах со 100% проективным покрытием водорослями. А для учета неоднородности зарослей и неравномерности их распределения вводится поправочный коэффициент *ОПП — общее проективное покрытие*, определяемый визуально как площадь дна, занятая водорослями (горизонтальной проекцией их талломов) к общей площади дна обследуемого участка. Соответственно, запас водорослей на нем будет рассчитываться по формуле, предложенной В.А. Штриком (Методические рекомендации…, 2003):

$$ЗП = M_{ср} \times \frac{ОПП}{100} \times ПЛ, \textbf{ (II)}$$

где $M_{ср}$ — средняя биомасса водорослей на 1 м^2 при 100% проективном покрытии; ОПП — коэффициент общего проективного покрытия дна водорослями, %; *ПЛ* — площадь зарослей на участке побережья.

Показатель $M_{ср}$ определяется по формуле:

$$M_{ср} = \frac{M_1 + M_2 + ... + M_n}{n},$$

где M_1; M_2...M_n — биомасса водорослей на учетных станция (при 100% *ОПП); n* — количество станций.

При этом необходимо четко разграничивать понятия «средняя биомасса водорослей» ($Б_{ср}$) и «средняя биомасса водорослей при 100% проективном покрытии» ($M_{ср}$). Из сопоставления формул **(I)** и **(II)** следует:

$$Б_{ср} = M_{ср} \times \frac{ОПП}{100} \textbf{ (III)}$$

Однако, в литературных источниках четкого разграничения этих понятий не прослеживается. Как правило, в публикациях приводятся некоторые значения величин биомассы — максимальной, средней, но не раскрывается их смысл или метод определения (Возжинская, 1965; Блинова 1968; Блинова 1969; Блинова, Возжинская, 1974; Возжинская, Селицкая (Вишневская), 1970, Суховеева, 1976 и др.). В результате, приводимые данные становятся малопригодными для анализа и сравнения, особенно в ретроспективном аспекте для оценки изменения состояния запаса.

Результаты и обсуждение

Отдельно следует остановиться на таком показателе, как коэффициент проективного покрытия, который, на наш взгляд, является наиболее влияющим фактором определении величины запаса. Во-

первых, он определяется визуально, т.е. имеет субъективный характер. Во-вторых, лентовидные представители ламинариевых — основной промысловой группы водорослей, преимущественно выстилаются вдоль дна, т.е. имеют горизонтально расположенные талломы и зачастую перекрывают друг друга. То есть талломы ламинарии, произрастающей на 1 квадратном метре дна, формируют проективное покрытие на гораздо большей площади. Также необходимо учитывать, что общее покрытие не равняется сумме покрытий видов, когда части растений перекрывают друг друга. В результате этого возникает некоторое несоответствие между понятиями «количество растений в пределах учетной рамки» и величиной площади их проективной площади. Как правило, использование визуально определяемого коэффициента ОПП приводит к неадекватной оценке запаса.

Таким образом, представляется, что методика сбора в «классическом» варианте является более корректной, так как исключает субъективные оценки сборщика, как по выбору участка, так и степени проективного покрытия. Требуя при этом, безусловно, больших затрат (и в первую очередь, времени) на проведение обследования.

В практике альгологических исследований МагаданНИРО используются оба подхода. При проведении рекогносцировочных исследований и выявлении общих закономерностей распределения макрофитов на акватории исследуемых районов применяется упрощенный метод пробных площадок. Это позволяет проводить обследование обширных площадей дна в достаточно сжатые сроки. При более детальном изучении особенностей распределения макрофитов в пределах каждого типа зарослей и типа прибрежного комплекса, уточнении пространственно-видовой структуры водорослевых сообществ, определении средних значений биомассы макрофитов и оценки их запаса, преимущественно применяется метод пробных площадок в классическом варианте.

Дальнейшая обработка данных учетной съемки может быть сведена к следующему алгоритму: оценка общего запаса — оценка промыслового запаса — определение нормы изъятия — определение объема возможного вылова. С учетом особенностей распределения водорослей представляется целесообразным введение еще одной ступени в этот алгоритм — определение промысловодоступной части запаса, от которой уже и определять уровень возможного вылова.

Проиллюстрируем это на примере исследований МагаданНИРО. Величина общего запаса ламинарии Гурьяновой в восточной части Северо-Охотоморской подзоны оценивается на уровне 29–30 тыс. т. Однако, специфика условий прибрежной зоны определяет преимущественное размещение водорослей в зарослях прибрежно-ленточного типа — около 23 тыс. т или 76% от общей величины запаса (Белый, 2004).

Прибрежно-ленточные заросли представляют собой узкие (ширина 10–50 м), сплошные или прерванные пояса водорослей, развивающиеся практически вдоль всего побережья. Местами общее проективное покрытие водорослей может доходить до 80-100%, а биомасса достигает 10–15 кг/м^2 и более. Но промысловые виды ламинариевых при этом произрастают достаточно разреженно и только местами образуют небольшие плотные скопления, которые приурочены, как правило, к резким валунным свалам. Преимущественно же прибрежно-ленточный пояс водорослей развит гораздо слабее, часто прерывист, представляя собой мозаику отдельных куртин. На значительных по протяженности участках макрофиты могут практически полностью отсутствовать. В структуре фитоценозов роль ламинариевых снижена (их средняя биомасса обычно не превышает 0,5 кг/м^2), и на первый план выходят багрянки, алярии и цистозира. Все это в совокупности определяет крайне малую пригодность этой категории зарослей для промышленного использования. Дополнительно это осложняется трудностями использования судов на малых глубинах в условиях открытого побережья и близостью к прибойной зоне (Белый, 2011).

Заключение

Таким образом, несмотря на значительную величину запаса водорослей и определяемой на этом основании величины возможного вылова, их объем, который может быть реально освоен существующими технологиями промысла, значительно меньше. Игнорирование этого влечет за собой следующие негативные последствия:

1. Некорректное информирование рыбопромышленных организаций о состоянии ресурсной базы, что проявляется в неадекватном планировании промысла и низком уровне освоения предусмотренных к вылову объемов.

2. Сосредоточение промысловой нагрузки на отдельных локальных скоплениях. Эта проблема является общей для объектов, для которых определяется возможный вылов, так как предусмотренное районирование промысла только на уровне подзон создает условия для освоения всей квоты по подзоне на небольшой ограниченной площади. Иными словами, создаются условия для локального перелова вплоть до потенциального уничтожения отдельной группировки или популяции объекта промысла при том, что уровень освоения возможного вылова объекта в целом по подзоне может быть весьма незначительным. Применительно к водорослям это усугубляется еще и оценкой возможного вылова без учета промысловой доступности ресурса.

Единственное, что не позволяет в полной мере проявиться этим моментам —– низкий современный уровень развития водорослевого промысла на Дальнем Востоке. Однако принятие мер, предупреждающих эти последствия, а, в частности, введение в алгоритм расчета возможного вылова оценки промысловодоступной части запаса, представляется своевременным и целесообразным. Возможно, что введение данного критерия может оказаться полезным и применительно к другим видам водных биологических ресурсов.

Список литературы

Белый М.Н. 2004. Ресурсы бурых водорослей прибрежной зоны Магаданской области // Состояние рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря: сб. науч. тр./ под ред. В.В. Волобуева. – Магадан: МагаданНИРО. Вып. 2. С. 435–439.

Белый М.Н. 2011. Видовой состав, особенности распределения водорослей-макрофитов в северной части Охотского моря и их значение как нерестового субстрата в районах размножения сельди: Автореф. дис. …канд. биол. наук. – Магадан, 22 с.

Возжинская В.Б. 1965. Распределение водорослей у берегов западной Камчатки// Океанология. Вып. 2. С. 17–23.

Блинова Е.И. 1968. Видовой состав и вертикальное распределение морских водорослей в Пенжинской губе (Охотское море) // Океанология. № 2. С. 279–287.

Блинова Е.И. 1969. Подводные исследования водорослевого пояса в северо-восточной части Охотского моря: в сб. Морские подводные исследования. М.: С. 114–120.

Блинова Е.И., Возжинская В.Б. 1974. Водорослевая флора и растительность залива Шелихова (Охотское море)// Тр. ВНИРО. Т.XCIX. С. 143–153.

Возжинская В.Б., Селицкая (Вишневская) Н.М. 1970. Видовой состав, распределение и запасы фукоидов в Охотском море // Тр. ИО АН СССР. Т. 88. С. 281–286.

Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне. 2003. М.: ВНИРО, 54 с.

Суховеева М.В. 1976. Видовой состав и распределение макрофитов в районах размножения сельди у северо-западного побережья Охотского моря // Изв. ТИНРО. Т. 100. С. 144–149.

УДК 639.22.053.7:597–152.6

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА НЕРКИ ONCORHYNCHUS NERKA Р. КАМЧАТКА НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ ПОКОЛЕНИЙ

Бугаев В.Ф.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: bugaev.v.f@kamniro.ru

Введение

Стадо нерки р. Камчатка (второго по численности этого вида в Азии) имеет сложную популяционную структуру. На основании анализа структуры чешуи молоди и производителей нерки, зараженности особей плероцеркоидами паразита-индикатора *Diphyllobothrium* sp., изучения роста и миграций молоди в бассейне р. Камчатка были выделены локальные стада и группировки локальных стад 2-го порядка (Бугаев, 1978, 1986, 1995; и др.) (рис. 1).

1. Группировка локальных стад ранней нерки из притоков верхнего и среднего течения р. Камчатка, молодь которых скатывается в море сеголетками — «С».

2. Группировка локальных стад поздней нерки из притоков верхнего и среднего течения р. Камчатка, молодь которых до ската в море нагуливается в районе нерестилищ и скатывается в море преимущественно в возрасте 1+ — «В».

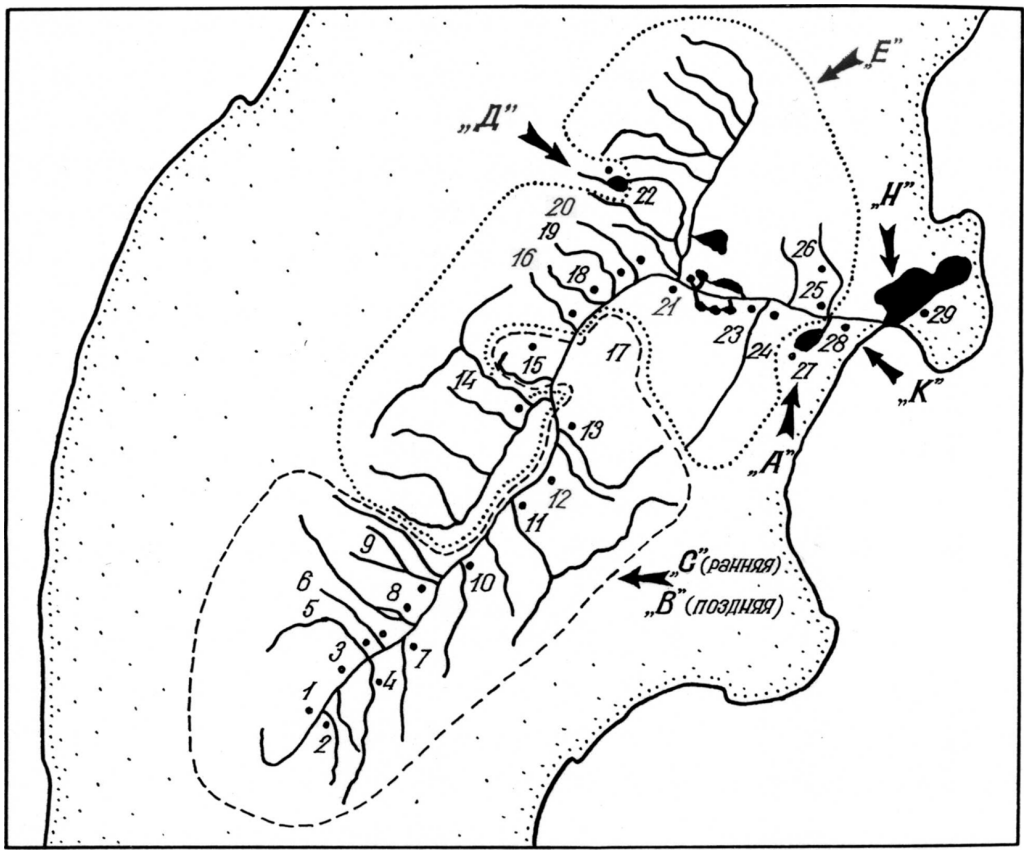


Рис. 1. Локальные стада и группировки локальных стад нерки 2-го порядка, выделяемые в бассейне р. Камчатка (по: Бугаев, 1995): 1 — р. Камчатка у пос. Пущино; 2 — р. Кашкан; 3 — р. Камчатка у пос. Шаромы; 4 — р. Кавыча; 5 — р. Андриановка; 6 — р. Жупанка; 7 — р. Вахвина Левая; 8 — р. Кирганик; 9 – р. Кимитина; 10 – р. Китильгина; 11 — р. Щапина; 12 — р. Николка; 13 — р. Толбачик; 14 – р. Быстрая-Козыревка; 15 — р. Шехлун; 16 — р. Крерук; 17 — лимнокрен оз. Ушковское; 18 — р. Крюки; 19 — р. Половинная; 20 — р. Белая; 21 — р. Еловка; 22 — оз. Двухюрточное; 23 — р. Большая Хапица; 24 — р. Малая Хапица; 25 – р. Радуга; 26 — оз. Низовцево (бассейн р. Радуга); 27 — оз. Азабачье; 28 — оз. Курсин; 29 — р. Солдатская (бассейн оз. Нерпичье)

3. Локальное стадо нерки оз. Азабачье, молодь которого скатывается из озера в море преимущественно в возрасте 2+ — «А».

4. Группировка локальных стад нерки из притоков среднего и нижнего течения р. Камчатка молодь которых сеголетками мигрирует в оз. Азабачье, где нагуливается до ската в море и скатывается в море в основном в возрасте 1+ — «Е».

5. Локальное стадо нерки оз. Двухюрточное, молодь которого скатывается из озера в море преимущественно в возрасте 2+ — «Д».

6. Группировка локальных стад нерки из притоков среднего и нижнего течения р. Камчатка (район воспроизводства группировки «Е») молодь из которых в небольшом количестве (оценка по половозрелым рыбам — 8–9%) сеголетками мигрирует на нагул в оз. Нерпичье и скатывается в море преимущественно в возрасте 1+ (группировка «Н»); локальное стадо оз. Нерпичье, молодь которого скатывается в море преимущественно в возрасте 1+ (стадо «Н»). Особи группировки «Н» и стада «Н» не дифференцируются в уловах. При анализе динамики численности, группировки «Е» и «Н» рассматриваются совместно.

7. Локальное стадо нерки оз. Курсин, молодь которого скатывается из озера в море главным образом в возрасте 1+ — «К».

Неравномерное влияние коммерческого промысла на субстада нерки (отличающихся возрастным составом) крупных сложных речных или озерных систем, является обычным явлением и может приводить к различиям в возрастном составе особей из уловов и на нерестилищах. Возрастной состав последних, в существенной мере, определяет численность будущих поколений, особенно в тех случаях, когда популяции разных районов воспроизводства значительно различаются возрастным составам и особенностями динамики численности (Koo, Smith, 1960; Henry, 1961; Rogers, 1987; Rogers et al., 1991; Бугаев, 1982, 1987, 1995, Бугаев, Дубынин, 2002; Бугаев, 2011; и др.).

Именно по этой причине в основных стадах нерки Бристольского залива (оз. Илиамна, оз. Кларк, система озер р. Вуд и др.) уже многие десятки лет изучается возрастной состав нерки как уловов, так и всех основных нерестилищ и нерестовых притоков; расчет численности поколений делается по средневзвешенным значениям возрастной структуры уловов и численности нерестовой части стада (Rogers, 1987; Rogers et al., 1991). В небольших озерах и речных системах, где производители из отдельных притоков значительно не отличаются возрастным составом, возрастной состав рыб из промысловых уловов и производителей на нерестилищах значительно совпадают и находятся в пределах ошибки определения возраста (Бугаев, 1995, 2011).

В крупнейшем азиатском стада нерки р. Озерная, из-за того что ее воспроизводство практически 100% осуществляется в бассейне одного оз. Курильское, существенных различий в возрастном составе уловов и репродуктивной части стада не обнаружили (Бугаев, Дубынин, 2002; Бугаев, 2011; и др.).

Как показали исследования В. Ф. Бугаева (1982, 1987, 1995, 2011; и др.), нерка р. Камчатка является одним из мировых «рекордсменов» по несовпадению возрастного состава уловов и репродуктивной части стада, т. к. из нее в море одновременно в массовых количествах скатывается молодь нерки в возрасте сеголетков (0+), годовиков (1+) и двухгодовиков (2+). Нигде в мире среди высокочисленных стад нерки такого массового ската нерки в возрасте сеголетков (иногда дающих достаточно высокие возвраты), не существует (Wood et al., 1987; Burgner, 1991; Бугаев, 1995, 2011; и др.).

Автор настоящей работы, при анализе динамики численности нерки р. Камчатка на уровне отдельных локальных стад и группировок, возрастной состав уловов и нерестовой части стада, как и американские и канадские исследователи (Henry, 1961; Narver, 1968; Rogers, 1987; Rogers et al., 1991; и др.), изучающие нерку крупных и сложных озерно-речных систем, суммирует. Многие годы прогнозирование численности нерки р. Камчатка шло именно с учетом этого факта (Бугаев, Остроумов, 1986; Bugaev, 1987; Бугаев, 1995; Бугаев, Дубынин, 2002; и др.).

Тем не менее, начиная с 2003 г., по решению объединенного Ученого Совета ВНИРО-КамчатНИРО, прогнозирование численности нерки р. Камчатка стали вести с учетом возрастного состава только промысловых уловов (как и по стаду нерки р. Озерная и другим видам лососей). Применявшийся с 1981 г. способ прогнозирования нерки р. Камчатка по субпопуляциям (Бугаев, Остроумов, 1986; Bugaev, 1987; Бугаев, 1995) не вписывался в те методы, какими прогнозировали всех тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке, и вызывал массу нареканий у экспертов к специалистам КамчатНИРО. Утвержденный в 2003 г. метод прогнозирования нерки р. Камчатка по промысловым уловам используется и по настоящее время.

В связи с экстремально сильным пеплопадом от вулкана Шивелуч, прошедшим над оз. Азабачьим в ночь с 9 на 10 мая 2004 г. и неизбежной последующей вспышкой численности нерки р. Камчатка в 2009–2012 гг. (Бугаев, 2009, 2011), обсуждение поднятой проблемы автор отложил до тех пор, пока не пройдет пик эффекта фертилизации водоема, что могло расширить пределы изменчивости численности поколений нерки р. Камчатка и сделать выводы более универсальными. После пеплопада 2004 г., 9 мая 2006 г. (влк Безымянный), 8 декабря 2008 г. (влк Ключевской), 27 октября 2010 г. (влк Ключевской) и 9 марта 2012 г. (влк Безымянный), над оз. Азабачье прошли пеплопады, но все они по количеству выпавшего пепла были несопоставимы с таковым 2004 г.

К настоящему времени накопился достаточно продолжительный ряд наблюдений, чтобы сравнить оценку численности поколений по двум подходам к прогнозирования: по возрасту репродуктивной части стада и по возрастному составу уловов. В работе учтен вылом дрифтерным промыслом в 1957-1994 гг. (Бугаев, 1995; 2011) и в 1995–2011 гг. (Бугаев А., 2011).

Материал и методика

В работе использованы архивные данные ФГУП "КамчатНИРО" по промысловым уловам нерки в р. Камчатка в 1957–2011 гг. Анализ материалов производили стандартными статистическими методами.

Результаты исследований

Достоверный возрастной состав уловов нерки р. Камчатка имеется только начиная с 1978 г. и по настоящее время. Данные о численности отнерестившихся производителей нерки по отдельным притокам р. Камчатка используются начиная с 1957 г. и по настоящее время (Бугаев, 1995, 2011).

Чтобы ликвидировать дефицит информации по возрастному составу репродуктивной части стада нерки р. Камчатка в 1982 г. был предложен и впервые использован экспресс-метод расчета репродуктивной части стада нерки р. Камчатка (Бугаев, 1982, Бугаев, Остроумов, 1986; Bugaev, 1987; Бугаев, 1987; и др.).

Такой подход стал возможен только благодаря счастливому стечению обстоятельств: в каждом стаде или группировки 2-го порядка у нерки р. Камчатка преобладает всего одна возрастная группа, в среднем составлявшая порядка 70% от рыб всех других возрастов выделяемых популяций: «С» — 0.3; «Е», «В», «Н» — 1.3; «А», «Д» — 2.3. Для статистических расчетов было сделано допущение, что вся нерка группировки "С" имеет возраст 0.3; «Е», «В», «Н» — 1.3; «А», «Д» — 2.3. Это позволило использовать ряды наблюдений за численностью рыб, начиная с 1957 г. и по настоящее время. Суммирование численностей возвратов структурных компонентов нерки 2-го порядка, давало величину численности возврата всей нерки р. Камчатка (Бугаев, 1982, Бугаев, Остроумов, 1986; Bugaev, 1987; Бугаев, 1995; и др.).

Проведенное в настоящее время исследование подтверждает, сделанные выше выводы. Так по материалам 1995-2001 гг. в уловах ставных неводов особи ранней нерки в среднем составили: стада «А» — 72,0% (2.3), «Д» — 70,3% (2.3); группировок «Е» — 77,4% (1.3), «В» — 75,4%; (1.3), «С» — 66,6% (1.3). У поздней нерки: стада «А» — 63,6% (2.3), «Д» — 52,4% (2.3); группировок «Е" — 77,5% (1.3), «В» — 74,9% (1.3), «С» — 70,0% (1.3). Здесь подчеркиванием выделена встречаемость возрастных групп, на которые приходится численность «ядра популяции». Как свидетельствуют приведенные данные, только у особей группировки "С» встречаемость рыб раннего хода возраста 0.3 составляет немногим менее 70%.

Как видно из рис. 2–3, в 1978–2010 гг. у нерки стада «А» и группировки «Е» наблюдаются средние достоверные корреляции между встречаемостью в уловах (%) и долями их на нерестилищах (%). При этом, в отдельные годы различия имеют место очень значительные различия. Из-за более низкой численности, другие стада и группировки нерки 2-го порядка р. Камчатки сейчас не рассматриваем.

Несмотря на неравномерность изъятия отдельных локальных стад и группировок нерки р. Камчатка промыслом (Бугаев, 1987, 1995, 2011; и др.), после значительного увеличения ее численности в 1995 г., автор попытался оперативно оценивать долю рыб стада «А» и группировки «Е» в общем подходе нерки р. Камчатка (рис. 2–3). Такая информация, в случае высокой встречаемости рыб стада «А» в уловах,

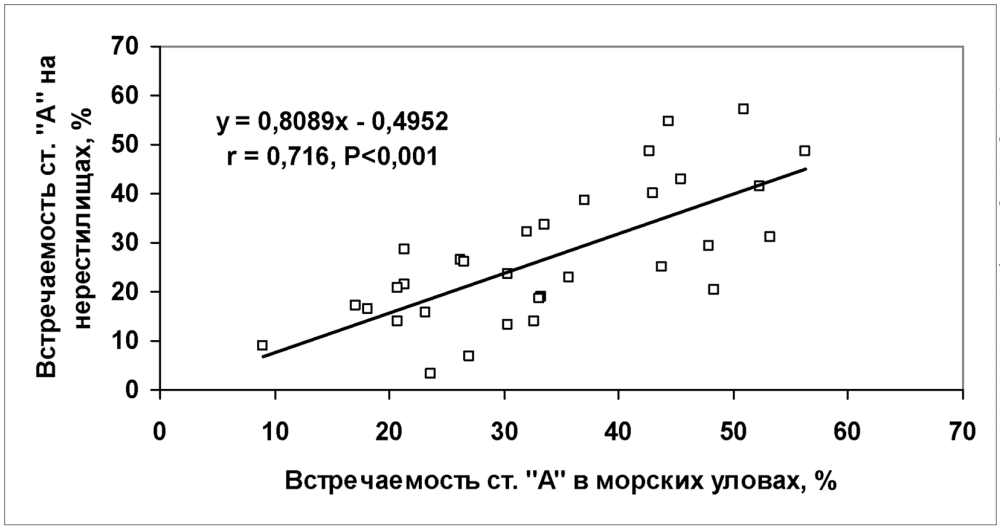


Рис. 2. Взаимосвязь между встречаемостью в уловах морских ставных неводов (в июне) особей стада «А» и последующей долей производителей этого стада (ранней и поздней форм) на нерестилищах всего бассейна р. Кам-чатка в 1978–2010 гг., %. Без материалов за 2003 г. (встречаемость в уловах — 63,0%, на нерестилищах — 30,1%)

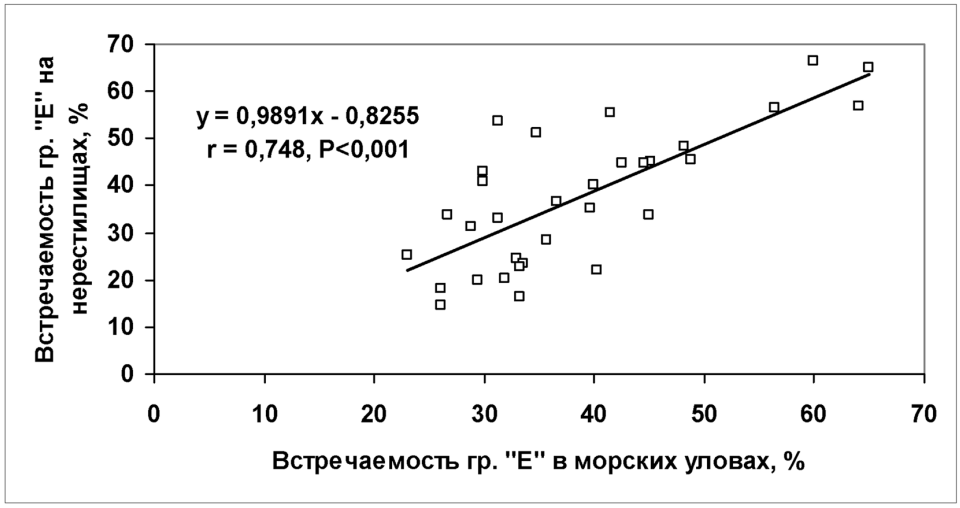


Рис. 3. Взаимосвязь между встречаемостью в уловах морских ставных неводов (в июне) особей группировки «Е» и последующей долей производителей этой группировки (ранней и поздней форм) на нерестилищах всего бассейна р. Камчатка в 1978–2010 гг., %. Без материалов за 2003 г. (встречаемость в уловах — 25,3%, на нерестилищах — 57,5%)

позволяла иногда рекомендовать значительное увеличение пресса промысла на всю нерку р. Камчатка. Эта мера за счет перелова всей популяции нерки р. Камчатка, давала возможность значительно снижать численность производителей в бассейне оз. Азабачье, что предусматривает стратегия промысла нерки р. Камчатка (Бугаев, 1995, 2005, 2011).

В подавляющем большинстве сезонов промысла рекомендации были верными, но случались и сбои в получении достоверной информации. Например, в 2003 г. в уловах ранней нерки р. Камчатка особи стада «А» встречались в 63% случаев, а на нерестилищах, как это выяснилось в последствие, доля стада «А» составила всего 30% (от всей численности рыб, пропущенных на нерестилища) (рис. 2). В 2003 г. рыбы группировки «Е» встречались в уловах в 25,3% случаев, а на нерестилищах — доля группировки «Е» составила 57,5% (рис. 3).

Во встречаемость рыб группировки «Е» на нерестилищах (рис. 3) не входят особи группировки «Н» (рис. 1), составляющие в районе воспроизводства группировки «Е» порядка 8–9% (от всей численности рыб, нерестящихся в районе воспроизводства группировки «Е»).

Тем не менее, в дальнейшем, в оперативной регуляции промысла, хотя и с оговорками, при оценке численности нерки стада «А», имеющего низкий оптимум (Бугаев, 1995), и при появлении первых данных о фактической численности нерки в районе р. Еловка и оз. Азабачье (20–25 июня), все-таки следует принимать во внимание материалы, представленные на рис. 2–3, т. к. выводы, сделанные по имеющимся связям, чаще совпадают с действительностью, хотя в отдельные годы ошибки будут неизбежны.

Именно наличие достоверных корреляций во встречаемости стада «А» и группировки «Е» в уловах (в июне) и их соотношении на нерестилищах (рис. 2–3), теоретически, позволяет прогнозировать

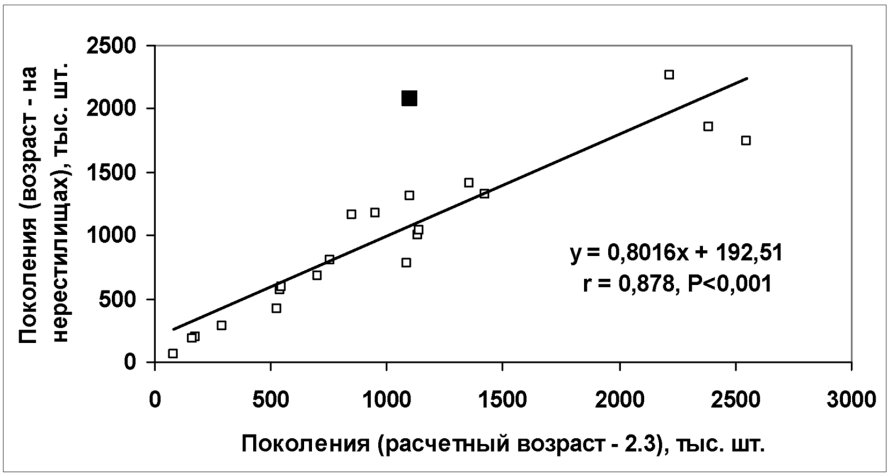


Рис. 4. Соотношение численности поколений нерки стада «А» 1982–2002 гг., полученных по расчетному возрасту 2.3 (Бугаев, 2011) и фактическому возрастному составу нерки в бассейне оз. Азабачье, при всех прочих равных условиях (без учета нелегального изъятия промышленностью в 2002–2008 гг.), тыс. шт. Без поколения 1992 г. (большой черный квадрат) r = 0,941 (P<0,001).

численность нерки р. Камчатка по возрастному составу рыб из уловов, но с учетом того, что в отдельные годы возможны значительные ошибки в расчетах прогнозируемой численности.

Начиная с 1982 г. и по настоящее время автор этой книги собирал и анализировал возрастной состав наиболее многочисленной ранней нерки оз. Азабачье (Бугаев, 2011). К сожалению, по другим районам бассейна р. Камчатка, где воспроизводятся иные стада и группировки 2-го порядка, материалы, собранные в районе нерестилищ, практически отсутствуют. Из-за ограниченности средств такой мониторинг многие годы организовать не получалось. Только в 2010–2012 гг., благодаря усилиям сотрудника КамчатНИРО Г.В. Базаркина, удалось наладить первые регулярные сборы в бассейне р. Еловка, являющейся «ядром популяции» группировки «Е», которые предполагается продолжить.

Как видно из рис. 4, между оценками численности поколений стада «А», сделанными по расчетному возрасту 2.3 (Бугаев, 1982) и возрастному составу в бассейне оз. Азабачье, очень близки. Если убрать «выпадающую точку» поколения 1992 г. (большой черный квадрат), то коэффициент корреляции Пирсона становится равным r = 0,941 (P<0,001; n=20). Данные рис. 4, однозначно свидетельствуют в пользу возможности изучения динамики численности нерки стада «А» как по материалам, собранным как на нерестилищах, так и по расчетному возрасту 2.3 (Бугаев, 1982, 2011). Последние расчеты гораздо оперативнее, чем калькуляция с использованием материалов по возрастному составу рыб, собранных в бассейне оз. Азабачье. Тем не менее, мониторинг следует продолжать двумя методами, что в будущем позволит выявить неизвестные еще сейчас детали.

Сделанный вывод по стаду «А» о высокой эффективности оценки по расчетному возрасту (Бугаев, 1982), свидетельствует в пользу обоснованности и возможности применения подобной практики в других стадах и группировках 2-го порядка нерки р. Камчатка по которым мониторинг на нерестилищах отсутствует.

На рис. 5 представлена численность поколений 1986–2002 гг. локальных стад и группировок 2-го порядка нерки р. Камчатка, определенная по возрастному составу уловов (с учетом нелегального изъятия промышленностью в 2002–2008 гг. - Запорожец и др., 2007a-b). В свою очередь, на рис. 6, приведена численность поколений 1986–2002 гг. локальных стад и группировок 2-го порядка нерки р. Камчатка, определенная по расчетному возрасту производителей на нерестилищах (с учетом нелегального изъятия промышленностью в 2002–2008 гг. - Запорожец и др., 2007a-b).

Как показывает визуальное сравнение рис. 5–6, сходство результатов несомненно, что подтверждает наличие достаточно высокой корреляции Пирсона между численностью поколений (r = 0,804, P<0,001, n = 17), рассчитанных двумя совершенно разными методами оценки возраста (рис. 7).

На рис. 8–12 показано соотношение численности поколений выделяемых в бассейне р. Камчатка стад и группировок стад 2-го порядка начиная с 1995 г. и по настоящее время, полученных по уловам и расчетному возрасту (Бугаев, 1982). Этот период выбран потому, что именно с 1995 г. впервые значительно увеличилась численность нерки этой реки, каковой не наблюдалось более 50 лет (Бугаев, 2011). На рис. 13 приведено соотношение численности поколений в названный период для всех стад и группи-

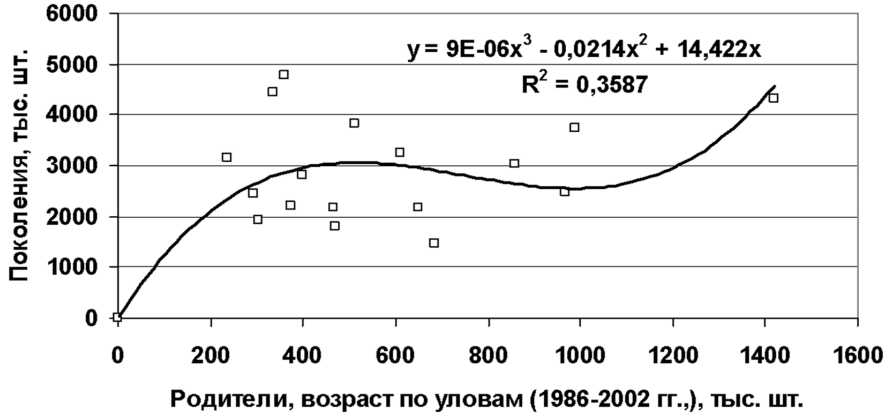


Рис. 5. Численность поколений 1986–2002 гг. локальных стад и группировок 2-го порядка нерки р. Камчатка, определенной по возрастному составу уловов (с учетом нелегального изъятия промышленностью в 2002–2008 гг.), тыс. шт.

X

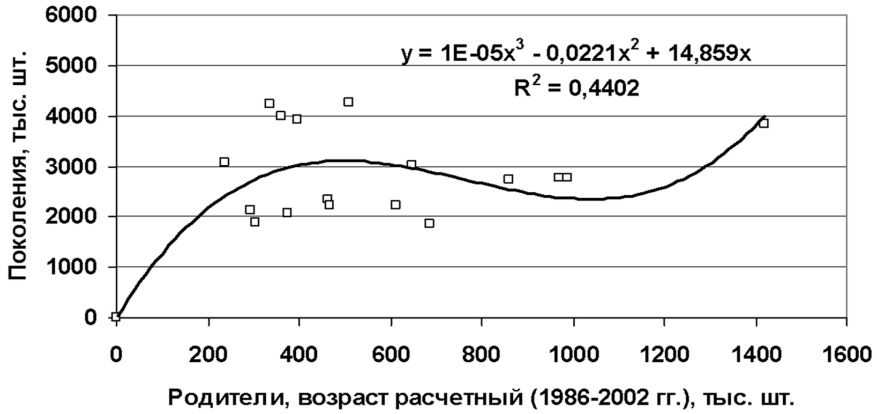


Рис. 6. Численность поколений 1986–2002 гг. локальных стад и группировок 2-го порядка нерки р. Камчатка, определенной по расчетному возрасту производителей на нерестилищах (с учетом нелегального изъятия промышленностью в 2002–2008 гг.), тыс. шт.

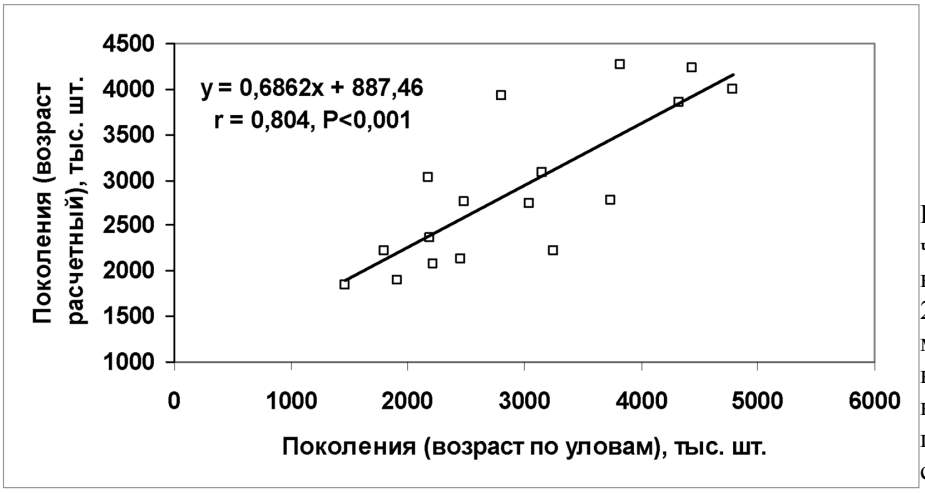


Рис. 7. Линия регрессии между численностью одних и тех же поколений нерки р. Камчатка (1986–2002 гг.), рассчитанных по промысловым уловам и расчетному возрасту производителей нерки на нерестилищах (с учетом нелегального изъятия промышленностью в 2002–2008 гг.), тыс. шт.

ровок 2-го порядка всей системы р. Камчатка. Как видно из приведенных материалов, во всех случаях коэффициенты корреляции высоки и высоко достоверны.

Заключение

В дальнейшем, в качестве альтернативы стандартной процедуре прогноза, есть основания возобновить прогнозирование нерки р. Камчатки и по локальным стадам и группировкам 2-го порядка с использованием данных о расчетном возрасте производителей на нерестилищах. Подчеркнем, что опыт применения подобных методик уже имеется (Бугаев, Остроумов, 1986; Bugaev, 1987; Бугаев, 1995; Бугаев, Дубынин, 2002; и др.) до 2002 г. включительно. Логично предположить, что один метод может дополнять другой.

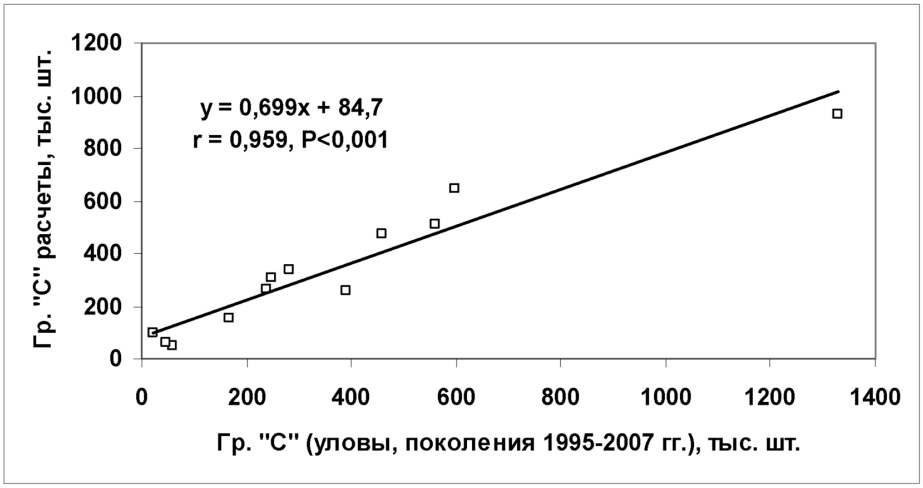


Рис. 8. Соотношение численности поколений нерки группировки «С» 1995–2007 гг. (без поколения 1996 г.), полученных по уловам и расчетному возрасту 0.3 (без учета нелегального изъятия промышленностью в 2002–2008 гг.) (Бугаев, 2011), тыс. шт.

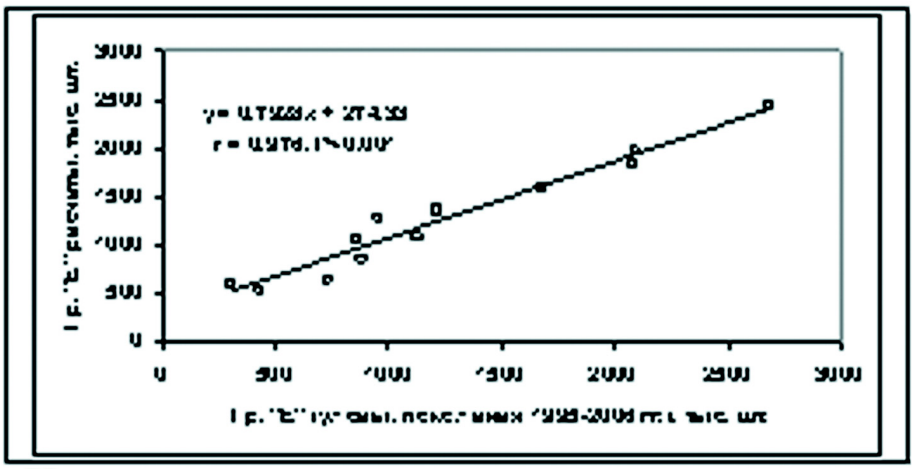


Рис. 9. Соотношение численности поколений нерки группировки «Е» 1995–2006 гг., полученных по уловам и расчетному возрасту 1.3 (без учета нелегального изъятия промышленностью в 2002–2008 гг.) (Бугаев, 2011), тыс. шт.

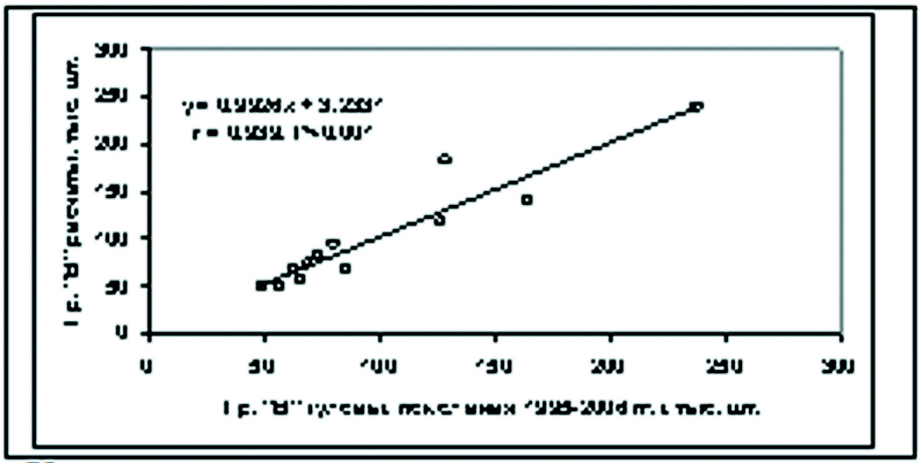


Рис. 10. Соотношение численности поколений нерки группировки «В» 1995–2006 гг., полученных по уловам и расчетному возрасту 1.3 (без учета нелегального изъятия промышленностью в 2002–2008 гг.) (Бугаев, 2011), тыс. шт.

Список литературы

Бугаев А.В. 2011. Идентификация и промысловое изъятие азиатской нерки Oncorhynchus nerka в экономической зоне России // Изв. ТИНРО. Т. 167. С. 3–31.

Бугаев В. Ф. 1978. К экологии пресноводного периода жизни и дифференциации популяций нерки бассейна р. Камчатка // Биология лососевых. Владивосток: ТИНРО. С. 35–36.

Бугаев В.Ф. 1982. Способ расчета возрастного состава репродуктивной части стада нерки р. Камчатка // Всесоюзная конференция по теории формирования численности и рационального использования стад промысловых рыб. М.: ВНИРО. С. 92–94.

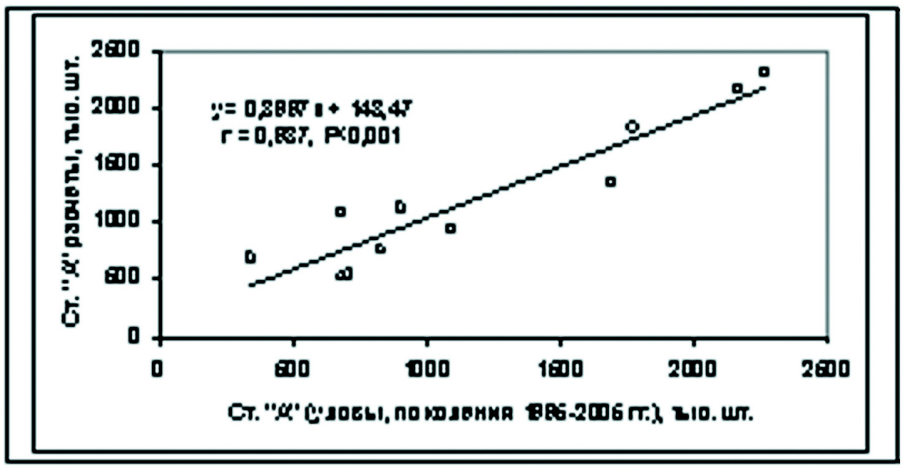


Рис. 11. Соотношение численности поколений нерки стада «А» 1995–2005 гг., полученных по уловам и расчетному возрасту 2.3 (без учета нелегального изъятия промышленностью в 2002–2008 гг.) (Бугаев, 2011), тыс. шт.

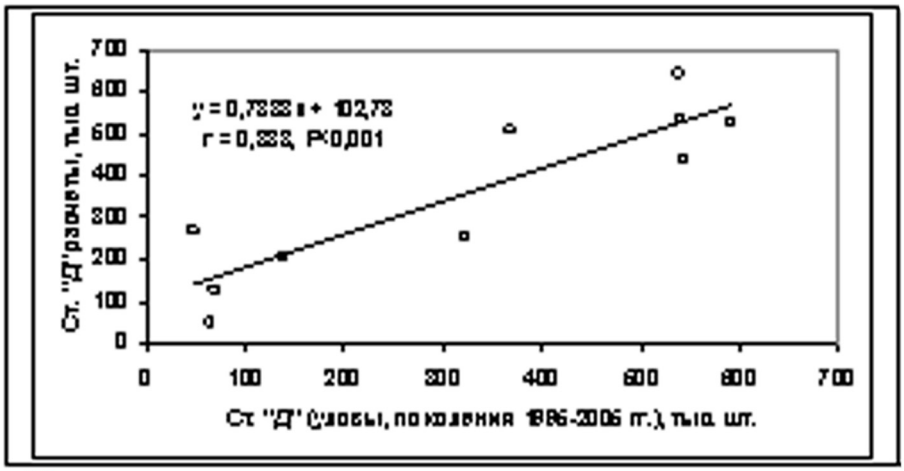


Рис. 12. Соотношение численности поколений нерки стада «А» 1995–2005 гг. (без поколения 1996 г.), полученных по уловам и расчетному возрасту 2.3 (без учета нелегального изъятия промышленностью в 2002–2008 гг.) (Бугаев, 2011), тыс. шт.

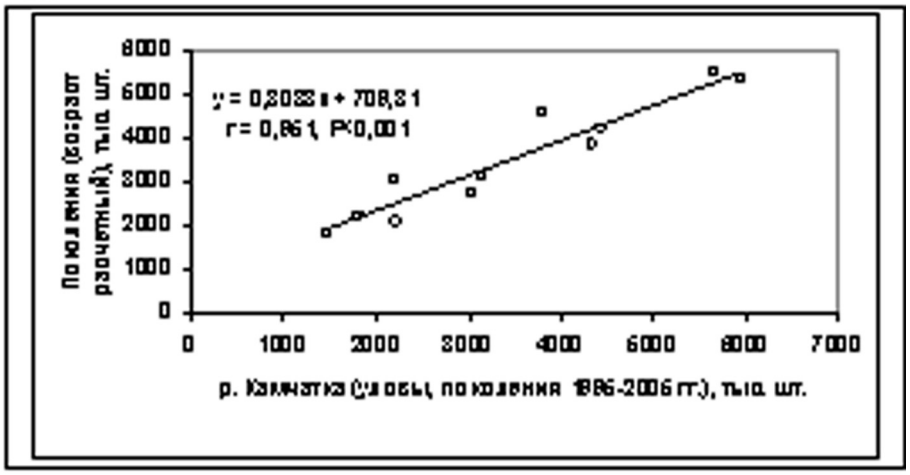


Рис. 13. Линия регрессии между численностью одних и тех же поколений нерки р. Камчатка (1995–2005 гг.), рассчитанных по промысловым уловам и расчетному возрасту производителей нерки на нерестилищах (с учетом нелегального изъятия промышленностью в 2002–2008 гг.), тыс. шт.

Бугаев В.Ф. 1986. Методика идентификации в уловах прибрежного и речного промысла особей основных локальных стад и группировок нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) в бассейне р. Камчатка // Вопр. ихтиол. Т. 26, вып. 4. С. 600–609.

Бугаев В.Ф. 1987. Возрастная структура нерки *Oncorhynchus nerka* реки Камчатка // Вопр. ихтиол. Т. 27. Вып. 4. С. 627–636.

Бугаев В.Ф. 1995. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности) // М.: Колос. - 464 с.

Бугаев В.Ф. 2003. Особенности динамики численности нерки *Oncorhynchus nerka* оз. Азабачье и современная стратегия рационального использования нерки р. Камчатка // Сохранение биоразнообра-

зия Камчатки и прилегающих морей. Докл. III научн. конф. 26–27 ноября 2002 г. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. С. 11–23.

Бугаев В.Ф. 2005. Многовидовой промысел лососей на примере р. Камчатка // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Докл. V научн. конф. 22-24 ноября 2004 г. Петропавловск-Камчатский: Изд-во "Камчатпресс". С. 6–14.

Бугаев В.Ф. 2009. Лучшие годы нашей жизни // Петропавловск-Камчатский: "Изд-во Камчатпресс". 188 с.

Бугаев В.Ф. 2011. Азиатская нерка-2 (биологическая структура и динамика численности локальных стад в конце XX - начале XXI вв.) // Петропавловск-Камчатский: Изд-во "Камчатпресс". - 380 с. - Цв. вкл. 20 с.

Бугаев В.Ф. Дубынин В.А. 2002. Факторы, влияющие на биологические показатели и динамику численности нерки Oncorhynchus nerka рек Озерной и Камчатка // Изв. ТИНРО. Т.130. Ч. II. С. 679–757.

Бугаев В.Ф., Остроумов А.Г. 1986. Сравнительная численность производителей локальных стад и группировок нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) (Salmonidae) в бассейне р. Камчатки // Динамика численности промысловых животных дальневосточных морей. Владивосток: Изд. ТИНРО. С. 47–52.

Запорожец О.Г., Шевляков Е.А., Запорожец Г.В., Антонов Н.П. 2007a. Возможности использования данных о нелегальном вылове тихоокеанских лососей для реальной оценки их запасов // Вопр. рыболовства. Т. 8. № 3(31). С. 471–483.

Запорожец О.Г., Шевляков Е.А., Запорожец Г.В. 2007b. Анализ динамики численности камчатских лососей в XX-XXI вв. с учетом их легального и нелегального изъятия и оценка экономических потерь // Бюллетень № 2 реализации "Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей". Владивосток: Изд-во ТИНРО-центра. С. 169–177.

Bugaev V.F. 1987. Recommendation for rational explotation of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) from the Kamchatka River // Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management / H. D. Smith, L. Margolis and C. C. Wood (ed.). Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 96. P. 396–405.

Burgner R.L. 1991. Life history of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) // Pacific Salmon Life Histories / C. Groot and L. Margolis (ed.). Vancouver, Canada: UBC Press. P. 3–117.

Foerster R.E. 1968. The Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka* // Fish. Res. Bd. of Canada. 1968. Bull. 162, 442 pp.

Henry K.A. 1961. Racial identification of Fraser River sockeye by means of scales and its applications to salmon management // Int. Pacif. Salmon Fish. Comm. Bull., 12. - 97 p.

Koo T. S. Y., H.D. Smith. 1960. Main-stem and tributary sampling of red salmon scales for population studies // U.S. Wildlife Serv., 362. - 10 p.

Narver D.W. 1968. Identification of adult sockeye salmon groups in the Chignic River system by lakustrine scale mesurement, time of entry and time of location spawning // Further studies of Alaska sockeye salmon. Seattle. № 3. P. 113–148.

Rogers D.E. 1987. The regulation of age at maturity in Wood River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) // In: H.D. Smith, L. Margolis and C.C. Wood (ed.). Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 96, p. 78–89.

Rogers D., Quinn T., Rogers B., Ruggerone G., Berejikian B., Patterson L., Work K. 1991. Alaska salmon research // Annual report - 1991. Fisheries Res. Inst. Univ. Washington. - 30 p.

Wood C.C., Riddell B.E., Rutherford D.T. 1987. Alternative juvenile life histories of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) and their contribution to production in the Stikine River, Nothern British Colunbia // Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management / H. D. Smith, L. Margolis and C. C. Wood (ed.). Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 96. P. 12–24.

УДК 639.2.081

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТРАЛОВЫХ СЪЕМОК И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Волвенко И.В.

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: volvenko@tinro.ru

Введение

Для бонитировки морских биоресурсов, мониторинга запасов, составления прогнозов состояния сырьевой базы рыболовства необходимы траловые съемки. В некоторых случаях (например, для крабов, креветок, букцинид и т.п.) с этой целью можно также использовать данные ловушечных съемок. Но их нужно предварительно сопоставлять с данными траловых съемок, чтобы знать, с какой площади собраны животные. Только тогда можно вычислить плотность населения (экз./км^2, кг/км^2) и абсолютное обилие (млн. экз., тыс. т) животных. То же относится к тралово-акустическим съемкам — само их название объясняется тем, что данные гидроакустической съемки калибруются с помощью контрольных тралений. Таким образом траловые уловы являются эталоном для количественного учета многих, в том числе промысловых, представителей макрофауны на обширных морских акваториях. Вместе с тем, трал — далеко не идеальное орудие лова, и связанные с этим многочисленные проблемы оценки обилия гидробионтов по данным траловых съемок неоднократно обсуждались в литературе (см. напр.: Walsh, 1996; Волвенко, 1998; Cadigan, 1999; Низяев, Букин, 2001; Мельников, 2006). В настоящей статье рассмотрены лишь те из них, что обусловлены недостатком (отсутствием, неполнотой или наличием ошибочной) информации о технических параметрах тралений.

Одной из первых задач, возникающих при использовании траловой системы для количественной оценки биоресурсов, является определение зоны облова — обловленной площади или процеженного через трал объема воды. Для этого, кроме времени и скорости траления, которые фиксируются приборами и позволяют точно рассчитать пройденное расстояние, нужно знать горизонтальное или горизонтальное и вертикальное раскрытие трала — переменные величины, которые зависят от формы, размеров, материала, веса, гидродинамического сопротивления и распорных сил составных частей траловой системы, а, следовательно, и от режима траления (Баранов, 1947; Кондратьев, 1964; Дверник, 1973; Фридман, 1981; Габрюк, 1988, 1995; Розенштейн, 2000; Габрюк и др., 2008; Недоступ, 2009, 2011; и мн. др.). Эти переменные априори никогда не известны, для каждого траления их следует измерять инструментально или вычислять по другим техническим параметрам, иначе невозможно определить плотность организмов на единицу пространства и оценить промысловые запасы. К сожалению, столь очевидный факт игнорируется непростительно часто: величины горизонтального и/или вертикального раскрытия трала не измеряются, не записываются в траловые карточки и рейсовые отчеты, заменяются фиктивными ничем не обоснованными числами. Как следствие, результаты трудоемких и дорогих морских экспедиций обесцениваются, поскольку не позволяют получить реальные количественные оценки сырьевой базы рыболовства.

Мы с этим впервые столкнулись в середине 90-х гг. прошлого века при сопоставлении данных траловых съемок, накопленных к тому времени в ТИНРО. Тогда для работы в пелагиали применяли около 30 различных траловых систем. При этом в большинстве случаев суда были оснащены приборами, показывающими вертикальное раскрытие устья трала, но непригодными для измерения его горизонтального раскрытия. Соответственно в траловые карточки иногда записывали фактическое вертикальное раскрытие, которое для расчетов использовали крайне редко. Для подготовки рейсовых отчетов в основном пользовались площадным методом (Аксютина, 1968), в расчетные формулы которого входит горизонтальное раскрытие трала — величина, не измеряемая в ходе траления. Эту переменную заменяли произвольной константой. Она была неизменна для всех траловых станций одного рейса, но для одной и той же траловой системы в разные годы (при разных начальниках рейсов) различалась иногда в 1,5–2 раза (Волвенко, 1998). На вопрос о величине и самом происхождении конкретных чисел участники рейсов, как правило, отвечали: «Так сказал траловый мастер».

Таблица 1. Список тралов, наиболее часто применявшихся для донных траловых съемок в 1970-х – 2010-х гг.

Название трала					
ДТ 20.0	ДТ 27.5	ДТ 32.0	ДТ 35.0/41.4	ДТ 43.0/38.5	ДТ 58.3/53.4
ДТ 21.3	ДТ 28.0	ДТ 32.1	ДТ 35.0/41.5	ДТ 45.0	ДТ 58.8/53
ДТ 21.7	ДТ 28.0/25	ДТ 32.5	ДТ 35.0/69.2	ДТ 45.0/70	ДТ 63.4/76
ДТ 23.2	ДТ 28.0/25.8	ДТ 32.5/34	ДТ 35.4	ДТ 45.6	ДТ 64.8
ДТ 24.0	ДТ 28.0/58.4	ДТ 32.5/38.2	ДТ 36.0	ДТ 45.6/42	ДТ 69.0
ДТ 25.0	ДТ 28.4	ДТ 32.5/41.3	ДТ 36.0/18	ДТ 45.6/51	ДТ 69.0/39
ДТ 27.0	ДТ 28.5	ДТ 32.7	ДТ 37.5	ДТ 46.0	ДТ 69.0/46
ДТ 27.1	ДТ 28.8	ДТ 33.4	ДТ 40.0	ДТ 49.0	ДТ 69.0/48
ДТ 27.1/24	ДТ 29.0/44	ДТ 33.4/30	ДТ 40.2/37	ДТ 49.2/47.3	ДТ 70.0/73
ДТ 27.1/24.4	ДТ 30.0/25	ДТ 34.0	ДТ 41.3	ДТ 49.2/48	ДТ 77.0
ДТ 27.1/24.7	ДТ 31.0	ДТ 34.0/26	ДТ 42.0	ДТ 49.2/48.5	ДТ 77.0/46
ДТ 27.1/25	ДТ 31.0/25	ДТ 34.2	ДТ 43.0	ДТ 49.2/60	ДТ 77.0/59
ДТ 27.1/33	ДТ 31.2	ДТ 35.0	ДТ 43.0/33	ДТ 50.8	ДТ 77.4
ДТ 27.1/33.7	ДТ 31.4	ДТ 35.0/41	ДТ 43.0/33.4	ДТ 50.8/37.7	ДТ 91.0
ДТ 27.1/33.9	ДТ 31.5	ДТ 35.0/41.3	ДТ 43.0/37	ДТ 53.4/30	ДТ 93.0

Таблица 2. Примеры варьирования значений горизонтального раскрытия тралов, взятые из рейсовых отчетов и БД «Морская биология» © ФГУП «ТИНРО-Центр»

Название трала	Раскрытие (м)		
	Min	Max	Разница
ДТ 20.0	12	20	8
ДТ 23.2	13	30	17
ДТ 27.1	14	50	36
ДТ 27.1/24	11	20	9
ДТ 27.1/24.4	4	20	16
ДТ 27.1/25	6	16	10
ДТ 28.0/25	17	20	3
ДТ 28.0/58.4	17	30	13
ДТ 31.0	16	29	13
ДТ 32.0	6	16	10
ДТ 35.0	17	22	5
ДТ 35.0/41	12	20	8
ДТ 35.0/41.3	16	40	24
ДТ 35.0/69.2	17	20	3
ДТ 43.0	3	29	26
ДТ 43.0/33.4	21	46	25
ДТ 43.0/37	21	50	29
ДТ 45.6	25	28	3
ДТ 50.8/37.7	18	70	52
ДТ 64.8	20	34	14
ДТ 69.0/48	18	75	57
ДТ 77.0/46	26	46	20
ДТ 77.0/59	8	70	62

Примечание: Здесь и в следующей таблице подчеркнуты наибольшие различия

Материал и методика

Для создания целого ряда баз данных и геоинформационных систем (Волвенко, Кулик, 2011), обобщающих материалы многолетнего мониторинга биоресурсов пелагиали северной Пацифики, пришлось разработать новый алгоритм оценки горизонтального раскрытия трала (Волвенко, 1998) и пересчитать все прежние результаты по единой методике: горизонтальное раскрытие устья каждого трала для каждой траловой станции вычислялось на основе математической модели поведения траловых систем (Габрюк, 1988, 1995), созданной на кафедре промышленного рыболовства Дальневосточного государ-

ственного технического рыбохозяйственного университета (Дальрыбвтуза). С помощью «Программы настройки траловых систем» NTS (авторы: Габрюк В.И., Осипов Е.В. Copyright © 1993–2000, FECCT Дальрыбвтуз) была смоделирована работа разноглубинных тралов при различных условиях и режимах тралений. Статистическая обработка полученных данных методом пошагового множественного регрессионного анализа (Дрейпер, Смит, 1986, 1987) позволила вывести эмпирические уравнения, описывающие статистическую зависимость горизонтального раскрытия устья трала от технических характеристик траловой системы и параметров траления — вертикального раскрытия трала, скорости его буксировки, горизонта траления и длины ваеров. Методика построения и исследования таких уравнений на примере одной из траловых систем опубликована (Волвенко, 1998), как и полученные с ее помощью формулы, которые использовались в расчетах для оценки обилия пелагической макрофауны (Волвенко, 2005).

Результаты и обсуждение

Обобщение данных по бентосу и нектобентосу показало, что в тот же период в ходе только научных (не промысловых) донных траловых съемок (с 1977 по 2010 гг. это 321 рейс и свыше 35 тыс. траловых станций) применялись более 100 различных типов тралов, чаще всего — 90 перечисленных в табл. 1. Ни один из них не был оснащен приборами для измерения горизонтального раскрытия. Кто откуда тогда брал данные для расчетов, приведенных в рейсовых отчетах — неизвестно. В результате, от рейса к рейсу и из года в год, значение горизонтального раскрытия даже одного трала варьировало в несколько раз: иногда — вдвое, а порой и в 8–10 раз (некоторые примеры см. в табл. 2).

Чтобы осознать всю значимость таких вариаций вспомним общий принцип расчетов обилия придонных биоресурсов. Традиционно с применением площадного метода (см. напр.: Аксютина, 1968) относительное обилие объектов промысла рассчитывается как улов (n в [экз.] и m в [кг]), деленный на обловленную площадь N=n/s и M=m/s (соответственно в [экз./ км^2] и [кг/км^2]). При этом s=v·t·a, где v — скорость [км/ч], t — время траления [ч], a — горизонтальное раскрытие трала [км]. Т.е. оценка относительного обилия N или M изменяется во столько же раз, во сколько при прочих равных условиях меняется значение горизонтального раскрытия трала. При переходе к оценкам абсолютного обилия, относительное обилие умножается на площадь района — N·S и M·S (соответственно [экз./км^2]·[тыс.км^2]=[тыс.экз.] и [кг/км^2]·[тыс.км^2]=[т]). Следовательно, при оценке абсолютного обилия влияние принятого раскрытия увеличивается на порядки, и тем больше, чем больше обследованная акватория.

Проиллюстрируем это следующим примером. Допустим в ходе стандартной донной траловой съемки, выполненной по стандартной методике на акватории площадью 20 тыс.км^2, средний улов некоторого промыслового объекта составил 50 кг на трал при облавливаемой за 1 траление площади 0,20 км^2. Тогда относительное обилие этого объекта будет оцениваться в 50/0,20 = 250 кг/км^2, а абсолютный запас в 250·20000 = 5 тыс. т. Теперь допустим, что в другой год аналогичная съемка тем же тралом дала в точности тот же результат, однако при его интерпретации почему-то было решено, что горизонтальное раскрытие трала вчетверо (всего в 4, не в 5–10 раз) меньше. Тогда в среднем облавливаемая за траление площадь составит 0,05 км^2, относительное обилие 50/0,05 = 1000 кг/км^2, абсолютное 1000·20000 = 20 тыс. т. Таким образом четырехкратная разница в горизонтальном раскрытии трала дала различие облавливаемой площади величиной в 0,2 км^2, различие плотности гидробионтов в 750 кг/км^2, и дополнительные 15 тыс. т (300%) биоресурса «возникшие из ниоткуда».

Это мощнейший «фактор» варьирования результатов исследований. Казалось бы, съемки, сделанные стандартным методом (в одном месте и одним тралом), показали многократный рост или убыль биомассы нектобентоса — можно делать выводы о влиянии глобального потепления или антропогенного пресса, менять прогнозы, увеличивать квоты либо наобо-рот закрывать промысел. Но дело зачастую за-ключается всего лишь в одной цифре, на которую делится улов для расчета запасов. А как сравнивать результаты, полученные разными тралами?

Это вопросы первостепенной важности. Для их решения необходимо оборудовать все суда приборами измерения горизонтального раскрытия трала (2 датчика, показывающие расстояние между ними).

[1] В нашей стране принято стандартное обозначение тралов, которое включает указание типа трала (ДТ — донный, РТ — разноглубинный), длины верхней подборы без голых концов в метрах и периметр устьевого сечения трала (передней кромки мотни) в посадке 0,5 (Габрюк, 1995).

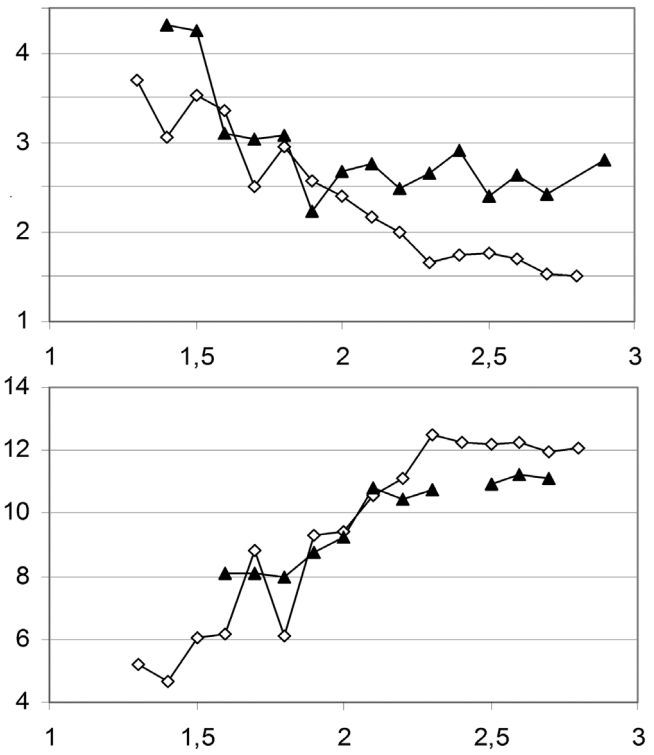


Рис. Зависимость вертикального (верхний) и горизонтального (нижний график) раскрытия трала от скорости траления для двух донных тралов (одному соответствуют темные, другому — светлые символы). По осям абсцисс скорость, узл; ординат — раскрытие, м. (По: Кручинин и др., 2012б)

Только тогда мы будем знать фактически обловленную площадь, фактические плотности концентраций и запасы биоресурсов. Иначе — продолжим оперировать произвольными фиктивными величинами. Названная проблема сейчас решается: ТИНРО-Центр начал оснащать свои траулеры нужной аппаратурой, некоторые другие институты, например СахНИРО, уже давно сделали это.

Другая проблема — как пересчитать результаты съемок, проведенных в прошлые годы, чтобы сделать их сравнимыми между собой и с новыми данными? Ее актуальность определяется тем, что в архивах и базах данных (БД) ТИНРО-Центра сейчас хранятся сведения об уловах, полученных на десятках тысяч донных траловых станций (Kulik, Volvenko, 2011). Наверное, подобной информации много и в других институтах НТО ТИНРО. Только дополнив эти ретроспективные материалы правдоподобными оценками обловленных в каждом случае зон, мы получим возможность корректного анализа многолетних рядов наблюдений за динамикой биоресурсов, а, следовательно, и основания для аргументированного прогнозирования будущего состояния сырьевой базы рыболовства.

Первый, самый простой, подход к решению этой проблемы — использовать вместо фактически измеренных величин раскрытия некие проектные значения из технической документации тралов — имеет очевидные недостатки. Во-первых, проектные величины часто не проверены экспериментально. Во-вторых, не всегда их можно найти в чертежах и справочниках. В-третьих, порой неизвестно что нужно искать, поскольку ни в БД, ни в рейсовом отчете не указано какой именно трал использовали в ходе конкретной съемки. Не оказалось информации об оснащении судов различными элементами траловых систем и у судовладельцев — они закупают траловое снаряжение, распределяют по кораблям, естественно получают чертежи тралов, траловых досок и т.п., но не хранят нужную документацию.

Второй подход состоит в том чтобы воспользоваться обобщением наблюдений с подводных аппаратов за работой траловых систем (Коротков, Кузьмина, 1972; Коротков, 1998), которое показало, что горизонтальное раскрытие донных тралов составляет примерно 0,5–0,6 длины их верхней подборы. Отсюда мы получаем стандартный множитель для длины верхней подборы (которая известна из названия трала[1]) 0,55 и ошибку-разброс 5%. Примечательно, что полученные этим способом величины иногда существенно отличаются от технических характеристик, данных в документации и справочниках по тралам. В следующей таблице (табл. 3) приведены некоторые примеры — разность значений порой превышает 100%. Какие из данных там чисел ближе к реальности — неизвестно, ясно лишь то, что два подхода противоречат друг другу. Кроме того оба они игнорируют тот факт, что раскрытие трала — не константа, а переменная, зависящая от скорости траления (рисунок), глубины и прочих факторов, определяющих распорную силу траловых досок, форму устья и т.п.

Третий подход учитывает этот факт. Те же подводные наблюдения (Коротков, 1998) показали, что независимо от периметра сечения сетной оболочки (размера) трала отноше-ние его вертикального раскрытия к горизонтальному сохраняется в пределах 0,25–0,45. Точнее, при стандартных схемах вооружения и промысловых скоростях для донных двупластных тралов эта величина составляет 0,25–0,30, а донных четырехпластных и разноглубинных в донном варианте (при прижатии их к грунту) — 0,40–0,45. Т.е. нужно расклассифицировать тралы на 2 группы: 1) донные двупластные, 2) все остальные (донные четырехпластные и разноглубинные). Для первой группы умножаем вертикальное рас-

Таблица 3. Сравнение горизонтального раскрытия тралов (м), вычисленного как 55% длины верхней подборы, с проектными значениями раскрытия, взятыми из справочников или документации к тралам

Название трала	55%	Справочники, статьи, чертежи	Разность	
			м	%
ДТ 20	11,0	17,0	6,0	55
ДТ 25.0	13,8	15–16	1,8	13
ДТ 27.1	14,9	14–18,5	1,3	9
ДТ27.1/24.7	14,9	14–16	0,1	1
ДТ 27.1/25	14,9	16–20	3,1	21
ДТ 27.1/33	14,9	16,0	1,1	7
ДТ 28.0	15,4	15–20	2,1	14
ДТ 28/25.8	15,4	20,0	4,6	30
ДТ 28/58.4	15,4	30–35	17,1	111
ДТ/ТВ 28.8	15,8	30–35	16,7	105
ДТ 30	16,5	16–17,5	0,3	2
ДТ 31.0	17,1	16,0	-1,1	-6
ДТ31.0/25.5	17,1	20,0	3,0	17
ДТ 31.2	17,2	13.5–17.8	-1,5	-9
ДТ 32.0	17,6	14,0	-3,6	-20
ДТ 32.5	17,9	16,0	-1,9	-10
ДТ/ТВ 32.5	17,9	14–16	-2,9	-16
ДТ 32.5 КЛ	17,9	16,0	-1,9	-10
ДТ 32.5/34	17,9	14–16	-2,9	-16
ДТ 32.5/38	17,9	17,0	-0,9	-5
ДТ 32.5/43	17,9	17,5	-0,4	-2
ДТ 33.4/30	18,4	18,0	-0,4	-2
ДТ 34.0	18,7	17–30	4,8	26
ДТ 35.0	19,3	16–18	-2,3	-12
ДТ 36.0	19,8	17,5–24	0,9	5
ДТ 42.0	23,1	20,0	-3,1	-13
ДТ 43.0	23,7	29,5	5,9	25
ДТ 44.8	24,6	26,0	1,4	6
ДТ 45.0	24,8	24,5	-0,3	-1
ДТ 45.6	25,1	29,0	3,9	16
ДТ 46.0	25,3	23,0	-2,3	-9
ДТ 50.8	27,9	26,5	-1,4	-5
ДТ 50.8/37	27,9	20–27	-4,4	-16
ДТ 91	50,1	45,5	-4,6	-9
ДТ 110.0	60,5	47–75	0,5	1

крытие на 0,275, для второй — на 0,425. В обоих случаях ошибка уменьшается до 2,5%. Так знание одного дополнительного параметра траления (вертикального раскрытия) увеличивает точность оценки вдвое. Но это в теории, на практике, она значительно меньше. Реально повысить точность оценки позволяет недавно разработанная (Кручинин и др., 2012а) методика расчета геометрических параметров донного трала при известном верти-кальном раскрытии устья по проектным характеристикам его сетной оболочки, имеющимся в раскроечных чертежах. Сравнение расчетных параметров, полученных этим способом, с результатами фактических измерений, сделанных приборами Scanmar® при испытании трала ДТ 25,3/21,4, показали, что погрешность вычислений при стабильном режиме работы траловой системы не превышает 10%. Это вполне приемлемо для определения облавливаемых площадей дна при количественной оценке биоресурсов. Казалось бы, выход из положения найден — можно оценивать горизонтальное раскрытие по вертикальному. Однако не тут-то было, вертикальное раскрытие трала записывается стандартным прибором во время пелагического траления, при донных же тралениях это делается чрезвычайно редко. В подавляющем большинстве случаев в карточке и БД, там, где должно быть указано вертикальное раскрытие, стоит пробел либо произвольная величина, одинаковая на протяжении рейса, но различающаяся во много раз для разных рейсов.

Объясняется это просто: прибор не ставят на трал, боясь его потерять при зацепе за грунт. Пусть лучше полежит в кладовке — полагают тралмастер и акустик. А что делать биологу? Третий подход лучше двух предыдущих, но в большинстве случаев бесполезен.

Четвертый подход — найти способ вычисления горизонтального раскрытия без учета вертикального раскрытия трала: по скорости, глубине траления и длине ваеров — переменным, значения которых записаны почти во всех траловых карточках. В частности, связь между вертикальным и горизонтальным раскрытиями отрицательна, и при возрастании скорости траления (распорной силы траловых досок) горизонтальная составляющая закономерно увеличивается, а затем выходит на асимптоту (см. рис.). Такие зависимости хорошо описываются простыми эмпирическими регрессионными уравнениями. Для их построения требуется лишь набрать достаточное число исходных данных, замеряя раскрытие каждого трала при разных режимах тралений.

В этом я надеюсь на взаимопомощь коллег из всех институтов и прочих рыбохозяйственных организаций, имеющих возможности для сбора необходимых данных. Создав общую БД технических характеристик траловых систем, мы быстро решим общие вышеописанные проблемы совместными усилиями. Предлагаю сделать это на базе Регионального центра данных (РЦД) ТИНРО-Центра. Во-первых, потому что РЦД давно специализируется на создании и администрировании множества больших БД регионального и всероссийского значения; во-вторых, потому что на месте его расположения (г. Владивосток) работает большинство специалистов по орудиям лова — здесь есть лаборатория промышленного рыболовства ФГУП "ТИНРО-Центр" и кафедра промышленного рыболовства Дальрыбвтуза.

Проанализировав собранные данные, можно создать достаточно точные алгоритмы вычисления как горизонтального, так и вертикального раскрытия тралов. Заметим, что точность аппроксимации, естественно, повысится при учете не только скорости траления, но еще двух обычно измеряемых переменных — глубины хода трала и длины ваеров. Известно (см. напр.: Волвенко, 1998, 2005), что подобные эмпирические зависимости позволяют вычислять горизонтальное раскрытие с погрешностью около 10–20%. Большую точность (до 10%) обеспечивают модели, связывающие силовые и геометрические характери-стики траловых систем (см. напр.: Розенштейн, 2000; Недоступ, 2009, 2011). Однако для них необходимы дополнительные сведения о материале, весе, гидродинамическом сопро-тивлении и распорной силе составных частей траловой системы. Поэтому предлагается (Кручинин и др., 2012а) включать в рейсовые задания регистрацию информации об основных частях траловой системы[2]. Это:

1. чертеж трала и мешка, используемых в съемке, с обязательным указанием оснастки по нижней и верхней подборам (если есть изменения в конструкции трала, то нужно подробно указать какие);
2. тип, размеры, вес траловой доски и, по возможности, ее чертеж или фотография;
3. схема крепления ваера и лапок к траловой доске;
4. диаметр и длина ваеров, их ГОСТ;
5. количество, диаметр и длина кабелей, их ГОСТ.

Перечисленные сведения должны приводиться в рейсовых отчетах в разделе «Материал и методика». В каждую траловую карточку следует вписывать:

1. название трала по принятой в России классификации,
2. глубину хода верхней подборы трала в метрах,
3. скорость хода с тралом в узлах,
4. длину ваеров в метрах,
5. вертикальное, а если есть прибор для измерения горизонтального, то и горизонтальное раскрытие трала в метрах.

Эти же данные планируется сохранять в общей БД. Всех заинтересованных в ее создании и совместной эксплуатации прошу обращаться с вопросами, предложениями, замечаниями и имеющимися в наличии материалами по адресу volvenko@tinro.ru.

Заключение

В заключении резюмируем конкретные предложения, сделанные в настоящем сообщении:

1. Оснастить все научные суда приборами измерения горизонтального раскрытия трала. Это позволит:

а) Пользоваться фактически инструментально измеренными величинами для расчетов в ходе тра-

[1] С указанием того, что без этой информации рейсовый отчет не принимается, задание считается невыполненным.

ловых съемок, что многократно увеличит точность и достоверность оценок современных запасов биоресурсов.

б) Накопить данные наблюдений для создания методик расчетов раскрытия трала по косвенным показателям — данным о типе трала, длине ваеров, скорости траления, горизонте хода трала. Тогда можно будет пересчитать результаты ранее проведенных траловых съемок, чтобы сделать их сравнимыми между собой и с новыми дан-ными. Это необходимо для эксплуатации многолетних рядов наблюдений с целью мониторинга и прогноза состояния придонных биоресурсов.

в) Проверить адекватность математических моделей, которыми сейчас пользуются для оценки горизонтального раскрытия разноглубинных тралов при пелагических съемках. Это увеличит точность и достоверность оценок обилия биоресурсов пелагиали.

2. Поставить перед специалистами по орудиям лова в качестве первоочередной задачи создание методик оценки горизонтального раскрытия трала по данным о типе трала, длине ваеров, скорости траления, горизонте хода трала. Обеспечить их всеми средст-вами для теоретического обоснования и экспериментальной проверки решения этой задачи.

3. Начальников рейсов обязать указывать в рейсовых отчетах (в разделе Материал и методика) все сведения о применявшейся траловой системе, согласно вышеприведенному списку характеристик. При использовании различных траловых систем в ходе рейса, обязательно указывать в отчете интервалы дат и номеров тралений для каждой системы.

4. Судовладельцам рекомендовать: а) предоставлять эту информацию начальникам рейсов; б) хранить в своих архивах чертежи и прочую документацию по тралам, доскам и т.д., а также о том, на каком судне, когда и какое оборудование имелось; в) при отсутствии прибора контроля горизонтального раскрытия трала не оснащать суда новыми ранее не применявшимися траловыми системами.

5. Организовать общую для всех заинтересованных организаций БД технических (проектных и рабочих) характеристик траловых систем на базе РЦД ТИНРО-Центра.

Список литературы

Аксютина З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищевая промышленность, 288 с.

Баранов Ф.И. 1947. Вертикальное раскрытие трала // Рыбн. хоз-во. N 2. С. 25–28.

Волвенко И.В. 1998. Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловых съемок // Изв. ТИНРО. Т. 124. С. 473–500.

Волвенко И.В. 2005. Материал и методика // Атлас количественного распределения нектона в северо-западной части Тихого океана. М.: Изд-во "Национальные рыбные ресурсы". С. 9–20.

Волвенко И.В., Кулик В.В. 2011. Обновленная и дополненная база данных пелагических траловых станций северо-западной Пацифики // Изв. ТИНРО. Т. 164. С. 3–26.

Габрюк В.И. 1988. Параметры разноглубинных тралов. М.: Агропромиздат, 214 с.

Габрюк В.И. 1995. Компьютерные технологии в промышленном рыболовстве. М.: Колос, 544 с.

Габрюк В.И., Чернецов В.В., Бойцов А.Н. 2008. Основы моделирования рыболовных систем. Владивосток: Дальрыбвтуз, 560 с.

Дверник А.В. 1973. Влияние материала траловой сети на ее гидродинамическое сопротивление // Рыбн. хоз-во. N 1. С. 55–57.

Дрейпер Н., Смит Г. 1986, 1987. Прикладной регрессионный анализ. М.: Финансы и статистика. Т. 1. 366 с., Т. 2, 351 с.

Кондратьев В.П. 1964. О факторах, влияющих на горизонтальное раскрытие тралов // Тр. КТИРПХ. Вып. 17. С. 106–113.

Коротков В.К. 1998. Реакция рыб на трал, технология их лова. Калининград: СКЭБ АО "МАРИНПО", 398 с.

Коротков В. К., Кузьмина А.С. 1972. Трал, поведение объекта лова и подводные наблюдения за ними. М. : Пищ. пром-сть, 268 с.

Кручинин О.Н., Волвенко И.В., Сафронов В.А. 2012а. Расчет геометрии донных тралов по их проектным характеристикам // Изв. ТИНРО. Т. 170. С. 00–00 (В печати).

Кручинин О.Н., Мизюркин М.А., Захаров Е.А., Сафронов В.А. 2012б. Геометрия и улови-стость донных тралов, различающихся размерами боковой пласти // Изв. ТИНРО. (В печати).

Мельников И.В. 2006. К методике выполнения крупномасштабных пелагических траловых съемок // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 8. С. 98–108.

Недоступ А.А. 2009. Метод расчета силовых и геометрических характеристик разноглу-бинных тралов // Изв. ТИНРО. Т. 157. С. 229–246.

Недоступ А.А. 2011. Метод расчета силовых и геометрических характеристик донных тралов // Изв. ТИНРО. Т. 164. С. 348–359.

Низяев С.А., Букин С.Д. 2001. Методические аспекты использования траловых и ловушеч-ных данных для научных целей // Изв. ТИНРО. Т. 128. С. 644–658.

Розенштейн М.М. 2000. Механика орудий рыболовства. Калининград: УОП КГТУ, 363 с.

Фридман А.Л. 1981. Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 328 с.

Cadigan N. 1999. Statistical inference about fish abundance: An approach based on research survey data / D Ph. thesis. Waterloo: University of Waterloo, 283 p.

Kulik V.V., Volvenko I.V. 2011. North Pacific database of pelagic and bottom trawl surveys from Russian EEZ applicable to Ecosystem Based Management // Mechanisms of Marine Ecosystem Reorganization in the North Pacific Ocean. PICES annual meeting abstracts (October 14–23, 2011, Khabarovsk, Russia) - PICES, P. 118.

Walsh S.I. 1996. Efficiency of bottom sampling trawls in-deriving survey abundance indices. NAFO Sci. Coun. Studies. V. 28. P. 9–24.

УДК 639.2.053.7

МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЕТА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МАГАДАНСКОМ РЕГИОНЕ

Волобуев В. В., Мордовин А. И., Голованов И. С.
ФГУП «МагаданНИРО», г. Магадан
Контактный e-mail: volbuev@magniro.ru

Введение

Количественная оценка запасов любого водного биологического объекта является основой при определении объемов его промыслового изъятия. Методы оценки запасов объектов водных биоресурсов могут быть самые разные - от площадной оценки с учетом плотностных характеристик распределения до методов прямого визуального учета. Так, например, для полного представления о состоянии и динамике численности стад тихоокеанских лососей кроме учитываемых статистикой сведений о вылове, необходима оценка количества производителей лососей, прошедших на нерест. В сумме эти данные характеризуют величину подходов лососей к родным водоемам. Оба этих показателя используются в прогнозных оценках численности их возвратов, так как от степени заполнения нерестилищ зависит численность дочерних поколений.

В первой половине прошлого века работы по учету производителей лососей, заходивших в нерестовые реки, учеными рыбохозяйственных институтов Дальнего Востока выполнялись разными методами:

- наземным (пешими и конными маршрутами) обследованием нерестилищ;
- с использованием рыбоучетных заграждений (РУЗ);
- с использованием смотровых вышек;
- хронометрированием неводных обловов ходовых косяков лососей;
- просчетом лососей на контрольных нерестовых площадках и экстраполяцией результатов на остальную площадь нерестилищ в бассейнах нерестовых водоемов.

Однако огромные территории, на которых расположено множество нерестовых водоемов разной величины, их труднодоступность, особенности геоморфологии и сложный гидрологический режим реч-

ных бассейнов препятствуют проведению мониторинговых работ этими способами на абсолютном большинстве рек и озер Магаданской области. На участке североохотоморского побережья, протяженность которого составляет около 2 тыс. км, имеется порядка 4500 водотоков, впадающих в Охотское море, в том числе более 60 крупных и средних нерестовых лососевых рек, (рис. 1) (Волобуев, Марченко, 2011).

Материал и методика

Основные методические принципы авиаучета лососей в нерестовых водоемах Дальнего Востока описаны Ф.В. Крогиус (1955), А.Г. Остроумовым (1964), А.В. Евзеровым (1970, 1973, 1975, 1983а), А.Ю. Рогатных и Л.И. Морозовым (1988), С.В. Путивкиным (1994), В.А. Пастыревым (2007), А.И. Мордовиным (2009). За основу принят метод просчета числа рыб на определенной площади акватории реки или озера.

При авиаучетах просчет скоплений лососей осуществляется своеобразными единицами счета — «блоками». В зависимости от численности и плотности заполнения рек и нерестилищ лососями, блоки счета могут включать в себя единицы, десятки или тысячи рыб. Точность просчета зависит от плотности стай, их количества, освещенности, прозрачности воды, глубины и распределения лососей в русле рек и озер. Авиаобследования нерестовых рек совершаются в основном на самолете типа АН-2, в редких случаях на вертолете МИ-8. Рабочая высота полетов 100–150 м. Немаловажное значение во время учетов имеет освещение.

Кроме того, оценка текущей величины запаса лососей, проходящих на нерест, может определяться методом прямого просчета заходящих на нерест производителей по результатам хронометрирования работы закидного невода на контрольном водоеме. При этом просчет количества зашедших на нерест производителей выполняется по формуле:

$$K = \frac{\left(\frac{24 \times У \times Ш}{З \times В \times ш} - У \right)}{100},$$

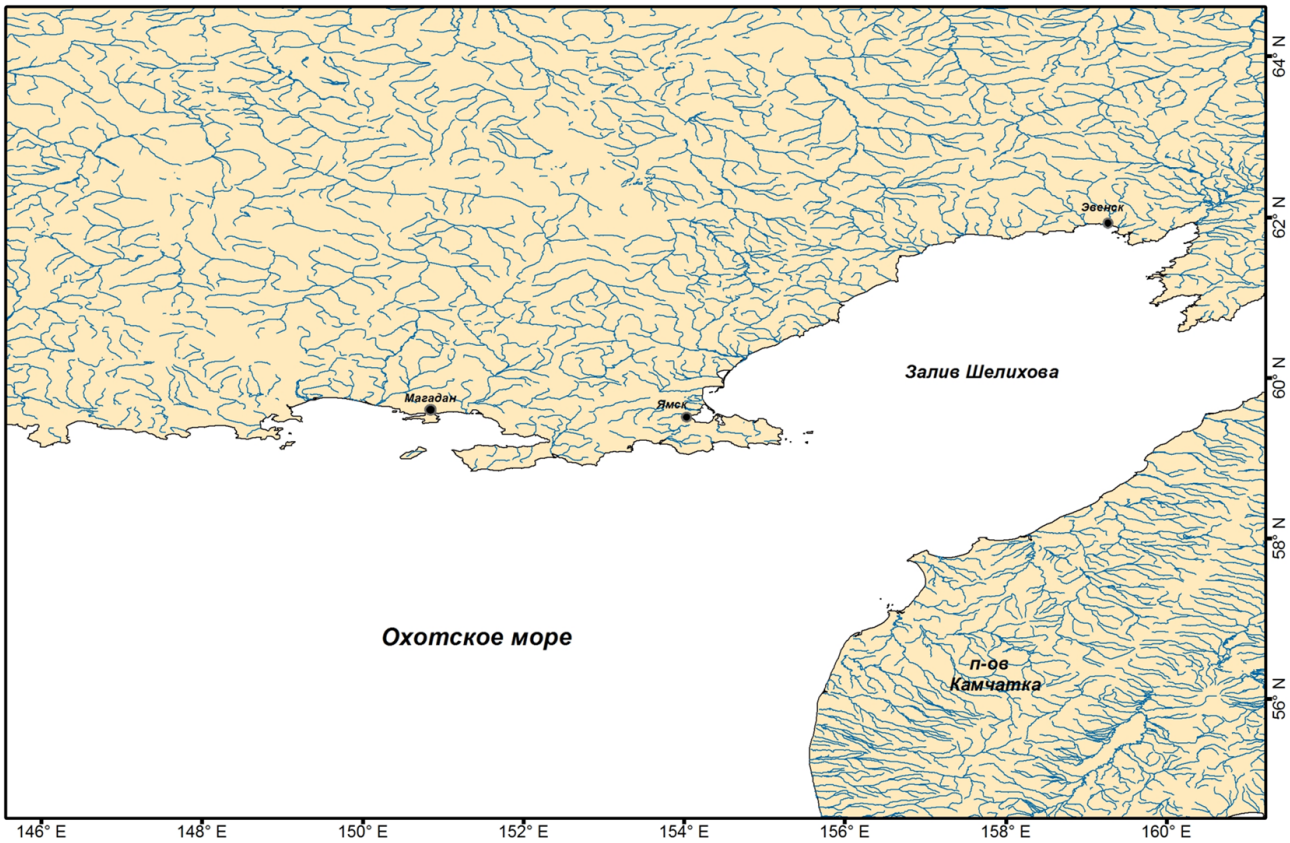


Рис. 1. Карта-схема североохотоморского участка нерестового ареала лососей

где: К — количество прошедших на нерест производителей в сутки, экз.;

У — суточный улов, кг;

Ш — ширина русла реки, м;

З — количество заметов в сутки, шт.;

В — среднее время одного замета, ч; ш — ширина облавливаемой части русла, м.

При этом делается допуск, что количество вылавливаемых рыб и пропускаемых на нерест, примерно равное. Эффективность и достоверность результатов, получаемых с помощью указанного метода, корректируется авиаучетом производителей лососей на нерестилищах контрольных рек. В целом метод дает возможность ориентировочной оперативной оценки величины пропуска лососей на нерест.

Результаты и обсуждение

В реках Магаданской области происходит воспроизводство таких видов тихоокеанских лососей как горбуша, кета, кижуч, нерка, чавыча, а также гольцов рода Salvelinus. Для решения задач по учету взрослых лососей, заходящих на нерест в североохотоморские реки, с начала 1960-х годов в МагаданНИРО успешно применяется аэровизуальный метод учета с параллельным просчетом производителей лососей по аэрофотоснимкам контрольных участков нерестилищ (Кондюрин, 1965). Применение аэрофотосъемки при проведении авиаучетов позволило существенно повысить качество авиаобследований, получить более достоверные и точные оценки численности производителей. Аэрофотосъемка контрольных участков нерестовых водоемов помогла определить величину случайной ошибки разовых авиаучетов и оценить достоверность и степень влияния ряда факторов на величину этой ошибки (Евзеров, 1970, 1975). Ошибка учета оператором истинного количества лососей возникает вследствие непрерывности во времени процесса нерестового хода и дискретности во времени процесса авиаучета. Заключается ошибка оператора в том, что к моменту учета часть лососей уже отнерестилась и в виде сн?нки снесена на глубокие участки русла, или съедена рыбоядными птицами и хищными млекопитающими, тогда как нерестовый ход еще не завершен и часть рыб пройдет на нерест после выполнения учета. То есть учету поддаются не все лососи, которые проходят на нерест. В связи с этим путем неоднократных облетов модельных водоемов, просчетов на контрольных участках живой и снулой рыбы, были вычислены поправочные коэффициенты, которые максимально приближали данные учета к фактическому количеству прошедших на нерест производителей лососей (Евзеров, 1973).

Метод авиаучетов лососей позволяет проводить практически синхронную съемку их нерестилищ на всем участке североохотоморского нерестового ареала. Одновременно он дает возможность оценить характер распределения лососей по бассейнам рек: по элементам гидросети — основное русло или придаточная система (протоки, притоки, озера), по степени заполнения нерестовых биотопов нижних, средних и верхних участков водотоков, по предпочтению к ключевым и русловым участкам рек. С помощью аэровизуальных наблюдений также можно провести типизацию и топографическую съемку нерестилищ и выполнить учет площадей нерестового фонда тихоокеанских лососей (Остроумов, 1975).

Данные по оценке численности родительских стад и возвратов дочерних поколений лососей позволяют оценивать эффективность (кратность) воспроизводства и производить расчеты оптимального количества производителей, которое необходимо пропускать на нерест. Текущие авиаучеты родительских стад лососей, проводимые во время путины, дают возможность ориентировать рыбодобывающие организации на то или иное изменение подходов тихоокеанских лососей относительно прогнозных оценок и использовать их в качестве одного из основных инструментов в оперативном управлении промыслом.

Для количественной оценки лососей на участке репродуктивного ареала в пределах североохотоморского побережья используются несколько методов. Основным является метод аэровизуально учета. Второстепенным, вспомогательным методом, позволяющим оперативно определять уровень подходов, интенсивность и численность пропусков на нерест, является метод хронометрирования работы закидных лососевых неводов в нерестовых реках.

Одним из методов, попытка применения которого была осуществлена на лососевых реках Чукотки и материкового побережья Охотского моря, является учет производителей лососей эхолокационным счетчиком (Ковалюк и др., 1996). В КБ «Шторм» (Украина) в начале 1990-х годов был разработан эхолокационный прибор учета объектов в толще воды. На дно водотока укладывался кабель с излучателями эхосигналов в вертикальной плоскости. Все предметы, попадавшие в зону действия луча сигнала, фик-

сировались на блок-счетчике. Наиболее удовлетворительные результаты этот прибор показал при проведении учетов лососей в Анадырском лимане (Путивкин, Яковлев, 1994). По сути, использование этого метода на Анадыре в течение нескольких лет составило альтернативу дорогостоящим аэроучетным работам. Использование эхолокационного счетчика в русле р. Тауй в конце 1990-х годов с целью учета мигрирующих на нерест производителей лососей показала принципиальную возможность его использования, однако осложнялась некоторыми обстоятельствами. Помещенные на дно русла реки излучатели эхосигналов реагировали не только на проходящих в зоне действия луча лососей, но и на древесные обломки, на малой глубине развертка луча была узкой и проходящие рыбы не всегда попадали в зону его действия. Кроме того, излучатели быстро покрывались речными наносами и их надо было часто очищать от мусора и песка. В паводки прибор не работал или давал искаженные показания.

Для оценки производителей лососей на контрольных площадках или отдельных участках нерестилищ применяется метод прямого визуального учета пешими маршрутами. Согласно классификации распределения особей по ареалу (Одум, 1986), для лососей характерно групповое или, точнее, дискретно-групповое распределение на репродуктивном участке ареала. В пределах бассейна реки или озерно-речной системы топография нерестилищ всех видов лососей, как правило, будет различаться, что обусловлено видоспецифичными требованиями каждого вида к условиям размножения. Границы и конфигурация нерестовых агрегаций лососей будут определяться наличием пригодных для размножения вида площадей и субстрата, гидрологическим режимом, численностью особей отдельных локальных нерестовых группировок, а также их общим количеством на участке ареала.

За годы проведения сотрудниками ФГУП "МагаданНИРО" (до 2001 г. МоТИНРО) авиаучетных работ с применением аэрофотосъемки, помимо определения абсолютной численности производителей тихоокеанских лососей, заходящих в нерестовые водоемы Магаданской области и Чукотки, было проведено картирование (топография) нерестилищ, исследовано распределение лососей в бассейнах основных рек и охарактеризован удельный вес отдельных нерестовых участков этих рек (Евзеров, 1983а; Рогатных, Морозов, 1988; Волобуев, Марченко, 2011).

При проведении зимних авиаработ удалось выполнить наблюдения за условиями водоснабжения, динамикой льдообразования на нерестилищах, степенью замерзания нерестилищ кеты и кижуча в реках Магаданской области. На основании этих работ были сделаны заключения о том, что в разные годы незамерзающие участки нерестилищ приурочены к одним и тем же местам, несмотря на различную степень суровости зим. Выяснено, что топография основных нерестилищ кеты и кижуча полностью совпадает с распределением участков открытой воды и полыней в зимнее время (Евзеров, 1983б; Рогатных, Морозов, 1988). Удалось выявить связь количества и протяженности незамерзающих участков с рыбохозяйственной значимостью водоемов и количественно оценить наличие благоприятных условий для воспроизводства поздней кеты и кижуча в основных нерестовых водоемах: определить коэффициент незамерзающих участков (Б/А) и общий коэффициент незамерзающих участков (Б/А×S*). Чем выше коэффициент (Б/А×S) для определенной реки, тем большее она имеет значение для воспроизводства лососей. То есть был получен показатель косвенной оценки значимости того или иного водоема для воспроизводства лососей, предпочитающих ключевые нерестилища.

В настоящие время существуют и успешно применяются на практике для решения различных задач в разнообразных областях современные методы аэрофото- и видеосъемки высокого разрешения. За последние годы произошли существенные изменения в использовании методов аэросъемки при изучении биоресурсов. Совершенствование методов произошло за счет комплексного использования активных и пассивных систем авиазондирования, работающих в оптическом и инфракрасном диапазонах (мультиспектральность), лидарных, цифровых фото- и видеосистем, ИК-сканеров и т.д. Также появились новые компьютерные методы обработки информации, например, ГИС-технологии, и др., которые повышают достоверность и точность полученных результатов и в большинстве случаев позволяют исключить помехи в виде субъективных и объективных факторов.

Рассматривая новейшие методы дистанционного зондирования, следует отметить, что изображения, получаемые военными спутниками со сверхвысоким разрешением (до 7–10 см), недоступны из-за их секретности и высокой стоимости. Аэрокосмические снимки, которые можно использовать в настоя-

Примечание. Б/А — коэффициент незамерзших участков реки. А — обследованный участок реки, км; Б — общая протяженность незамерзших участков реки, км; S — площадь бассейна реки, км (Рогатных, Морозов, 1988)

щее время в научных целях, из-за их малого разрешения для учета тихоокеанских лососей непригодны. В настоящее время в рыбохозяйственной науке на основе новейших технологий разработаны и широко применяются новые аэрометоды, которые за короткий промежуток времени позволяют регистрировать косяки рыб, птиц, млекопитающих, поля планктона, гидродинамические эффекты и другие явления на морской и речной поверхности, в частности, идентифицировать косяки скумбрии на глубинах от 30-40 до 50-55м (Черноок и др., 2000,2004,2005), что в десять раз превышает возможности человеческого глаза (Забавников, 2006).

Заключение

Из вышеизложенного становится очевидным, что, оснастив воздушное судно новейшими системами авиазондирования (цифровая фото- и видеоаппаратура, ИК-сканер, лидар, GPS, бортовой компьютер и др.) и применив новейшие технологии компьютерной обработки и представления данных, можно повысить эффективность аэроучета и получить следующие результаты:
- автоматизировать учет производителей тихоокеанских лососей;
- оценить величину случайной ошибки, возникающей при аэровизуальном подсчете различных по численности и плотности скоплений лососей в разных водоемах и при различных условиях проведения учета;
- решить проблему видовой дифференциации учета лососей;
- перейти от учета лососей по всему нерестовому водоему к учету на контрольных участках (выборочный авиаучет), что будет способствовать уменьшению количества летных часов и снижению финансовых затрат;
- перейти от тотального учета лососей на всех нерестовых реках региона к выборочному, используя только реперные водотоки, наиболее типичные для той или иной группы рек с последующей экстраполяцией результатов учета на соседние водоемы или группы водоемов;
- провести более подробное картографирование нерестилищ;
- провести учет площадей нерестового фонда тихоокеанских лососей;
- сравнить площади эффективно используемых нерестилищ в годы разной водности рек и годы минимальных и максимальных подходов лососей;
- определить границы нерестилищ, используемых разными видами лососей;
- провести учет разных типов нерестилищ: русловые, ключевые, озерные.

В последнее время услуги по проведению аэровизуальных работ предлагает ОАО "Гипрорыбфлот" с применением самолета-лаборатории Ан-38 «Восток». В составе комплекса технических средств Ан-38 «Восток» входят бортовая автоматизированная система сбора информации и комплекс специальной аппаратуры, в том числе: фото- и видеоаппаратура для регистрации скоплений лососей и других водных биологических объектов; тепловизор для измерения температуры подстилающей поверхности; оборудование для визуальных наблюдений (блистера, клинометры, звуковые регистраторы) и фиксирования визуальных данных. Помимо визуального учета и фотосъемки с борта Ан-38 возможна инструментальная оценка (тепловизором) температурного фона нерестовых лососевых рек с точностью до 0,1°С. Это дает возможность картирования ключевых и русловых нерестилищ в бассейнах нерестовых рек.

Список литературы

Волобуев В.В, Марченко С.Л. Тихоокеанские лососи континентального побережья Охотского моря. Изд-во СВНЦ ДВО РАН, 303 с.

Евзеров А.В. 1970. К методике аэровизуального учета. // Изв. ТИНРО. Т. 71. С. 199–204.

Евзеров А.В. 1973. Оценка достоверности результатов разовых аэровизуальных учетов лососей. // Изв. ТИНРО. Т. 86. С. 111–118.

Евзеров А.В. 1975. Оценка погрешностей аэровизуального метода учета лососей. // Труды ВНИРО. Т. 106. С. 82–84.

Евзеров А.В. 1983а. Нерестовый фонд охотоморской и анадырской кеты // Биологические основы развития лососевого хозяйства в водоемах СССР. М.: Наука. С. 103–113.

Евзеров А.В. 1983б. Результаты авианаблюдений на лососевых реках материкового побережья Охотского моря в зимний период // Биологические проблемы Севера: Тезисы X Всесоюз. симп. Часть 2. Магадан. С. 171–172.

Забавников В.Б. 2006. Авиация на службе рыбохозяйственной науки: прошлое, настоящие и перспективы. // Рыбное хозяйство. №1. С. 73–75.

Ковалюк А.Г., Яковлев С.Г., Путивкин С.В., Гребнев А.П. 1996. Устройство для подсчета рыб в потоке воды. Патент РФ № 2062572. // Бюл. ВИНИТИ. № 8.

Кондюрин В.В. 1965. Некоторые данные по аэровизуальному учету тихоокеанских лососей и обследованию нерестовых рек материкового побережья Охотского моря.// Известия ТИНРО. Т. 59. С. 156–159.

Крогиус Ф.В. 1955. Опыт применения самолета для обследования состояния и оценки заполнения нерестилищ камчатских лососей. // Рыбное хозяйство. № 11. С. 32–34.

Мордовин А.И. О методах учета водных биологических объектов: история вопроса, применяемые и перспективные методы. Сб. научн. трудов МагаданНИРО. Вып. 3. С. 182–191.

Одум Ю. 1986. Экология. М. Изд-во Мир. Т. 2, 376 с.

Остроумов А.Г. 1964. Опыт применения аэрометодов для оценки заполнения нерестилищ лососями // Лососевое хозяйство Дальнего Востока. М.: Наука. С. 90–99.

Остроумов А.Г. 1975. Нерестовый фонд и состояние запасов дальневосточных лососей в водоемах п-ва Камчатка и Корякского нагорья в 1957–1971 гг. (по материалам авиаучетов и аэрофотосъемок)// Тр. ВНИРО. Т. 106. С. 21–33.

Пастырев В.А. 2007. Материалы по применению аэровизуальных методов в рыбохозяйственных исследованиях в северо-западной части Охотского моря. // Изв. ТИНРО. Т. 148. С. 42–56.

Путивкин С.В. 1994. Топография нерестилищ и распределение тихоокеанских лососей в водоемах Беринговоморского побережья Чукотки // Комплексные исследования морских гидробионтов и условия их обитания. Владивосток: Изд-во ТИНРО. С. 130–138.

Путивкин С.В., Яковлев С.Г. 1994. Исследование характера распределения кеты в русле р. Анадыря гидроакустическим методом // Матер. 5 совещ. по лососевидн. рыбам. С-Петербург. С. 159–160.

Рогатных А.Ю., Морозов Л.И. 1988. Оценка условий воспроизводства кеты и кижуча по величине незамерзающих участков рек // Вопр. ихтиологии. Т. 28. С. 692–694.

Черноок В.И., Кузнецов Н.В., Шафиков И.Н., Кривушенко П.А., Егоров С.А. 2000. Автоматизированный подсчет гренландских тюленей на авиаснимках. // Морские млекопитающие Голарктики. Архангельск. С. 418–421.

Черноок В.И. и др. 2004. Регистрация нагульных скоплений скумбрии Норвежского моря с использованием методов лазерного авиазондирования. // Тез. докл. IX Всероссийской конференции рыбопромыслового прогнозирования. (19–21окт. 2004 г.). Мурманск: Изд. ПИНРО. С. 134–136.

Черноок В.И., Пронина О.А., Шубина М.А, Аксютенко В.В., Пельтихина Т.С. 2005. Картирование и оценка запасов промысловых видов водорослей на основе материалов аэросъемки. // Материалы второй научно-практической конференции. Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки. М.: ВНИРО. С. 109–112.

УДК 639.2.081.7:629.7

ОБ ОПТИМУМЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НЕРКИ НА НЕРЕСТИЛИЩАХ БАССЕЙНА Р. ОЗЕРНАЯ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Дубынин В.А.
ФГУП "КамчатНИРО", г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: dubynin.v.a@kamniro.ru

Введение

Стадо нерки, воспроизводящейся в бассейне р. Озерная, имеет важное промысловое значение. Промысел, в свою очередь, оказывает значительное воздействие на его численность, изменения которой влекут за собой трансформации воспроизводительной способности стада. При промысловой эксплуатации обязательно возникает вопрос о рациональном использовании запасов, под которым мы понимаем такое их использование, когда обеспечивается высокий уровень воспроизводства рыб. Более ранними исследованиями было показано, что для нерки р. Озерная определяющей в поддержании высокой численности стада является численность производителей на нерестилищах (Бугаев, Дубынин, 2002; Bugayev, Dubynin, 2000). Таким образом, рациональное использование нерки стада р. Озерная, предусматривает, прежде всего, достаточное заполнение нерестилищ, которое достигается как регламентацией промысла в море, так и оперативным регулированием в прибрежной зоне и в реке.

Численность подходов и вылов нерки стада р. Озерная с 2000 г. значительно увеличились и до настоящего времени сохраняются на очень высоком уровне (рис. 1).

Максимальный береговой вылов нерки этого стада в 2000–2011 гг. пришелся на 2007 г. — более 21,0 тыс. т. Вылов нерки по западному побережью Камчатки в 2007 г. (22,3 тыс. т) оказался выше, чем в 1930 г. (22,2 тыс. т) и стал самым значительным за период с 1930 г. Следует отметить, что в 2007 г. наблюдали возврат основной возрастной (5+) группировки нерки поколения 2001 г. В 2001 г. на нерест в оз. Курильское зашло 2,11 млн производителей. От столь высокого числа производителей-родителей прогнозировали некоторое снижение кратности возврата, по сравнению с таковой для поколений (1995–2000 гг.) последних лет, когда численность зашедшей на нерест нерки (0,62–1,75 млн) не превышала 2,00 млн. рыб, но этого не произошло — возврат оказался исторически максимальным за весь период исследований стада р. Озерная с 1940 года.

Сейчас накоплен достаточный ряд наблюдений, позволяющий количественно оценить связь между численностью производителей-родителей и генерированного ими потомства для современного высокого уровня численности возвратов нерки стада р. Озерная и провести тестирование этой связи, чему и посвящено предложенное исследование.

Несколько ранее подобное исследование было проведено при поддержке Всемирного фонда природы (WWF России по гранту WWF19/RU007020/GLM в 2011 г.), когда рассматривался вопрос о соответствии численности пропускаемых на нерест в оз. Курильское (р. Озерная) производителей, как стандартам устойчивого рыболовства, так и сохранению всех компонентов стада нерки р. Озерная.

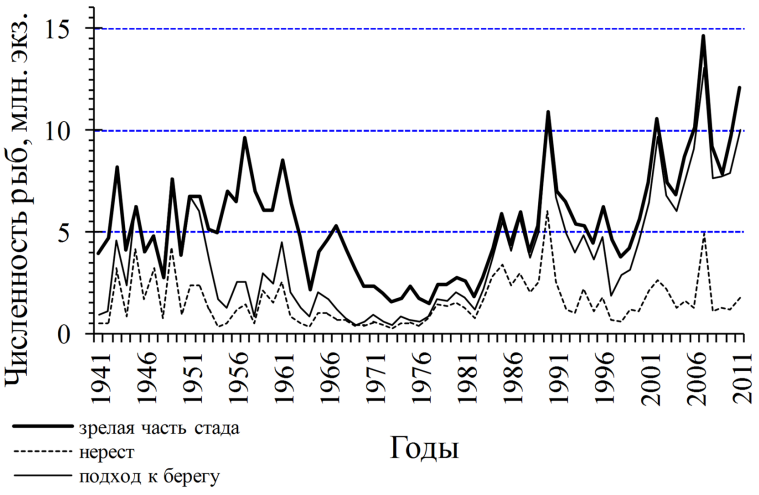


Рис. 1. Численность нерки р. Озерная в 1941–2011 гг. (по Антонов и др., 2007; Дубынин и др., 2007а; Бугаев и др., 2009; с дополнениями), млн. экз.

Материал и методика

Как правило, ежегодные подходы половозрелой нерки р. Озерная составляют рыбы пяти поколений, имеющие общий возраст: 3+, 4+, 5+, 6+ и 7+ лет. Основу, как подходов, так и возвратов (поколений) нерки этого стада составляют рыбы общего возраста 4+ и 5+ лет. Суммарный процент рыб возраста 4+ и 5+ в последних десяти поколениях в среднем равнялся 85,7%. Средняя доля рыб возраста 3+ составила 1,1%, 6+ — 12,6%, 7+ — 0,6%.

Определение численности потомков (поколений) проводят в несколько ступеней. Сначала определяют численность зрелой части стада (ЗЧС), которая складывается из: вылова в море дрифтерами, берегового вылова и зашедшей на нерест половозрелой нерки. Численность выловленной в море нерки р. Озерная определяют с помощью современных методов анализа структуры чешуи, принятых и используемых сотрудниками Северо-Тихоокеанской международной Комиссии по анадромным видам (NPAFC) (Бугаев А., 2003). В уловах морскими ставными неводами у р. Большая к стаду р. Озерная относят 50%, у р. Опала — 90%, от р. Кошегочек и на юг — 100% выловленной здесь нерки. Численность родителей у нерки р. Озерная определяют достаточно точно, проводя счет лососей на рыбозаграждении в истоке реки. Суммируя цифры вылова и захода на нерест, находят численность ЗЧС. Затем определяют возраст половозрелой нерки в уловах и в нерестовой части популяции и проводят разделение всей численности ЗЧС на возрастные классы. Суммированием цифр численности отдельных возрастных классов по годам нереста производителей-родителей, определяют численность поколений или потомков для каждого отдельного года нереста.

В 2011 г. полностью вернувшимися явились рыбы по поколение 2003 г. включительно. В поколении 2004 г. на 2011 г. не вернулись лососи возраста 7+, в поколении 2005 г. — 6+ и 7+ лет. Поскольку процент 6+ и 7+ рыб в возвратах не высок, численность поколений 2004–2005 гг. была рассчитана по остаточному принципу и эти цифры использовали в проведенных исследованиях.

Численность зашедших на нерест в р. Озерная (оз. Курильское) в 1995-2005 гг. производителей нерки изменялась в пределах от 0,6 до 2,6 и составила в среднем 1,5 млн. рыб (рис. 1).

Связь между численностью производителей-родителей (родителей) и поколений (потомков) рассчитана с использованием традиционного в лососевых исследованиях уравнения У.Е. Рикера (Ricker, 1954) и Дж. Шепарда (Shepherd, 1982). Уравнения имеют вид:

$$R = a * E * \exp\left(-b * E\right)$$ — уравнение Рикера,

$$R = \frac{a * E}{1 + \left(\frac{E}{b}\right)^{c}}$$ — уравнение Шепарда,

где R — численность потомков, млн. экз., E — численность родителей, млн. экз., a, b и c — коэффициенты уравнений.

На настоящий момент мы располагаем данными по численности (возвратов) потомков одиннадцати (1995–2005 гг.) лет нереста производителей-родителей, когда популяция нерки р. Озерная находилась на очень высоком уровне численности — самом высоком с 1941 года. По имеющимся данным, в программе STATISTICA рассчитали коэффициенты для уравнений У.Е. Рикера (1954) (a=15,95437; b=0,549563) и Дж. Шепарда(1982) (a=13,15739; b=1,606864; c=1,83). Подставили эти коэффициенты в уравнения, и они приняли следующий вид:

$$R = 15{,}95437 * E * \exp\left(-0{,}549563b * E\right)$$ — уравнение Рикера,

$$R = \frac{13{,}15739 * E}{1 + \left(\frac{E}{1{,}606864}\right)^{1{,}83}}$$ — уравнение Шепарда.

Для имеющегося поля точек и, используя найденные уравнения, построили кривые пополнения (рис. 2).

На рис. 2 видно, что максимальные численности потомков для обоих уравнений отмечены при одинаковой численности родителей, равной 1,800 млн. особей. Для уравнения Дж. Шепарда средняя численность потомков при этом составила 10,616 млн., для уравнения У.Е. Рикера — 10,679 млн. особей.

На правом графике обозначена прямая, проведенная из начала координат под углом 45°, которая называется линией замещающего уровня и характеризует запас, воспроизводство которого не зависит от численности (Засосов, 1969). Вновь появляющаяся дочерняя генерация такого запаса всегда стремится быть равной родительской.

Точка А на кривой воспроизводства соответствует тому положению, для которого необходимо определить величину стабильного улова и промысловое изъятие. Отрезок ординаты ВС (причем ВС=ОС) определяет величину той части пополнения, которая соответствует замещающему уровню и должна обеспечивать воспроизводство будущего поколения, а вместе с тем и будущую стабильность промысла. Верхний отрезок АВ ординаты соответствует той части пополнения, которая должна обеспечивать стабильный улов. На графике видно, что длина отрезка АВ становится максимальной несколько левее по кривой. Частное от деления АВ / АС, таким образом, будет соответствовать общему промысловому изъятию.

Результаты и обсуждение

По расчисленным в программе STATISTICA уравнениям связи родители-потомство по модели У.Е. Рикера (1954) и модели Дж. Шепарда(1982) оценили величину стабильного улова и промыслового изъятия, которые соответствовали заданной величине родительского стада. Расчеты провели для численности производителей-родителей от 1,000 до 2,300 млн. особей. Результаты расчетов свели в таблицу (таблица).

Из анализа цифр, помещенных в таблицу, следует, что, при существующем в настоящее время уровне воспроизводства, заполнение нерестилищ в р. Озерная (оз. Курильское) следует сохранять в среднем в пределах 1,500–1,800 млн. экз. производителей нерки. Это количество производителей способно обеспечить возвраты на уровне 10,400–10,600 млн. и подходы к берегу — 9,300–9,500 млн., из которых 7,700–7,800 млн. (19,250–19,500 тыс. т) половозрелой нерки может быть изъято береговым промыслом. Однако следует учесть, что эти цифры являются расчетными средними, и фактические возвраты не всегда с ними совпадают.

Исследования, проведенные А.В. Засосовым (1969) на числовых примерах показали, что изменение внешних условий окружающей среды приводит к появлению флюктуаций в пополнении, а также и в величине улова, даже при неизменной интенсивности промысла. На рост рыб и формирование численности поколений, в частности нерки, оказывает влияние много факторов среды. Эти факторы (биотичес-

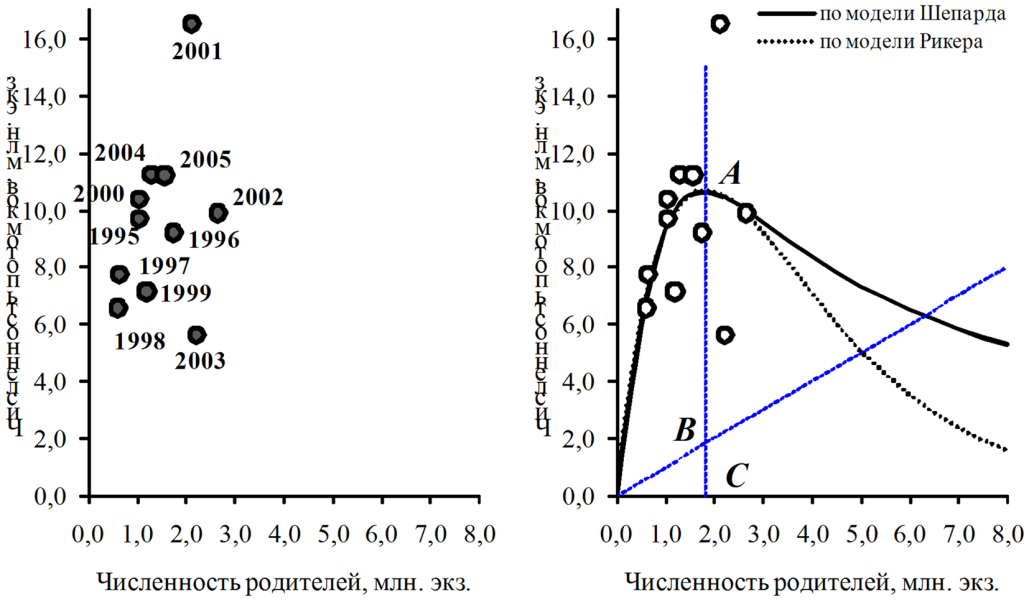


Рис. 2. Связь родители-потомство по моделям: У.Е. Рикера и Дж. Шепарда, у нерки р. Озерная поколений 1995–2005 гг.

кие и абиотические) могут действовать как в сторону улучшения, так и в сторону ухудшения условий роста и выживания лососей. При благоприятном стечении обстоятельств численность пополнения, соответствующая данной величине родительского стада, окажется возросшей, и, наоборот, при неблагоприятных условиях и других значениях факторов окружающей обстановки численность пополнения при такой же величине родительского стада окажется уменьшенной.

В качестве примера можно привести ситуацию, отмеченную нами у нерки стада р. Озерная для поколений 2001, 2002 и 2003 годов. Как можно видеть на графике (рис. 2), фактические точки (возвраты) в двух из трех случаях не ложатся на расчетную кривую. При примерно одинаковой численности производителей-родителей, равной 2,110–2,200 млн. особей, отмечено как увеличение (например, для поколения 2001 г. — самая высокая точка на графике), так и уменьшение (для поколения 2003 г. — самая низкая точка на графике) фактической численности возвратов нерки стада р. Озерная против теоретически ожидаемой. А фактическая численность поколения 2002 г. (от нереста 2,635 млн. экз. производителей-родителей) оказалась практически равной расчетной величине.

Межгодовая изменчивость роста молоди нерки в пресноводный период жизни в зависимости от условий нагула является одной из наиболее важных особенностей этого вида, что отражается на ее дальнейшей выживаемости в море и динамике численности популяции. На рост нерки оказывают влияние кормовые условия, температура воды, численность самой молоди нерки и ее пищевых конкурентов и другие факторы (Foerster, 1968; Крогиус и др., 1987; Burgner, 1991; Бугаев, 1995). Процессы роста молоди нерки в пелагиали оз. Курильское очень четко и достоверно лимитируются численностью кормовых организмов *Cyclops scutifer* и *Daphnia longiremis*, контролируются — температурой воды и вертикальными градиентами температуры воды (Бугаев, Дубынин, 1999, 2000).

Основу численности поколений нерки р. Озерная составляют рыбы, прожившие в пресной воде два года (Селифонов, 1970, 1970а; Дубынин, Бугаев, 1988, 2004; Бугаев, 1995). Так в рассмотренных поколениях 2001–2003 гг. смолты-двухгодовики соответственно составили: 95,0, 69,4 и 63,8% всей мигрировавшей в море на нагул молоди. Эта молодь до ската росла в оз. Курильское в 2002–2005 гг. Условия нагула молоди в озере в эти годы характеризовались как средние в 2002–2003, очень хорошие — в 2004 и неблагоприятные — в 2005 годы.

Таблица. Результаты расчетов некоторых характеристик для стада нерки р. Озерная (по уравнениям У.Е. Рикера и Дж. Шепарда) поколений 1995–2005 гг.

E	По модели Рикера						По модели Шепарда					
	R	***R-E***	***R-C***	***R-(C+E)***	v_{R-E}	v_{R-C}	***R***	***R-E***	***R-C***	***R-(C+E)***	v_{R-E}	v_{R-C}
1,000	9,209	8,209	8,043	7,043	89,14	87,57	9,267	8,267	8,101	7,101	89,21	87,66
1,100	9,588	8,488	8,422	7,322	88,53	86,94	9,650	8,550	8,484	7,384	88,60	87,03
1,200	9,900	8,700	8,734	7,534	87,88	86,26	9,955	8,755	8,788	7,588	87,95	86,35
1,300	10,152	8,852	8,986	7,686	87,19	85,53	10,190	8,890	9,024	7,724	87,24	85,59
1,400	10,348	8,948	9,182	7,782	86,47	84,75	10,365	8,965	9,199	7,799	86,49	84,78
1,500	**10,495**	**8,995**	**9,328**	**7,828**	**85,71**	**83,92**	**10,489**	**8,989**	**9,322**	**7,822**	**85,70**	**83,91**
1,600	**10,596**	**8,996**	**9,429**	**7,829**	**84,90**	**83,03**	10,567	8,967	9,401	7,801	84,86	82,98
1,700	10,656	8,956	9,489	7,789	84,05	82,09	10,608	8,908	9,441	7,741	83,97	81,99
1,800	**10,679**	**8,879**	**9,513**	**7,713**	**83,14**	**81,08**	**10,616**	**8,816**	**9,450**	**7,650**	**83,04**	**80,95**
1,900	10,670	8,770	9,503	7,603	82,19	80,01	10,598	8,698	9,432	7,532	82,07	79,85
2,000	10,631	8,631	9,464	7,464	81,19	78,87	10,557	8,557	9,391	7,391	81,06	78,70
2,100	10,565	8,465	9,399	7,299	80,12	77,66	10,498	8,398	9,332	7,232	80,00	77,50
2,200	10,477	8,277	9,310	7,110	79,00	76,37	10,424	8,224	9,257	7,057	78,89	76,23
2,300	10,367	8,067	9,201	6,901	77,81	75,00	10,337	8,037	9,170	6,870	77,75	74,92

Примечание: E — численность производителей-родителей, млн. экз.;
R — численность потомков, млн. экз.;
C — вылов судами-дрифтерами в море;
R-E — максимальный возможный вылов, млн. экз.;
R-C — подход к берегу, млн. экз.;
R-(C+E) — береговой вылов, млн. экз.;
v_{R-E} — общее промысловое изъятие, %;
v_{R-C} — промысловое изъятие от подхода к берегу, %.
Средний вылов нерки стада р. Озерная дрифтерами в море в 2001–2011 гг. составил (0,165–2,042) 1,166 млн. экз. в год.

Средняя биомасса кормового зоопланктона в пелагиали в слое 0–100 м во втором полугодии по данным Т.В. Бонк (2008) составила соответственно в 2002–2005 гг. 176,02, 194,01, 125,17 и 69,68 мг/м^3; средний показатель за период 1996–2005 гг. равнялся 91,54 мг/м^3.

Масса тела смолтов-двухгодовиков поколений 2001 и 2003 гг. равнялась в среднем 7,8 и 5,7 г и уступала, особенно заметно во втором случае, средней многолетней (1943–2011 гг.) характеристике, равной 8,0 г. Двухгодовалые смолты поколения 2002 г. (9,6 г), наоборот, заметно превышали по массе средний многолетний показатель. Это, в какой-то мере, объясняет расположение точек поколений 2001 г. и 2003 г. на графике.

Кроме того, исследования недавних лет показали, что на формирование численности поколений нерки р. Озерной с 1995 г. и последующих лет заметное влияние оказывал ранний морской период жизни молоди в Охотском море. По нашим данным (Дубынин, 2005; Дубынин и др., 2007б; Бугаев и др., 2009), рост численности подходов нерки р. Озерная в последние годы в значительной степени связан с повышенной выживаемостью молоди в ранний морской период. С 1998 по 2008 гг. из оз. Курильское скатывались в море смолты возраста 2+, средние навески которых уступали около 20% средним многолетним показателям, что, как правило, предполагает повышенную смертность этих рыб в море и снижение численности возвратов, о чем свидетельствуют данные ряда исследователей (Burgner et al., 1969; Goodlad et al., 1974; Koenings, Burkett, 1987; Burgner, 1991). Однако возвраты половозрелой нерки в 2000–2002 гг. были почти в 2-3 раза выше прогноза, что означало только одно — повышенную выживаемость именно в первые месяцы после ската смолтов из оз. Курильское в Охотское море. Для лососей процесс смолтификации и состояние кормовой базы в момент перехода на питание морскими организмами является одним из самых критических периодов в их жизни; смертность молоди в этот период может достигать 90% и более (Карпенко, 1998).

Перейдем к оценке рассчитанной нами численности оптимального заполнения нерестилищ в оз. Курильское (р. Озерная), равной 1,500–1,800 млн. производителей нерки.

Анализируя данные, характеризующие связь величин пропуска и возврата лососей, Т.В. Егорова с соавторами (1961) определили оптимальную численность производителей нерки р. Озерная в 2,500–3,500 млн рыб. А.Г. Остроумов (1970), беря за основу величину нерестовых площадей в бассейне р. Озерная, пришел к такому же примерно результату — 2,500–3,000 млн рыб, считая, что это количество производителей не приведет к переполнению нерестилищ. Несколько ранее, В.В. Меншуткин и Ю.Я. Кисляков (1968) пришли к заключению, что стадо р. Озерная может потерять промысловое значение при постоянном заходе на нерест менее 1,000 млн экз. производителей нерки. М.М. Селифонов (1988), проанализировав материалы 1940–1969 гг., считает, что оптимум составляет 1,350–1,900 млн экз., что позволяет обеспечить расширенное воспроизводство и вылов 4,800–6,700 млн рыб или 12,0–16,0 тыс. тонн нерки, причем в отдельные периоды значения оптимальной численности производителей могут, как повышаться, так и понижаться. Расчеты В.Ф. Бугаева и В.А. Дубынина (2002) для поколений 1970–1992 гг. позволили им сделать однозначный вывод, что для наиболее рационального использования запасов нерки р. Озерная на нерестилища необходимо пропускать порядка 2,000 млн. экз. производителей.

Таким образом, цифра рассчитанной нами для 1995–2005 гг. нереста производителей-родителей численности оптимального заполнения нерестилищ неркой в бассейне р. Озерная (оз. Курильское) не противоречит результатам, полученным ранее другими исследователями.

В заключение заметим, что мониторинговые наблюдения КамчатНИРО дают основание предположить очередное возможное заметное положительное отклонение численности возврата нерки р. Озерная от теоретически ожидаемой величины для поколения 2007 г.

Заключение

В 1995–2005 гг. стадо нерки р. Озерная находилось на высоком уровне численности, сравнимом с таковым первых десяти лет (1952–1961 гг.) развития японского дрифтерного промысла в море. Уровень общего промыслового изъятия и численность нерестовой части популяции, близкая к оптимальной, в оба рассматриваемых периода так же были примерно одинаковы. Разница заключалась в том, что, если в 1952–1961 гг. сильно преобладал морской дрифтерный, то в 1995–2005 гг. акцент был сделан на береговой промысел (Дубынин, 2005).

В последние шесть лет нерку стада р. Озерная, как и в 1995–2005 гг. изымал в основном береговой промысел. Среднее заполнение нерестилищ производителями-родителями в 2000–2005 гг. (1,810 млн. рыб), от которых в основном произошел возврат потомков в 2006–2011 гг., равнялось оптимальной для озерновской популяции величине. Однако, в 2006–2011 гг. средняя численность зрелой части стада превысила 10,0 млн. рыб и популяция перешла на новый более высокий, являющийся исторически максимальным с 1941 г., уровень численности.

Проведенное исследование позволяет положительно ответить на вопрос об обоснованности рекомендаций КамчатНИРО о необходимости пропуска на нерест в р. Озерная (оз. Курильское) от 1,500 до 1,800 млн производителей нерки. Это количество производителей способно обеспечить возвраты в среднем 10,400–10,600 млн и подходы к берегу — 9,300–9,500 млн, из которых 7,700–7,800 млн или 19,250–19,500 тыс. т половозрелой нерки может быть изъято береговым промыслом.

Список литературы

Антонов Н.П., Бугаев В.Ф., Дубынин В.А. 2007.Биологическая характеристика и динамика численности основных стад азиатской нерки — рек Озерной и Камчатки // Вопр. рыболовства. Т. 8. №3 (31). С. 418–458.

Бонк Т.В. 2008. Состояние зоопланктонного сообщества и характеристика кормовой обеспеченности молоди нерки в пелагиали оз. Курильское (Камчатка) в период 2001–2005 гг. // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 155. С. 172–185.

Бугаев А.В. 2003. Идентификация локальных стад нерки Oncorhynchus nerka по чешуйным критериям в юго-западной части Берингова моря и сопредельных водах Тихого океана в период преднерестовых миграций. Сообщение 3. (оценка промыслового изъятия) // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 132. С. 204–229.

Бугаев В.Ф. 1995. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности). М.: Колос, 464 с.

Бугаев В.Ф., Дубынин В.А. 1999. Факторы, определяющие длину и массу тела смолтов нерки *Oncorhynchus nerka*, мигрирующих из оз. Курильского (р. Озерная) и оз. Азабачьего (р. Камчатка) // Изв. Тихоок. науч.-исслед. института рыбн. х-ва и океаногр. Т. 126. Ч. 2. С. 383–400.

Бугаев В.Ф., Дубынин В.А. 2000. Факторы, определяющие длину и массу тела смолтов нерки *Oncorhynchus nerka*, мигрирующих из оз. Курильское (р. Озерная) и оз. Азабачье (р. Камчатка). Анализ методом пошаговой регрессии // Сб. научн. докл. Российско-американской конф. По сохранению лососевых, 4-8 октября 1999 г. Вопросы взаимодействия естественных и искусственных популяций лососей. Хабаровск: Хабаровское отделение ТИНРО-центра С. 35–49.

Бугаев В.Ф., Дубынин В.А. 2002. Факторы, влияющие на биологические показатели и динамику численности нерки *Oncorhynchus nerka* рек Озерной и Камчатка // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 130. С. 679–757.

Бугаев В.Ф., Маслов А.В., Дубынин В.А. 2009.Озерновская нерка (биология, численность, промысел). Петропавловск-Камчатский: Изд-во "Камчатпресс", 156 с.

Дубынин В.А. 2005. Мониторинг стада нерки р. Озерная (по материалам 2003–2004 гг.) // Материалы отчетной сессии КамчатНИРО по итогам научно-исследовательских работ в 2004 г. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 75–82.

Дубынин В.А., Бугаев В.Ф. 1988. Изменчивость качественных показателей смолтов нерки в связи с фертилизацией // В кн.: Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки. Владивосток: ТИНРО. С. 83–104.

Дубынин В.А., Бугаев В.Ф. 2004. Качественные показатели смолтов нерки *Oncorhynchus nerka* стада р. Озерной в 1965–1973 и 1992–2002 годы и особенности структуры пресноводной части чешуи рыб поколения 1994 года // Доклады IV научной конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 17–18 ноября 2003 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 33–46.

Дубынин В.А., Бугаев В.Ф, Шевляков Е.А. 2007а. К вопросу о возможном прилове морскими ставными неводами возле некоторых второстепенных рек западной камчатки нерки, не принадлежащей стадам этих рек// Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 149. С. 226–241.

Дубынин В.А., Шевляков Е.А., Ильин О.И. 2007б. К методике прогнозирования численности поколений нерки *Oncorhynchus nerka* стада р. Озерной // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 149. С. 219–225.

Егорова Т.В., Крогиус Ф.В., Куренков И.И., Семко Р.С. 1961. Причины колебаний численности красной р. Озерной // Вопр. ихтиологии. Т. 1. Вып. 3. С. 439–447.

Засосов А.В. 1969. Теория воспроизводства рыбных запасов // Тр. ВНИРО. Т. LXVII. Вып. 1. С. 101–111.

Карпенко В.И. 1998. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО, 196 с.

Крогиус Ф.В., Крохин Е.М., Меншуткин В.В. 1987. Тихоокеанский лосось-нерка в экосистеме оз. Дальнего (Камчатка) // Л.: Наука, 200 с.

Меншуткин В.В., Кисляков Ю.Я. 1968. Модельное исследование промысла красной р. Озерной // Рыбн. хоз-во. №4. С. 86–90.

Остроумов А.Г. 1970. Результаты аэровизуального учета и аэрофотосъемки красной и ее нерестилищ в бассейне оз. Курильского // Изв. Тихоок. науч.-исслед. института рыбн. х-ва и океаногр. Т. 78. С. 17–32.

Селифонов М.М. 1970. О структуре чешуи молоди красной оз. Курильского // Изв. Тихоок. науч.-исслед. института рыбн. х-ва и океаногр. Т. 74. С. 94–100.

Селифонов М.М. 1970а. Вопросы роста молоди красной озера Курильского // Изв. Тихоок. науч.-исслед. института рыбн. х-ва и океаногр. Т. 78. С. 33–41.

Селифонов М.М. 1988. Об оптимуме производителей нерки бассейна реки Озерной // В кн.: Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки. Владивосток: ТИНРО. С. 129–136.

Bugayev V.F., Dubynin V.A. 2000. Factors influencing abundance of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) from the Ozernaya River, Southwest Kamchatka // North Pac. Anadromous Fish. Com. Bull. № 2. Vancouver, Canada. P. 181–189.

Burgner R.L. 1991. Life history of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) // Pacific Salmon Life Hystories / Ed. C. Groot and L. Margolis. Vancouver. Canada. U.B.C. Press. P. 3–117.

Burgner R.L., DiCostanzo C.L., Ellis R.L., Harry C.J., Hartman W.L., Kerns O.E., Mathisen O.A., Royce W.F. 1969. Biological studies and estimates of optimum escapements of sockeye salmon in South Western Alaska. // U.S. Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull. 67(2). P. 405–459.

Foerster R.E. 1968. The Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka* // Fish. Res. Board of Canada. Bull. 162, 442 p.

Goodlad J.C., Giernes T.W., Brannon E.L. 1974. Factors affecting sockeye salmon (Oncorhynchus nerka) growth in four lakes of the Fraser River system // J. Fish. Res. Board Can. V. 31. No. 5. P. 871–892.

Koenings J.P., Burkett R.D. 1987. Population characteristics of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) smolts relative to temperature regimes, euphotic volume, fry density, and forage base within Alaskan lakes // Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management / Eds. Smith H.D., Margolis L. and Wood C.C. Can. Spec. Publ. of Fish. and Aquat. Sci. V. 96. P. 216–234.

Ricker W.E. 1954. Stock and recruitment // J. Fish. Res. Bd. of Canada. V. 11(5). P. 559–623.

Shepherd J.G. 1982. A versatile new stock and recruitment relationship to fisheries and the construction of sustainable yield curve // J. Cons. Int. Exp. Mer. V. 40. P. 67–75.

УДК 639.2.053.8

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ НЕРЕСТОВОЙ БИОМАССЫ ЗАПАДНОКАМЧАТСКИХ КАМБАЛ

Дьяков Ю. П.

ФГУП "КамчатНИРО", г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: diakov@kamniro.ru

Введение

К массовым видам камбал, имеющих то или иное промысловое значение и обитающих в пределах западнокамчатского шельфа, можно отнести (исключая палтусов) семь видов: желтоперую *Limanda aspera* (Pallas), четырехбугорчатую *Pleuronectes quadrituberculatus* (Pallas), сахалинскую *Limanda sakhalinensis* (Hubbs), хоботную *Myzopsetta proboscidea* (Gilbert), узкозубую палтусовидную Hippoglossoides elassodon (Jordan et Gilbert), звездчатую *Platichthys stellatus* (Pallas) и северную двухлинейную *Lepidopsetta polyxystra* (Orr et Matarese). Суммарный их вылов в последние 20 лет изменялся от 11 до 62 тыс. т, и не являлся предельно возможным. По данным В.П. Шунтова (1985) годовой улов камбал на западнокамчатском шельфе в 1956 - 1961 гг. составлял 75–130 тыс. т.

В этой связи, исследования динамики таких популяционных характеристик, как численность, промысловая и нерестовая биомасса, представляются важными и необходимыми для среднесрочного и долгосрочного прогнозирования запасов камбал, а также для разработки других рекомендаций промышленности.

Регулярная оценка запасов перечисленных видов ведется с начала 1960-х годов посредством траловой съемки, когда, в числе прочих видов рыб и беспозвоночных, определяется поддающаяся учету численность и биомасса камбал. Наиболее адекватной следует признать оценку ресурсов первых пяти видов из перечисленных, т.к. численность звездчатой и двухлинейной камбал учитывается в меньшей степени, не только в силу селективности орудия лова, но и по причине особенностей их распределения. Наибольшая часть популяции звездчатой камбалы держится в самых мелководных, прибрежных районах, куда съемка обычно не распространяется. Шельф западной Камчатки является северной частью популяции двухлинейной камбалы, в связи с чем, при траловой съемке ресурсы данного вида учитываются далеко не полностью. Данное обстоятельство вынуждает нас привлечь для настоящего исследования материалы по учету первых пяти видов, исключив аналогичные оценки, относящиеся к звездчатой и двухлинейной камбалам.

В работе предпринята попытка моделирования динамики биомассы нерестовой части популяций камбал, и на основе полученных результатов, составления ее долгосрочного прогноза. Именно нерестовая биомасса является одним из наиболее важных элементов популяции, определяющих ее состояние в дальнейшем.

Материал и методика

Материалом для исследований послужили результаты летних учетных съемок, выполненных на научно-поисковых судах ТУРНИФ, базы исследовательского флота ТИНРО, и на судах некоторых других предприятий. Использована соответствующая информация за период с 1963 по 2011 г. В качестве орудий лова использованы 27,1-, 32,5- и 50,8-метровые донные тралы. Продолжительность тралений составляла 0,5–1,0 час.

При обработке результатов траловых съемок учитывались все основные параметры, необходимые для расчета промыслового запаса каждого вида камбал методом площадей (модификация метода З.М. Аксютиной и др., 1985). Нерестовая биомасса оценивалась по возрастному составу учтенной части популяции и огиве половозрелости вида. Данные, полученные при помощи этого метода, использовались для построения моделей многолетней динамики нерестовой биомассы западнокамчатских камбал.

Моделирование и последующие прогнозы основаны на следующих предпосылках.

1. Существуют определенные закономерности и тенденции в динамике биомассы популяции в сложившемся диапазоне условий среды.

2. Такие же или близкие условия среды сохранятся в течение периода, на который дается прогноз.

Результаты и обсуждение

Биомасса нерестовой части популяций камбал, на протяжении периода наблюдений, испытывала значительные изменения (рис. 1). Суммарная биомасса пяти исследуемых видов изменялась в диапазоне 37,2 тыс. т, в 1964 г., — 722,5 тыс. т, в 1996 г. У всех камбал с конца 1970-х - начала 1980-х годов наблюдается хорошо выраженная тенденция к увеличению среднемноголетнего уровня этого показателя, при наличии существенных межгодовых колебаний. Мы связываем это обстоятельство с введением 200-мильных экономических зон и резким ограничением промыслового изъятия камбал, начиная со второй половины 1970-х годов (Дьяков, 2009).

В многолетней динамике численности и биомассы популяций или комплекса популяций можно выделить две основные составляющие: общий многолетний тренд и колебания относительно этого тренда. Очевидно, моделирование и долгосрочное прогнозирование процесса динамики имеет смысл при наличии достаточно устойчивых закономерностей и тенденций у этих составляющих. Следовательно, для решения поставленных нами задач необходимо определить наличие таких закономерностей и получить их количественные характеристики. В данном случае модель будет лишь описывать изменение объекта во времени, без анализа воздействующих на него природных и антропогенных факторов. Считаем такой подход целесообразным, т.к. долгосрочный прогноз динамики объекта на основе упомянутого анализа потребует и предварительного соответствующего прогнозирования этих факторов, что в большинстве случаев вряд ли возможно.

Для исследования тренда динамики нерестовой биомассы камбал использовали регрессионный анализ, а межгодовых ее колебаний — периодограммanализ.

Тренд биомассы камбал в течение определенного периода времени характеризует рост их популяций после ослабления неблагоприятного фактора, к которому мы относим неконтролируемый промысел до введения экономических зон. Обычно выделяют два типа роста популяций: экспоненциальный или J-образный и логистический или S-образный (Одум, 1975). Ранее мы исследовали рост учтенной при траловых съемках численности западнокамчатских камбал и пришли к выводу, что для популяций желтоперой, сахалинской и хоботной камбал в большей степени характерен логистический, а четырехбугорчатой и палтусовидной камбал — экспоненциальный рост (Дьяков, 2009). Анализ роста нерестовой биомассы перечисленных видов приводит к несколько иным выводам. У большинства популяций наблюдается осциллирующий характер ее колебаний (быстрое возрастание по экспоненте и затем резкое падение почти до начального уровня (см. рис. 1), что свойственно для экспоненциального роста. Для суммарной биомассы в первой половине периода характерны осцилляции, которые на рубеже 1990-х - 2000-х годов переходят во флуктуирующие колебания (около достигнутого среднего уровня), присущие уже логистическому росту. По всей видимости, экспоненциальный рост ограничивается какими-либо внешними, по отношению к популяции, барьерами, а логистический рост — внутрипопуляционными факторами.

Для того, чтобы выявить возможную относительно устойчивую периодичность колебаний биомассы во времени, применили периодограммanализ по методу Шустера (Руднев, Палий, 1964), в результате которого у каждого вида обнаружены определенные периоды колебаний исследуемого показателя. На основании выполненных расчетов построили периодограммы изменений нерестовой биомассы каждой популяции, а также ее суммарной величины (рис. 2).

Рассматривая периодограммы, можно отметить их сходство, с одной стороны, у относительно мелководных видов (желтоперой, четырехбугорчатой и хоботной камбал), а с другой — у обитающих в большей степени изолированно от вышеперечисленных — сахалинской и палтусовидной камбал. Это может свидетельствовать о наличии двух групп видов, существенно различающихся друг от друга по особенностям динамики численности популяций. Отметим также, что полученный результат полностью подтверждает сделанные нами ранее выводы о наличии таких групп, дифференцирующихся как по местообитаниям, так и по динамике некоторых популяционных показателей (Дьяков, 1999, 2011). Наличие пиков на периодограммах свидетельствует о том, что для динамики нерестовой биомассы желтоперой камбалы характерны 6-ти, 9-ти и 12-ти летние, четырехбугорчатой камбалы — 4-х, 6-ти и 9-ти летние, сахалинской камбалы — 4-х, 7-ми, 9-ти и 11-ти летние, хоботной камбалы — 6-ти, 9-ти и 12-ти летние, палтусовидной — 3-х, 7-ми и 11-ти летние периодичности. Таким образом, для динамики нерестовой биомассы исследуемых популяций свойственны сложные многопериодные колебания, когда на фоне долгопериодных изменений имеют место относительно короткопериодные.

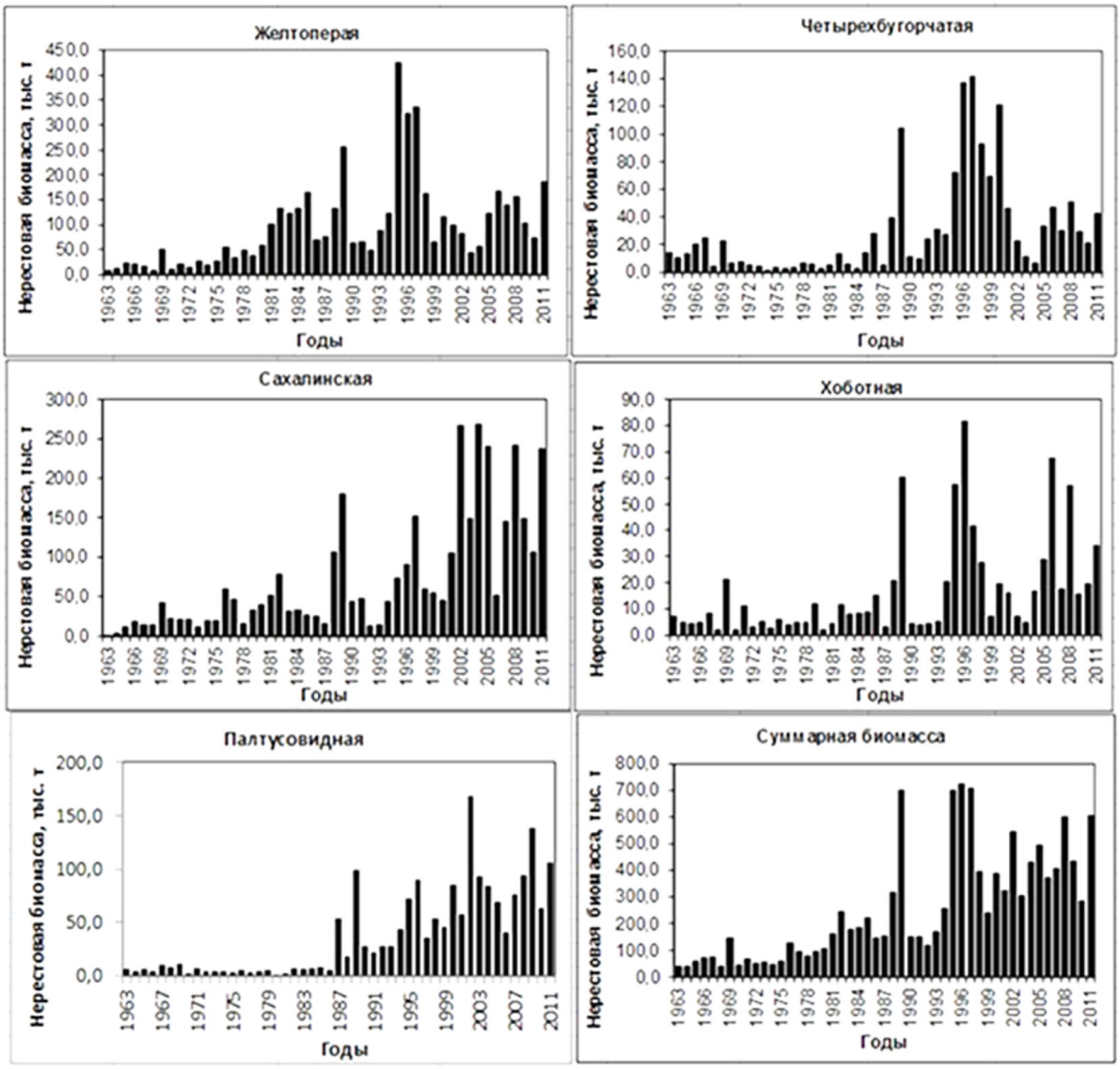


Рис. 1. Динамика нерестовой биомассы западнокамчатских камбал в период наблюдений

Не все циклы, после проверки по соответствующему тесту (Руднев, Палий, 1964), можно отнести к неслучайным. Тем не менее, в дальнейшем анализе мы использовали все выявленные периоды, т. к. используемый нами тест свидетельствует лишь о том, что для подтверждения их достоверности необходим более продолжительный ряд наблюдений. Кроме того, моделирование динамики биомассы при использовании только части выявленных периодов, делает модель слишком грубой и не учитывающей сложности динамического процесса.

Ранее нами выполнен подобный анализ по отношению к численности нерестовой части популяций камбал (Дьяков, 2009). Временной ряд наблюдений ограничивался 2006 годом. На основании имеющихся тогда данных были рассчитаны модели динамики численности половозрелых рыб пяти видов камбал, включая ее прогноз до 2020 года. С тех пор прошло более пяти лет, получены новые данные наблюдений, и представляет интерес оценить, как работают эти модели в качестве прогностических. С этой целью рассмотрели соответствие эмпирических и модельных данных в период, относившийся в то время к прогнозному, и по которому в настоящее время получены фактические материалы: с 2007 по 2011 гг. (рис. 3).

Как видно из представленных рисунков, основные тенденции динамики наблюденных и модельных значений в последние годы, за исключением 2011 года, сходны. В 2011 г. они противоположны.

В данном году учтен резкий всплеск численности западнокамчатских камбал, относительно численности, зафиксированной в последние несколько лет, что не является характерным для этих видов.

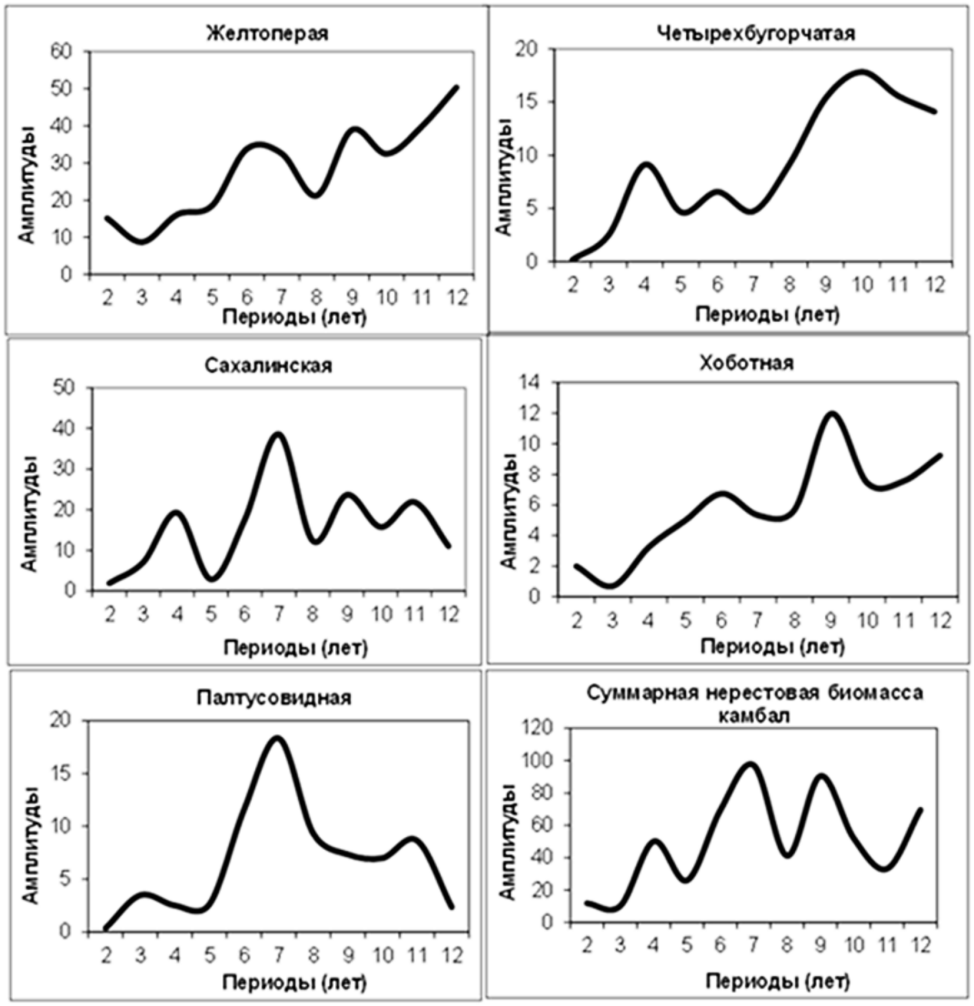


Рис. 2. Периодограммы динамики нерестовой биомассы западнокамчатских камбал

Вполне вероятно, что это может быть и следствием ошибки при оценке запасов, вызванной какими-либо методическими отклонениями в ходе проведения траловой учетной съемки. Следует иметь в виду, что аналогичный резкий подъем учтенной при траловой съемке численности отмечен в 2008 г., однако он не подтвердился последующими съемками.

Некоторое, наблюдающееся в отдельные периоды (см. рис. 3), смещение во времени модельных значений относительно учтенной численности, вызвано, вероятно, тем, что в модели жестко задана периодичность изменений, кратная одному году, что вряд ли является правилом для природных популяций и экосистем. Скорее всего, она в той или иной степени, приближается к такой периодичности на протяжении многолетнего периода. В этой связи, при исследовании динамики нерестовой биомассы камбал, мы производили настройку моделей, с учетом того, что выявленные периоды ее изменений могут не являться абсолютно фиксированными, а в какой-то степени варьируют в многолетнем ряду.

Возвращаясь к характеристике нерестовой биомассы, необходимо отметить, что у отдельных популяций она изменяется относительно больше, чем суммарная биомасса пяти видов (табл. 1). По нашему мнению, это может свидетельствовать о том, что стабилизация репродуктивной биомассы экологически близких и совместно обитающих видов осуществляется, в первую очередь, на уровне их комплекса, а потом уже на уровне отдельных популяций. В пользу такой точки зрения может говорить и то, что осциллирующий характер колебаний суммарной биомассы после определенного периода переходит во флуктуирующий, т. е. экспоненциальный рост сменяется логистическим.

Модели динамики биомассы западнокамчатских камбал построены на основании комплекса периодических и непериодических функций. В качестве непериодических составляющих использованы экспоненциальная: $Y=ae^{bx}$ и логистическая: $Y=N/(1+10^{a+bx})+C$ функции (Лакин, 1980), а периодической: $Y=C_0+C_1 sin(wt+И)+\ldots C_n sin(wt+И)$ (Руднев, Палий, 1964).

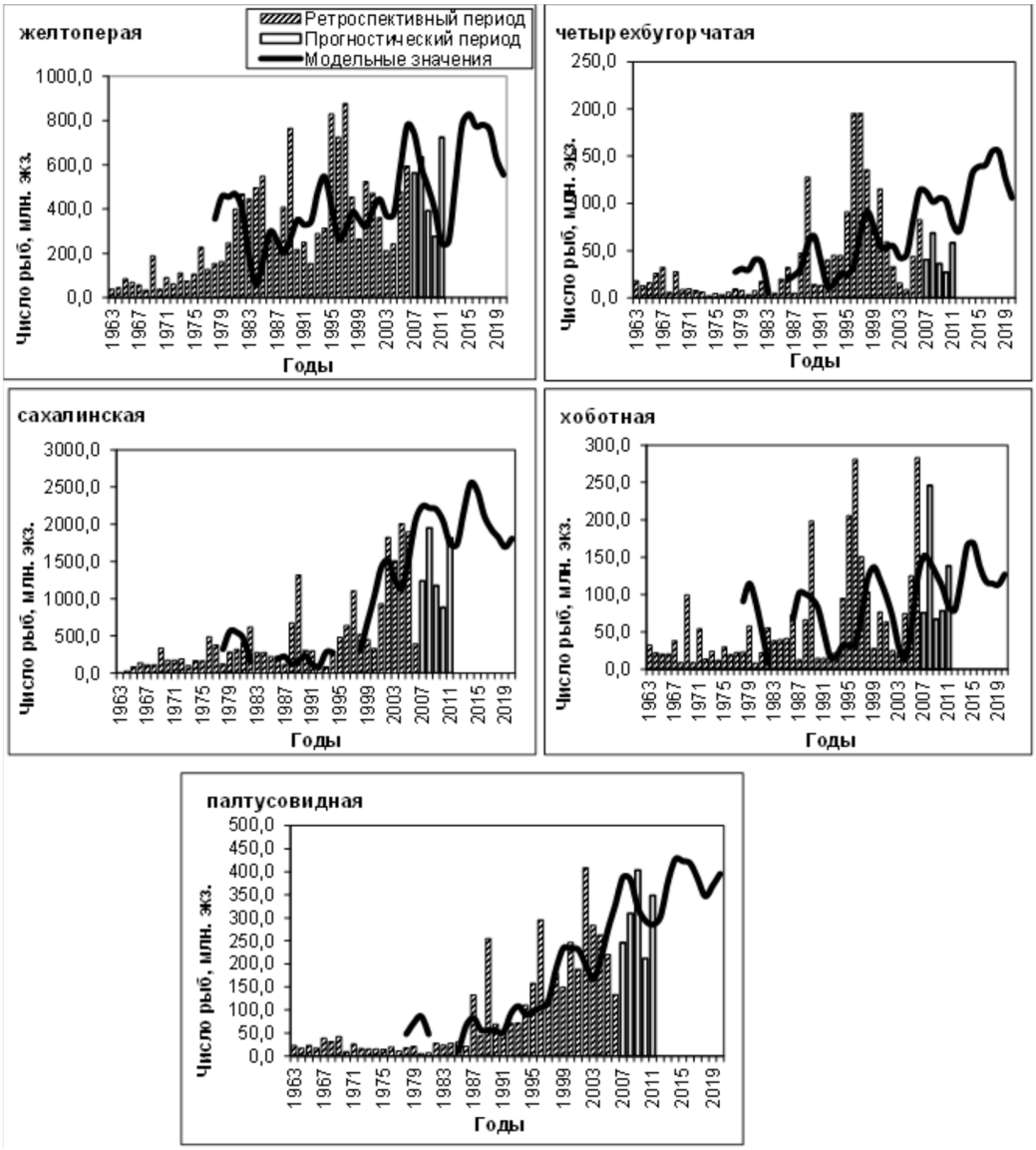


Рис. 3. Эмпирические и модельные значения численности нерестовой части популяций западнокамчатских камбал

Полагаем, что характер кратковременных изменений биомассы популяции может отличаться от многолетнего тренда, характеризующего рост ее среднего уровня в течение длительного периода. И, если, для относительно короткого отрезка времени, многим популяциям камбал свойственен экспоненциальный рост, то различия в общем характере роста их биомассы (экспоненциальном или логистическим) на протяжении всего периода наблюдений, невелики (табл. 2). Поэтому, при выборе варианта модели мы руководствовались, тем чтобы: 1 — модельные значения биомассы в наименьшей степени отклонялись от эмпирических данных и 2 — максимальные прогностические по модели значения биомассы в наименьшей степени превосходили наибольшие фактические ее величины, зафиксированные в период наблюдений.

Таблица 1. Коэффициенты вариации нерестовой биомассы западнокамчатских камбал в течение периода исследований

Виды камбал	Коэффициенты вариации (%)
Желтоперая	90,8
Четырехбугорчатая	117,7
Сахалинская	102,0
Хоботная	113,7
Палтусовидная	107,7
Суммарная биомасса	**81,3**

Построенные аналитические модели выглядят следующим образом:

– для желтоперой камбалы:

$$B_i=96,6+27,8243\sin(1,0178t_i+69,7815) - 17,47\sin(0,6130t_i - 21,6057)+$$
$$+33,3491\sin(0,4378t_i - 25,5553) - 141,35e^{-0,1129\,ti};$$

– для четырехбугорчатой камбалы:

$$B_i=29,7+15,0045\sin(1,6647t_i+27,6896)+13,5117\sin(1,0463t_i+75,0755)+$$
$$+16,4635\sin(0,6607t_i+60,2147)+0,3219e^{0,0859ti};$$

– для сахалинской камбалы:

$$Bi=72,6+36,8662\sin(1,6127ti+22,8091)+38,7696\sin(0,8957ti - 40,7563)+$$
$$+15,9128\sin(0,7105ti - 4,3207)+37,8938\sin(0,5835ti+9,6727)+$$
$$+268/[1+10^{(1,5837 - 0,0366\,t\,i)}]+1,2;$$

– для хоботной камбалы:

$$B_i=16,5+11,5616\sin(1,1269t_i+78,1559)+10,7488\sin(0,6391t_i - 32,7135)+$$
$$+15,3049\sin(0,5467t_i - 22,4544)+3,7628e^{0,0377\,t\,i};$$

– для палтусовидной камбалы:

$$B_i=37,5+9,3822\sin(2,0198t_i+4,9713)+26,3765\sin(0,9062t_i - 8,8221)+$$
$$+9,0826\sin(0,5363t_i+36,0803)+168,6/[1+10^{(3,4016 - 0,0713\,t\,i)}]+1,8;$$

где B_i — нерестовая биомасса, тыс. т, t_i — порядковый номер года, начиная с 0 — 1963 г., 1 — 1964 г…,62 — 2025.

Графическая интерпретация приведенных моделей показана на рисунке 4.

Полученные результаты показывают в период с начала 1960-х годов до средины 1980-х годов значительное превышение модельных значений биомассы большинства видов, над ее учтенными при траловых съемках, а также несоответствие динамики сравниваемых величин. В это время нерестовая часть популяций камбал формировалась под влиянием высокого и практически не контролируемого промыслового пресса. Влияние промысла могло преобладать над природными факторами, естественным образом определяющими динамику популяций, что отрицательным образом сказалось на ее интерпретации моделированием.

В последующий период значительного ослабления промысла, численность камбал, по нашему мнению, стала складываться, главным образом, под воздействием природных факторов. Как можно видеть, тенденции изменений нерестовой биомассы популяций в этот временной промежуток описываются моделями довольно удовлетворительно.

Построенными моделями (см. рис. 4) прогнозируется возрастание среднемноголетнего уровня биомассы, главным образом, у сахалинской камбалы (максимальные величины прогнозируются в середине 2010-х и середине 2020-х годов, а минимальные – в начале 2020-х годов) и у палтусовидной камбалы (максимальные величины ожидаются во второй половине 2010-х и середине 2020-х годов, а минимальные – в начале и конце 2010-х годов). Модель не показывает существенного роста нерестовой биомассы желтоперой камбалы. Ожидается, что она будет колебаться около среднего, достигнутого в последние десятилетия, уровня. Биомассы четырехбугорчатой и хоботной камбал достигнут максимума в конце 2010-х годов, затем, в начале 2020-х годов, резко снизятся с последующим подъемом.

Как отмечалось ранее, мы полагаем, что в определенный момент экспоненциальный рост суммарной биомассы исследуемых видов сменился на логистический. По всей видимости, это произошло после прохождения ее максимального пика в конце 1990-х годов (см. рис. 1). При построении модели мы

Таблица 2. Сумма модулей отклонений трендов нерестовой биомассы камбал (тыс. т) от фактических величин в период наблюдений

Виды камбал	Функция тренда	
	Логистическая	Экспоненциальная
Желтоперая	2297,6	2300,0
Четырехбугорчатая	939,0	944,2
Сахалинская	1618,3	1582,1
Хоботная	480,0	481,0
Палтусовидная	647,0	695,9

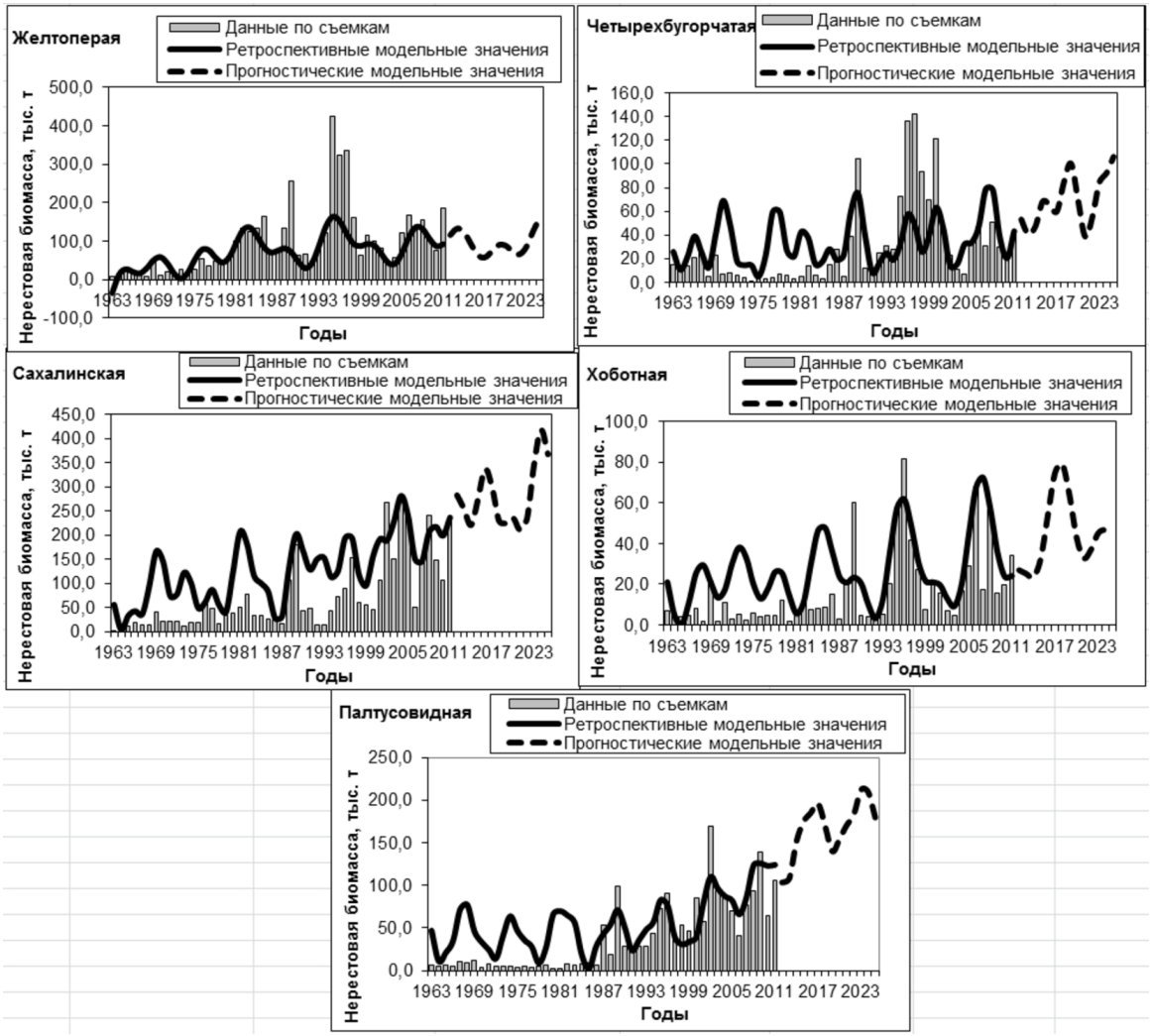


Рис. 4. Эмпирические и модельные значения нерестовой биомассы у популяций западнокамчатских камбал

учли эту особенность. Модель суммарной нерестовой биомассы популяций камбал состоит, таким образом, из двух частей, первая из которых (до 2000 г.) основана на экспоненциальной функции, а вторая – на логистической. Для приведения в действие одной из частей модели и соответствующего отключения другой части, в зависимости от периода моделирования, введены двоичные коды (0; 1) α и β. В аналитическом виде модель выглядит следующим образом:

$$B_i=[252,9+128,4954\sin(1,6126t_i+23,1408)+95,4865\sin(0,8826t_i-33,8467)+$$
$$+117,9519\sin(0,7235t_i+2,2559)+93,6290\sin(0,4833t_i-27,3708)+0,4016*e^{0,1617ti}]*\alpha_i+$$
$$+\{252,9+113,4793\sin(1,8031t_i+20,6812)+137,5656\sin(0,8916t_i)+$$
$$+163,0104\sin(0,6737t_i)+59,2089\sin(0,4552t_i)+722,5/[1+10^{(2,8090-0,0533ti)}]+37,3\}*\beta_i;$$

где B_i — нерестовая биомасса, тыс. т;

t_i — порядковый номер года, начиная с 0 — 1963 г., 1 — 1964 г…,62 — 2025.

α_i и β_i — двоичные коды (α_i равна 1 — в период 1963–1999 гг. и 0 — в период 2000–2025 гг. β_i равна 0 — в период 1963–1999 гг. и 1 — в период 2000–2025 гг.).

Две упомянутые составные части модели выделены, квадратными и фигурными скобками. Форматируя, соответствующим образом, коды для различных других выбранных промежутков времени, можно исследовать динамику биомассы камбал, приводя в действие части модели со своими непериодическими функциями. В графическом виде данная модель показана на рис. 5.

Модель прогнозирует значительное снижение суммарной биомассы во второй половине 2010-х и резкий ее подъем с последующим падением в первой половине 2020-х годов.

Необходимо отметить, что прогноз динамики суммарной биомассы камбал плохо совпадает, либо не совпадает совсем, с ее ожидаемыми изменениями у отдельных видов. Вызвано это, по всей видимости,

особенностями варьирования межвидового соотношения в общей биомассе рассматриваемого комплекса камбал. Ранее мы отмечали, что для каждого из составляющих данный комплекс вида, характерны свои специфические черты изменчивости биомассы во времени, и ее возрастание у одних камбал происходит на фоне снижения у других (Дьяков, 2002). Кроме того, сама методология построения наших моделей подразумевает, что сумма модельных значений биомассы отдельных видов будет отличаться от смоделированных величин суммарной биомассы всего комплекса камбал. В первом случае идет моделирование динамики нерестовой биомассы конкретных популяций, имеющей в каждом случае свои особенности, а во втором — суммарной биомассы всего комплекса, т. е. надпопуляционной характеристики.

Для решения вопроса о выборе более предпочтительного способа прогнозирования мы оценили точность описания соответствующими моделями учтенной при съемках биомассы отдельных популяций и, в том и другом варианте, ее суммарной величины (табл. 3). С этой целью взяты периоды роста нерестовой биомассы камбал после значительного сокращения промыслового пресса на их популяции. В соответствии с рис. 1, мы определили начало такого периода для желтоперой камбалы — 1978 г., для четырехбугорчатой камбалы — 1985 г., для сахалинской камбалы — 1979 г., для хоботной камбалы – 1981 г., для палтусовидной камбалы — 1987 г., а для их суммарной нерестовой биомассы — 1981 г. По всей видимости, воздействие неконтролируемого промысла, имевшего место до введения 200-мильных зон, прослеживалось значительно дольше у поздно созревающих четырехбугорчатой и палтусовидной камбал, по сравнению с относительно быстро созревающими желтоперой, сахалинской и хоботной камбалами. Конец периодов для всех видов приходится на 2011 г.

Таким образом, судя по величине отклонений модельных значений от фактических данных, за которые приняты результаты траловых учетных съемок, наиболее удовлетворительно интерпретируется при помощи моделей динамика нерестовой биомассы желтоперой камбалы и суммарная нерестовая биомасса всех исследуемых видов. Нужно отметить, что желтоперая камбала занимает ведущее место по биомассе среди других камбал у западной Камчатки. Несколько хуже поддается моделированию изменчивость нерестовой биомассы палтусовидной камбалы, основные концентрации которой располагаются отдельно от других видов на более значительных глубинах. Моделирование динамики популяций остальных видов камбал показало существенно худшие результаты. При перспективном прогнозировании единая модель суммарной биомассы камбал гораздо предпочтительнее суммирования модельных значений для каждого вида.

Таблица 3. Средние отклонения (в %, по модулю) смоделированных значений нерестовой биомассы камбал от учтенных в процессе траловых съемок величин в периоды популяционного роста

Виды камбал	Желтоперая	Четырехбугорчатая	Сахалинская	Хоботная	Палтусовидная	Сумма модельных значений	Модель суммарной биомассы
Отклонения (%)	24,3	73,7	161,2	124,0	37,6	41,3	28,3

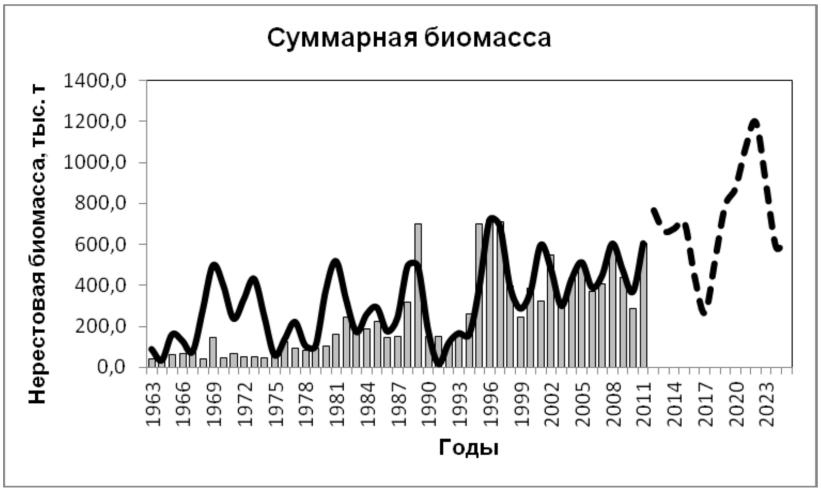


Рис. 5. Эмпирические и модельные значения суммарной нерестовой биомассы западнокамчатских камбал. Обозначения как на рис 4

Следует иметь в виду, что, если максимальная нерестовая биомасса камбал, зафиксированная в период наблюдений, ограничена емкостью среды, то превышающие ее прогностические величины могут быть достигнуты лишь в случае возрастания такой емкости.

Заключение

Длительный, многолетний период наблюдений за популяциями важнейших промысловых видов западнокамчатских камбал показал, что для всех них свойственна сложная периодическая динамика нерестовой биомассы. На фоне заметного популяционного роста и долгопериодных колебаний наблюдается ее более кратковременная и периодическая изменчивость. Некоторые результаты исследования позволяют предположить, что стабилизация репродуктивной биомассы экологически близких и совместно обитающих видов осуществляется, в первую очередь, на уровне их комплекса, а потом уже на уровне отдельных популяций.

По всей видимости, модельная интерпретация динамики биомассы может быть применена к периоду значительного снижения промыслового пресса на ресурсы камбал, когда в формировании их численности основную роль начинают играть природные факторы.

В недалекой перспективе — второй половине 2010 годов не следует ожидать увеличения нерестовой биомассы основного промыслового вида — желтоперой камбалы, а также вероятно значительное снижение ее суммарного для всех камбал уровня. В то же время могут существенно вырасти ресурсы сахалинской и палтусовидной камбал.

Произведенное моделирование наиболее удовлетворительно может быть использовано для долгосрочного прогнозирования запасов основного промыслового вида — желтоперой камбалы, а также динамики суммарной биомассы пяти видов камбал.

Выполняя данное исследование, мы не ставили целью при помощи представленных моделей оценивать общий допустимый улов (ОДУ) камбал на длительную перспективу. Основной нашей задачей было охарактеризовать особенности динамики нерестовой части популяций камбал и более вероятные ее тенденции в будущем для принятия заблаговременных решений по управлению ресурсами камбал.

Благодарности

Автор благодарит всех сотрудников «КоТИНРО» (ФГУП «КамчатНИРО») и «ТИНРО» (ФГУП «ТИНРО-Центр»), принимавших участие в сборе первичных материалов по биологии и численности западнокамчатских камбал.

Список литературы

Аксютина З.М., Буханевич И.Б., Шейнис Л.З. 1985. О методике определения численности популяций рыб // Рыб. хоз-во. № 9. С. 58–60.

Дьяков Ю.П. 1999. Некоторые аспекты пространственной динамики популяций промысловых видов западнокамчатских камбал // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 126. Ч. 1. С. 3–23.

Дьяков Ю.П. 2002. Западнокамчатские камбалы (распределение, биология и динамика популяций) // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 130. С. 954–1000.

Дьяков Ю.П. 2009. Динамика популяций массовых видов камбал (Pleuronectidae) западнокамчатского шельфа // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 158. С. 117–127.

Дьяков Ю.П. 2012. Камбалообразные (PLEURONECTIFORMES) Дальневосточных морей России. Петропавловск-Камчатский: Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 427 с.

Лакин Г.Ф. 1980. Биометрия. М.: Высш. шк., 292 с.

Одум Ю. 1975. Основы экологии. Пер. с английского. М.: Мир, 740 с.

Руднев К.М., Палий Н.Ф. 1964. Океанографические методы в рыбопромысловых исследованиях. Калининград: Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии, 110 с.

Шунтов В.П. 1985. Биологические ресурсы Охотского моря. М.: Агропромиздат, 224 с.

УДК 639.215.42

ЯПОНСКИЙ МОРСКОЙ ЛЕЩ — ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ ДЛЯ РЫБНОГО ПРОМЫСЛА РОССИИ

Ермаков Ю. К., Бадаев О. З., Байталюк А. А.

ФГУП "ТИНРО-Центр", Владивосток
Контактный e-mail: badayev@yandex.ru

Введение

Японский морской лещ — *Brama japonica* Hilgendorf 1878 до конца прошлого столетия, хотя и считался обычным видом в эпипелагиали тропических и умеренных вод Тихого океана (Парин, 1968), отечественными специалистами в качестве потенциального промыслового объекта даже не рассматривался (Биологические ресурсы Тихого океана, 1986; Биологические ресурсы открытого океана, 1987). В то же время, он регулярно отмечался американскими, японскими и корейскими рыбаками при дрифтерном сетном лове лососевых (Larkins, 1964), тунцов (Nakano et al., 1993) и кальмара Бартрама (Yatsu et al., 1993).

Внимание российской рыбохозяйственной науки к японскому морскому лещу было привлечено после начала исследований ТИНРО в северо-восточной части Тихого океана, когда были получены уловы этой рыбы до 11 т на час траления (Ермаков, Шевченко, 1988).

Материал и методика

Для подготовки работы использованы материалы 123 экспедиций ТИНРО 1965–2008 гг. в северной части Тихого океана, в которых в качестве орудий лова применялись разноглубинные тралы, дрифтерные сети и удочки, последние использовались в основном в ночное время на световых станциях. На данные работы только крупнотоннажными судами затрачено около 4 тыс. судосуток.

Проводились массовые промеры (более 35 тыс. экз.), биологические анализы более 12 тыс. экз.).

Для определения возможных районов, сроков и условий нереста проанализированы данные более 10 тыс. тралений тралом Айзекса-Кидда и данные более 10,5 тыс. станций планктонной сетью "Maruchi-Ami" в зоне Куросио. В январе-марте 1990 г. было выполнено 120 ихтиопланктонных станций сетью ИКС-80 с тотальным обловом горизонта 200–0 м на акватории, ограниченной 25–35° с.ш. и 148–170° в.д.

Результаты и обсуждение

Накопление материалов по различным аспектам биологии японского морского леща началось с развитием океанического рыболовства, которое с 1960-х годов стало осваивать все более удаленные от берегов Азии и Северной Америки участки Тихого океана.

Канадские и американские ученые (Neave, Hanavan, 1960; Larkins, 1964; Hitz, French, 1965), исследовавшие леща у побережья Северной Америки и в зал. Аляска, отмечали, что он совершает сезонные миграции. Зимой эта рыба по их данным держится в субтропических, а летом — в субарктических водах. Высказывалось предположение, что нагул проходит на севре района, а нерест — на юге. В зал. Аляска лещ мигрирует весной вслед за смещением поверхностной изотермы 9°. Скорость этой миграции достигает 10–12 миль в сутки.

С 1970-х годов к изучению биологии японского морского леща в северо-западной и центральной частях Северной Пацифики подключились японские специалисты. Мачидори и Накамура (Machidori, Nakamura, 1971), суммируя полученную информацию, установили, что в северо-западной части Тихого океана в марте-апреле лещ держится южнее 40° с.ш., а в мае-июне — между 40–45°с.ш. К Алеутской гряде на западе океана эта рыба приближается в августе-сентябре.

По данным сетных ловов показано, что лещ совершает суточные вертикальные миграции, опускаясь глубже 20 м в середине дня.

Кикучи и Цуита (Kikuchi, Tsujita, 1977), опираясь на материалы по ярусным и сетным уловам, установили, что в апреле–августе в северо-западной и центральной частях Тихого океана японский морской лещ не встречается на северной стороне субарктического фронта, а держится на акватории с темпера-

турой на поверхности выше 9°. В августе он многочисленнен у восточного побережья Камчатки и у Алеутских островов. Эти специалисты показали, что нижней границей суточных миграций леща служит слой температурного скачка, в связи с чем в зоне смешения амплитуда вертикальных миграций значительно больше, чем в субарктических водах.

Обобщив имеющиеся данные, Мид (Mead, 1972) описал японского морского леща как северо-тихоокеанский вид, у которого ареал с запада ограничен Восточно-Китайским, Филиппинским и Японским морями, Курильскими островами, восточным побережьем Камчатки, на севере — Командорско-Алеутской грядой, на востоке — побережьем Северной Америки, а на юге - поверхностной изотермой 21° или приблизительно 20° с.ш. Субтропический регион рассматривается как нерестовый, а субарктический - как нагульный. В пределах этого ареала описаны протяженные миграции с пересечением субарктического фронта.

Несмотря на многолетнюю историю исследований японского морского леща, к моменту, когда к данной работе подключились специалисты ТИНРО, его изученность оставалась на низком уровне. Не было целостной картины жизненного цикла. Большая часть работ касалась нагульного периода, но и эта информация была разрозненной. Сведения по росту и возрасту носили дискуссионный характер, не были изучены условия воспроизводства и развития на ранних стадиях. Количественные оценки биомассы отсутствовали. Статистика вылова не велась, хотя по косвенным данным Перси (Pearcy, 1991) утверждал, что только в качестве прилова при дрифтерном промысле кальмара Бартрама в северо-восточной части Тихого океана ежегодно изымалось 100–300 млн. экземпляров этой рыбы.

Распределение японского морского леща описывалось в работах ряда зарубежных исследователей (Neave, Hanavan, 1960; Machidori, Nakamura, 1971; Kikuchi, Tsujita, 1977; Wada, Murata, 1985), однако ограничивалось локальными участками акватории или не охватывало все сезоны.

По нашей инициативе в лаборатории рыбных ресурсов пелагиали ТИНРО были обработаны данные более 6000 тралений в северной части открытого океана и получена картина сезонного распределения японского морского леща практически по всему ареалу (Тюртин, Горькавая, 1988). В последующем с привлечением дополнительной информации это позволило В.Ф. Савиных в 1995 г. составить помесячные карты распределния леща (рис. 1) (Савиных, 1995).

Как установлено специалистами ТИНРО (Горькавая, Свирский, 1990) оогенез японского морского леща относится к асинхронно-непрерывному типу. В течение нерестового сезона у него формируется две генерации икры. Биомасса икры первой генерации составляет около 60 г, второй — около 30 г, а общая масса икры за репродукционный сезон — не менее 90 г. Потенциальная плодовитость изменяется от 303 тыс. до 1,5 млн. икринок, а средняя плодовитость определена в 408 тыс. икринок.

Вывод о нересте японского морского леща в субтропических водах в зимний период был сделан на основе исследований зрелости половых продуктов (Yoon, Shimazaki, 1989). Согласно литературным данным (Jonson, 1984) икра описываемого вида пелагическая, ее диаметр 1,56–1,60 мм. Выловленные в ходе съемок ТИНРО в открытом океане икринки леща после фиксации в формалине имели диаметр 1,75–1,85 мм. Вылупившиеся из икры личинки имеют длину около 3 мм (Jonson, 1984).

Изучение ихтиопланктона, собранного в районе нереста японского морского леща и на прилегающей акватории позволило специалистам ТИНРО составить описание его икры, личинок и мальков на разных стадиях развития, что в дальнейшем может быть использовано для оценок биомасс производителей ихтиопланктонным методом, хотя такие вопросы как скорость развития икры и личинок, а так же их смертность пока остаются неизученными.

В связи с длительным периодом нереста и огромным ареалом с различными океанологическими и кормовыми условиями, развитие отдельных особей японского морского леща имеет индивидуальный характер, что отражается на закладке их годовых колец. В результате в пределах одного годового класса встречаются особи с широкими диапазонами как по длине, так и по весу. Из-за варьирования сроков начала нагула возникают значительные различия в упитанности рыб. В одном улове встречаются особи равной длины, но вдвое различающиеся по весу (Савиных, Власова, 1994).

Результаты определений возраста и размерно-весовых характеристик японского морского леща представлены в табл. 1.

Обычная продолжительность жизни описываемого вида не превышает 9 лет, а длина 54 см. Более крупные особи ловятся крайне редко. Харт (Hart, 1973) предполагает, что предельная длина у леща достигает 91 см.

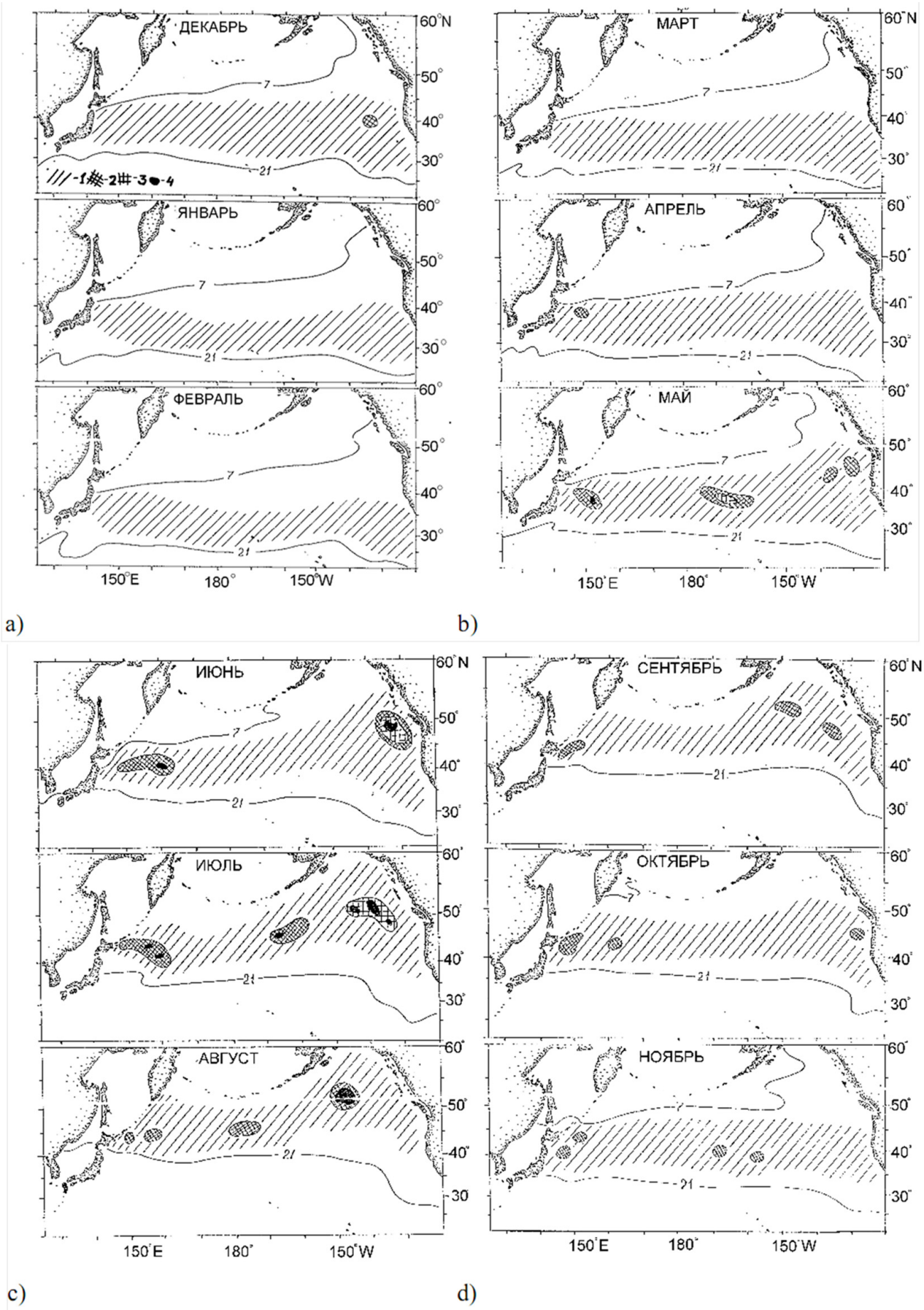


Рис. 1. Распределение крупного японского морского леща (1 — менее 100, 2 — 101–500, 3 — 501–1000, 4 — более 100 экз./милю^2) и температура поверхностного слоя воды (°C): a) зима, b) весна, c) лето, d) осень (по Савиных, 1995)

Максимальный линейный рост отмечен на 1 году жизни, затем он несколько падает, а после 5 года линейный рост леща замедляется, но зато с возрастом весовые приросты увеличиваются (рис. 2).

Многолетние исследования, выполненные в ТИНРО выявили существенную пространственную дифференциацию размерных групп леща в ареале. В западной его части наблюдаются две изолированные группы: крупноразмерные с длиной по Смиту более 38 см и мелкоразмерные — менее 25 см. При этом мелкоразмерная группа встречается в субтропических водах, а крупноразмерная — в субарктических. Аналогичную двухвершинную гистограмму получили японские исследователи (Shimazaki, 1989) по всему ареалу. Однако, как оказалось, у них не было информации о размерном составе леща в восточной части ареала, где по нашим данным доминирует среднеразмерная группа с длиной по Смиту 28–37 см (Ермаков, Шевченко, 1988).

Данные о размерном и возрастном составе японского морского леща по всему ареалу представлены на рис. 3, а распределение доминирующих возрастных групп в разных частях Тихого океана на рис. 4. Очевидно почти полное отсутствие в западной части океана рыб в возрасте 4 года, доминировавших на востоке. Такое распределение не может быть объяснено миграциями только в направлении с севера на юг и обратно. По мнению В.Ф. Савиных (1994) у японского морского леща существуют онтогенетические миграции, в ходе которых он за несколько лет развития перемещается сначала на восток, а затем, дойдя в возрасте 4 года до зал. Аляска в течение нескольких лет постепенно смещается на запад, одновременно совершая ежегодные миграции в направлении север-юг. Схема этих миграций приведена на рис. 5.

Таблица 1. Размерно-весовые характеристики возрастных групп японского морского леща обеих полов включая ювенальных

Возраст, годы	длина AC, см		вес, г		N	%
	lim	M	lim	M		
1	1,9–17,5	13,8	2–97	55,3	59	2,2
2	12,3–21,7	16,7	60–300	159,9	312	11,8
	14,9–25,1	20,3				
3	20,6–29,9	25,8	240–900	449,2	147	5,6
	23,3–35,0	30,0				
4	28,4–37,8	32,8	400–1630	935,2	362	13,7
	31,0–40,8	36,2				
5	33,0–43,5	38,2	770–2100	1349,4	713	27,0
	35,0–46,0	41,4				
6	38,5–46,8	42,2	1200–2500	1719,2	708	26,8
	40,8–49,0	44,9				
7	42,2–49,0	45,3	1430–2650	1988,3	267	10,1
	45,6–51,0	47,8				
8	45,8–51,0	47,8	1600–2750	2146,0	69	2,6
	48,3–52,0	49,7				
9	49,1–51,0	50,0	1920–2700	2363,8	8	0,3
	51,1–52,8	51,7				

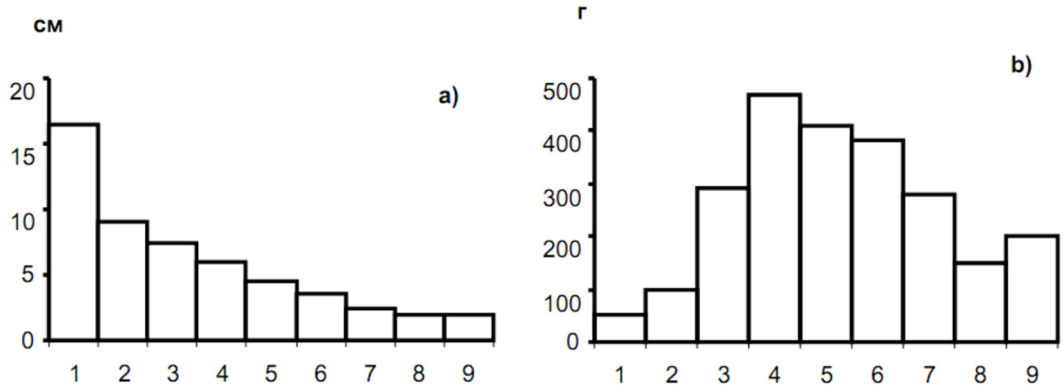


Рис. 2. Линейные (a) и весовые (b) приросты японского морского леща (по Савиных, Власовой, 1994)

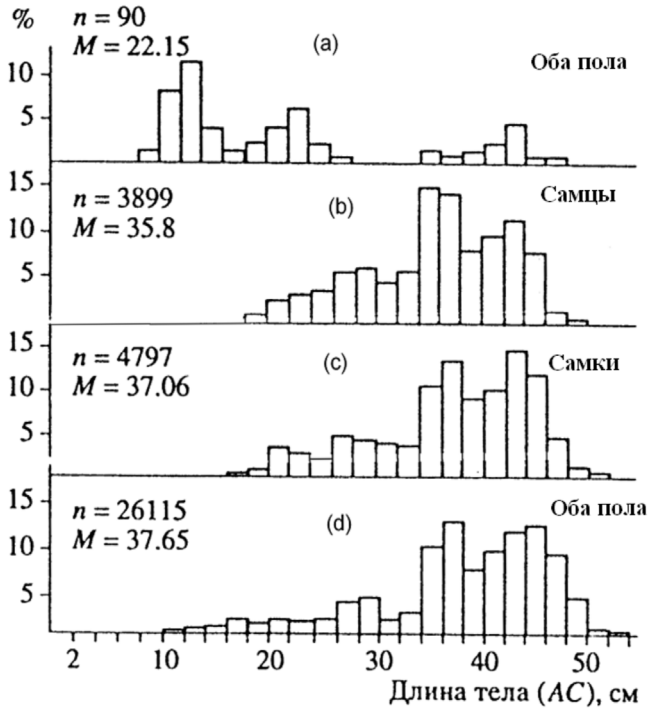


Рис. 3. Размерный состав японского морского леща: a) зона Калифорнийского течения, апрель–июнь 1986 г., b, c, d — весь ареал, 1977–1992 гг.

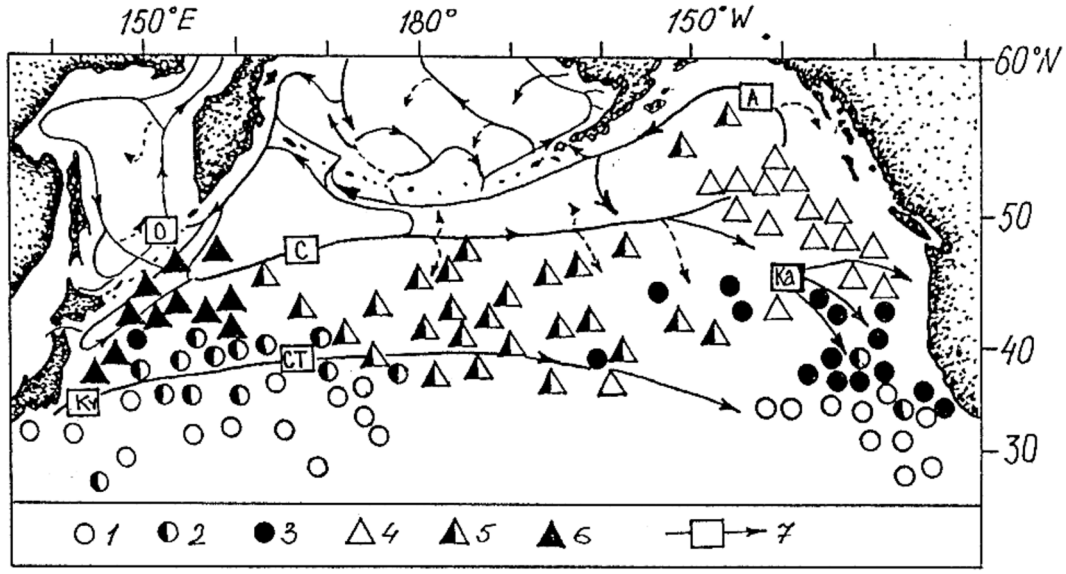


Рис. 4. Распределение доминирующих возрастных групп в уловах японского морского леща (1-6 возраст, годы) и схема течений (7) в северной части Тихого океана. Системы течений: О — охотоморская, Ку — Куросио, СТ — Северо-Тихоокеанская, Ка — Калифорнийская, А — Аляскинская, С — Субарктическая (по Савиных, 1994)

Первая фаза миграционного цикла проходит в пределах субтропического антициклонического круговорота, и основную роль в переносе играет Северо-Тихоокеанское течение.

Активные нагульные миграции, приводящие к росту и накоплении энергии, лещ начинает на 4 году жизни в водах Аляскинского и Субарктического течений. Нерестовые миграции в район воспроизводства, как правило, проходят против течения, навстречу теплым Северо-Тихоокеанскому течению и течению Куросио.

Возможно, что у японского морского леща существуют субпопуляции с ограниченными нагульными и нерестовыми ареалами, хотя, несомненно, что основная часть его трехлеток из всех частей ареала осуществляет нагул в зал. Аляска. Вероятно, именно сложная популяционная структура приводит к тому, что по окончании нагула только часть 4-годовиков остается на нерест в восточной части ареала, тогда как остальные мигрируют в центральную и западную его части.

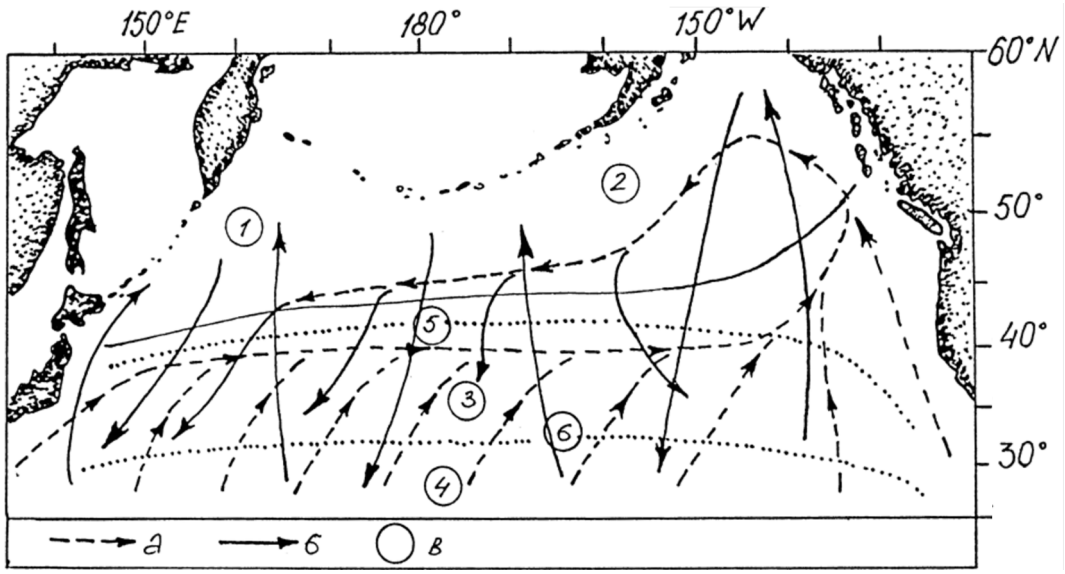


Рис. 5. Схема миграций неполовозрелых (а) и половозрелых (б) особей морского японского леща (по Савиных, 1994) и океанографические регионы в северной части Тихого океана: 1 — западный субарктический район, 2 — центральный субарктический, 3 — переходный, 4 — центральный северо-тихоокеанский, 5 — субарктический фронт, 6 — субтропический фронт

До последних лет оценки запасов японского морского леща носят весьма приблизительный характер, в первую очередь по той причине, что для этих целей не подходит существующая гидроакустическая аппаратура. Дело в том, что лещ концентрируется в подводных звукорассеивающих слоях, где сигналы от него маскируются сигналами от других животных. Кроме того, для оценки запасов этого вида оказывается малоприменимым и метод траловых съемок из-за способности совершать суточные вертикальные миграции от поверхности до глубины 200–300 м и ниже или рассеиваться по всему указанному слою. Нами в качестве поискового с 1986 г. применялся метод ступенчатых тралений с обловом всего вышеуказанного слоя в процессе 1 траления, однако ввиду неясности поведения самого крупногабаритного трала при изменении длины ваеров при переходе с одного горизонта к другому, трудно говорить о его уловистости (существуют данные свидетельствующие о том, что после изменения длины ваеров траловая схема приходит в резонансные колебания, до затухания которых рыба облавливается плохо). И, наконец, коэффициенты уловистости тралов в отношении японского морского леща выбираются субъективно.

На небольшом участке в северо-восточной части Тихого океана, составляющем по площади только четвертую часть зал. Аляска, нами в 1986 г. методом траловой съемки биомасса леща определена в 0,7 млн. т (Ермаков, Шевченко, 1988). Коэффициент уловистости трала при этом принят равным 0,3.

Сотрудником ТИНРО В.Ф. Савиных рассчитаны биомассы японского морского леща по «методу площадей» в разных частях ареала (табл. 2) (Савиных, 1995). Сравнение данных показало, что при использовании «метода площадей» получаемые оценки биомассы леща могут в десятки раз расходиться с результатами, получаемыми методом ихтиопланктонных съемок. Так, в 1989 г. по данным траловой съемки в СЗТО между 145–163° в.д. запасы леща оценены в 108 тыс. т, а по данным ихтиопланктонной съемки между 148–170° в.д. они оценены в 1,018–1,148 млн. т. Обследованная специа-

Таблица 2. Биомасса крупного японского морского леща, по данным траловых уловов (коэф. уловистости 0,5) в июле 1984–1987 гг.

Район	Обследованная площадь, кв. миля	Биомасса, тыс. т	Биомасса т на милю^2
СЗТО	191000	72,2	0,38
ЦСТО	122000	162,8	1,33
СВТО	314000	1067,0	3,40
Всего	627000	1302,0	2,08

листами ТИНРО акватория при этом составила менее пятой части нерестового ареала. Это позволило путем экстраполяции оценить биомассу всего нерестового стада леща приблизительно в 5 млн т.

Специализированного промысла японского морского леща не ведется. Японский тунцеловный флот в 1990–1991 гг. добыл его в качестве прилова 4823 т (Nakano et al., 1993). В 1989 г. в центральной части Северной Пацифики между 180-170є в.д. японские сетеловы в качестве прилова к кальмару Бартрама выловили 30864 т, а в 1990 г. — 24851 т японского морского леща (Yatsu et al., 1993a). Здесь же корейские суда также при добыче кальмара Бартрама сетями выловили 161 т леща.

В истории промысла в Северной Поцифике неоднократно отмечалось, что при сетном лове кальмара Бартрама прилов японского морского леща достигал 50% (Yatsu et al., 1993b), а добывалось кальмара Бартрама в те годы более 100 тыс. т ежегодно. Таким образом, косвенные признаки подтверждают, что оценка запасов японского морского леща специалистами ТИНРО в 5 млн т вполне реальна.

Промысловые изъятия, при учете продолжительности жизни в 9 лет и вступлении в нерестовую часть стада в 4 года, по нашему мнению может ежегодно составлять до 500 тыс. т.

Следует учесть, что в настоящее время после принятия Конвенции о запрещении дрифтерного сетного лова в океане с 1993 г. японский морской лещ практически не подвергается воздействию промысла.

Исходя из сходства экологии и поведения различных видов морских лещей и опыта их промысла по нашему мнению лов японского морского леща должен развиваться в двух направлениях. В районах, где эта рыба образует плотные скопления, например в восточной части Северо-Тихоокеанского дрейфа и в зоне его дивергенции на Аляскинское и Калифорнийское течение необходима организация его тралового промысла. Эффективность такого промысла для южной части зал. Аляска нами показана еще в 1986 г. (Ермаков, Шевченко, 1988). В дальнейшем может быть удастся наладить траловый лов леща в некоторых участках и центральной части Северной Пацифики, где эта рыба также образует плотные скопления (см. рис. 1).

Гораздо проблематичнее проблема организации тралового лова леща в северо-западной Пацифике. Вплоть до конца июля-начала августа эта рыба здесь держится в зоне смешения, где скопления облавливаются тралом только в темное время суток, да и их плотность здесь ниже, чем на востоке ареала.

Стоимость 1 т морского леща на мировом рынке может доходить до 6 тыс. долларов США (Пардекович и др., 1992). При проведении опытных промысловых работ по договору ТИНРО и АМП «Маяк» (г. Корсаков) на РТМ «Взморье» экономистами судовладельца было подсчитано, что рентабельную работу судна будет обеспечивать среднесуточный вылов леща в 1,5 т, что было подтверждено практикой работы названного судна в Западной Пацифике.

Нами во время проведения исследований тихоокеанских лососей в период нагула в прикурильских водах Тихого океана по программе СахНИРО в течение 20 суток августа 2007 г в районе со средними координатами 46°30′ с.ш. и 154°35′ в.д. уловы японского морского леща в дрифтерные сети достигали 15,4 экз/сеть (при среднем значении 2,2 экз/сеть). Наиболее высокие уловы отмечались на границе 200-мильной экономической зоны и открытых вод океана в температурном слое от 10 °С. Размеры леща были от 38 до 50 см (средняя длина по АС 43 см). Средний вес взятых на биологический анализ 293 экз. рыб составлял 1400 г. При том, что судно старалось избегать прилов этого вида, вылов за сутки достигал почти 10 т. Исходя из курса постановки дрифтерных порядков, можно с уверенностью говорить, что лещ мигрировал из открытых вод Тихого океана. При этом компания, работающая по договору с ТИНРО-Центром по изучению тихоокеанских лососей, проявила интерес к этому объекту и в связи с тем, что морской японский лещ не входил в список объектов на который устанавливается общий допустимы улов, и у нее был опыт продаж его, заморозила 20 т продукции для внутреннего рынка.

Японские специалисты провели экспериментальный лов японского морского леща пелагическими ярусами (Kikuchi, Tsujita, 1977). Кстати, близкий к японскому по поведению, размерам атлантический морской лещ испанскими рыбаками добывается именно пелагическими ярусами (Mead, 1972). Биология обоих видов очень сходна, большое сходство обнаруживается и в составе пищи. Все это позволяет предположить перспективность использования яруса для лова и японского морского леща. Такой промысел на первых порах можно начать развивать в июле–октябре у берегов Курил и Южной

Камчатки, а в дальнейшем вполне возможно распространение и на более удаленные участки океана. В таком случае, целесообразна организация экспедиций, в составе которых группу ярусоловов должны обеспечивать суда-матки. В качестве таковых можно использовать крупнотоннажные траулеры, которые будут в тех же районах ловить леща тралами, а добываемым попутно в прилове в значительном количестве аляскинским кальмаром (*Berryteuthis anonichus*) обеспечивать ярусоловы для наживления ярусов.

Одной из особенностей японского морского леща является то, что большую часть года его половозрелые особи держатся отдельно от молоди. Кроме того, с экологической точки зрения очень важно то, что его трехгодовики, практически не зараженные мышечными паразитами, держаться изолированно от более старших возрастных групп. В дальнейшем это может быть использовано для планирования вылова данной рыбы на различные рынки. Например, на японский рынок выгоднее поставлять леща из зал. Аляска, потому что он почти не заражен мышечными червями, а на рынки Южной Кореи и стран Юго-Восточной Азии — из западных частей ареала, так как в этих странах предпочитают крупную рыбу, а ее зараженность мышечными червями игнорируют.

Первые попытки поиска и облова японского морского леща, предпринятые нами в 1986–1993 гг. показали, что наиболее важной для организации его стабильного промысла является задача выявления районов концентраций. Значительная межгодовая изменчивость океанологических условий в ареале не позволяет рекомендовать строго ограниченного района для работ флота. Появление судовых станций приема спутниковой информации позволило нам уже на первых этапах изучения леща использовать данные по температуре поверхности океана в целях оперативного поиска. Оказалось, что скопления приурочены к зонам температурных градиентов, если в этих зонах отмечаются оптимальные для данного вида температура воды 10–15°. При этом наиболее вероятно обнаружение леща на фронтальных зонах, образованных вторжением языков холодных суарктических вод, однако его кратковременные концентрации возможны на периферии мезомасштабных вихрей и даже вихрей более мелких масштабов. Нами отмечены случаи смещения скоплений вместе с вихрями мелкого масштаба со скоростью 4–5 узлов. Особенно благоприятны для концентрации леща участки с неглубоким залеганием термоклина. Именно в таких районах концентрируются и кормовые для леща организмы — японский анчоус, дальневосточная сардина, тихоокеанский и аляскинский кальмары, а также мезопелагические рыбы, глубоководные креветки, мизиды.

На фоне мощных сигналов от звукорассеивающих слоев, в которых держится лещ, сигналы от его отдельных особей с помощью стандартной судовой гидроакустической аппаратуры различать практически невозможно. Поэтому в своей практике мы использовали проверку участков перспективных для концентрации леща ступенчатыми тралениями, когда поочередно облавливался весь звукорассеивающий слой. Далее, когда улов траления свидетельствовал о наличии скопления леща на выбранном участке, путем облова отдельных горизонтов выявлялись глубины концентраций леща, на которых и велись промысловые операции.

Серьезную проблему в будущем при траловом лове леща может представить прилов дальневосточных лососей. Нами уже в конце 1980-х годов разработана рекомендации по сокращению такого нежелательного прилова до минимума.

Список литературы

Биологические ресурсы открытого океана. 1987. М.: Наука, 268 с.

Биологические ресурсы Тихого океана наука – 568 с.

Горькавая Г.М., Свирский В.Г. 1990. Некоторые сведения о репродуктивной биологии японского морского леща в северо-западной части Тихого океана. Владивосток, 1990. Деп. в ВНИЭРХ 10.12.90. № 1140-рх90. 16 с.

Ермаков Ю.К., Шевченко Г.Г. 1988. Об освоении ресурсов японского морского леща северной части Тихого океана // Рыбохозяйственные исследования северо-восточной части Тихого океана. М.: ВНИИ мор. рыб. х-ва и океаногр. (ВНИРО). С. 66–70.

Парин Н.В. 1988. Рыбы открытого океана. – М.: Наука. – 272 с.

Парфенович С.С., Шевченко В.В., Коноплев Е.И. 1992. О характере пространственного использования сырьевой базы рыбной отрасли и ее стоимостной емкости // Рыб. хоз-во. № 1. С. 3–6.

Савиных В.Ф. 1994. Миграции японского морского леща // Биол. моря. № 4. С. 271–277.

Савиных В.Ф. 1995. Экология и перспективы промысла японского морского леща // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток, 25 с.

Савиных В.Ф., Власова Л.П. 1994. Размерно-возрастная структура и темп роста японского морского леща *Brama japonica* (Bramidae, Perciformes) // Вопр. ихтиологии. Т. 34. № 4. С. 494–500.

Тюфтин А.В., Горькавая Г.М. 1988. О сезонности распределения японского морского леща (*Brama japonica,* Hilgendorf) в северной части Тихого океана // Рыбохозяйственные исследования северо-восточной части Тихого океана. М.: ВНИРО. С. 71–77.

Hart J.L. 1973. Pacific fishes of Canada // Bull. Fish. Res. Board Can. V. 180. 740 p.

Hitz C.R., French R.R. 1965. Occurrence of pomfret (Brama japonica) in the northeastern Pacific ocean // Fish. Ind. Res. V. 3. № 1. P. 1–7.

Johnson G.D. 1984. Percoidei: Development and relationships // Ontogeny and systematics of fishes. Spec. Publ. 1, Am. Soc. Ichthyol. Herpetol. Allen Press, Lawrence. P. 464–498.

Larkins H.A. 1964. Some epipelagic fish of the North Pacific ocean, Bering Sea and Gulf of Alaska // Trans. Am. Fish. Soc. V. 93. P. 286–290.

Kikuchi T., Tsujita T. 1977. Somerelations between spacing of pelagic fishes in economic impotance and the oceanographic structure in the northwestern North Pacific Ocean // Res. Inst. North Pac. Fish., Hokkaido Univ. Spec. Vol. P. 397–438.

Machidori S., Nakamura S. 1971. Distribution and some biological information of pomfret (*Brama raii*) in the northwestern North Pacific Ocean // Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. V. 5. P. 131–145.

Mead G.W. 1972. Bramidae // Dana Rep. V. 81. – 166 p.

Nakano H., Okada K., Watanabe Y., Uosaki K. 1993. Outline of the large-mesh driftnet fishery of Japan // Bull. Int. North Pac. Fish. Comm. V. 53. Pt. 1. P. 25–37.

Neave F., Hanavan M.G. 1960. Seasonal distribution of some epipelagic fishes in the Gulf of Alaska region // J. Fishh. Res. Board Can. V. 17. № 2. P. 221–233.

Okiyama M. 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai University Press. 1160 p.

Pearcy W.G. 1991. Biology of the transition region // NOAA Tech. Rep. NMFS. V. 105. P. 39–56.

Shimazaki K. 1989. Ecological studies of the pomfret (*Brama japonica*) in the North Pacific ocean // Effects of ocean variability on recruitment and an evolution of parameters used in stock assessment models / Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. V. 108. P. 195–205.

Wada T., Murata M. 1985. Distribution and biological characteristics of pomfret Brama japonica Hilgendorf, in the Pacific ocean off northen Japan // Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab. V. 50. P. 1–12.

Yatsu A., Hiramatsu K., Hayase S. 1993a. Outline of the Japanese squid driftnet fishery with notes on the by-catch // Bull. Int. North Pac. Fish. Comm. V. 53. Pt. 1. P. 5–24.

Yatsu A., Shimada H., Murata M. 1993b. Distribution of epipelagic fishes, squids, marine mammals, seabirds and sea turtles in the Central North Pacific // Bull. Int. North Pac. Fish. Comm. V. 53. Pt. 2. P. 111–146.

Yoon T., Shimazaki K. 1981. Jvarian maturation of the pacific pomfret, Brama japonica Hilgendorf, in the North Pacific ocean // Res. Inst. North Pac. Fish., Hokkaido Univ. Spec. Vol. P. 79–90.

Smith P.E., Ahlstrom R.S. The saury as a latern resource of the California current. – CalCOFI Rept. 1970, Vol. 14, P. 88–130.

УДК 639.2081.7:681.883.41

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ДВ МОРЕЙ

Кузнецов М. Ю.

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: kuznetsovm@tinro.ru

Введение

В настоящее время среди инструментальных методов оценки запасов водных биологических ресурсов активно развивается гидроакустический эхоинтеграционный метод, основанный на измерении силы обратного поверхностного рассеяния от скопления и экспериментально определенной зависимости силы цели гидробионтов в скоплении от их зоологической длины. Он имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами: благодаря дистанционности съема данных позволяет обследовать большие площади за относительно короткий промежуток времени, получать не только горизонтальное, но и вертикальное распределение гидробионтов, не требует больших затрат энергии. Кроме этого, используя непрерывность регистрации гидроакустических данных в процессе съемки, можно изучать с высоким разрешением пространственную пятнистость распределения рыб и тонкую микроструктуру зарегистрированных агрегаций. Одним из достоинств метода является то, что при оценках плотности рыб практически исключен субъективный фактор, а природа ошибок, возникающих при его применении, достаточно хорошо изучена, и при умелом использовании погрешности можно свести к минимуму.

На начальных этапах применения гидроакустического метода количественной оценки водных биомасс его внедрение сдерживалось не только отсутствием специализированной техники и детально разработанной методики, но и необходимостью использования высококвалифицированного и специально подготовленного персонала для проведения измерительного процесса. Развитие метода, накопление опыта его практического использования на разных объектах, современный уровень микропроцессорной техники и программных средств позволяют сделать возможным широкое практическое использование метода конечными пользователями - инженерами, ихтиологами и биологами (при определенной их подготовке).

В 1995 г. на НИС «ТИНРО» и НИС «Профессор Кагановский» были установлены прецизионные цифровые эхолоты EK-500 Simrad. С этого времени в ТИНРО-центре выполняются регулярные оценки численности и биомассы основных промысловых объектов дальневосточных морей с использованием гидроакустической технологии. В 2006 г. произведена модернизация научного гидроакустического оборудования: на четырех НИСах ТИНРО-центра типа Атлантик 833 установлены и начали эксплуатироваться цифровые эхолоты EK-60 и ES-60 Simrad нового поколения.

В настоящее время гидроакустический метод активно используется в системе мониторинга водных биологических ресурсов ДВ морей ТИНРО-центра для оценки текущего состояния запасов и межгодовой динамики численности, биомассы и пространственного распределения промысловых объектов в Беринговом и Охотском морях и прилегающих водах Восточной Камчатки и Курильских островов. Не менее важное значение имеет совершенствование программных средств поддержки дистанционного мониторинга рыбных ресурсов и расширение списка объектов, оцениваемых гидроакустическим методом (в том числе морских макрофитов, кальмаров, медуз), ведение архивов и интегрированных баз данных гидроакустических и сопутствующих измерений, разработка способов повышения достоверности оценки биоресурсов, выполняемых тралово-акустическим методом.

Вместе с тем, как и другие способы оценки запасов, тралово-акустический метод имеет определенные ограничения. Точность гидроакустического метода в значительной степени зависит от используемой в расчетах обилия величины силы цели рыб, имеющей значительную вариабельность в зависимости от сезона, района работ и времени суток. Источником погрешности может служить также неопределенность, связанная с затуханием звука в среде и идентификацией объектов на эхограммах. Существенное влияние на акустические и траловые оценки запасов оказывает реакция рыб на шум судна (Кузнецов, Вологдин, 2009; Кузнецов, 2011). Причем, если ошибка траловых измерений может быть в какой-то степени скомпенсирована дифференцированными коэффициентами уловистости трала, то учесть эффекты влияния шумового поля судна на акустические оценки плотности рыб, из-за отсутствия методики их учета, в настоящее время не представляется возможным.

Уловистость трала определяют, прежде всего, его конструкция, режим траления и поведение самих гидробионтов в зоне действия орудия лова. В работах по исследованию уловистости тралов устройства подводного наблюдения, как правило, размещаются между распорными досками, в устье трала или непосредственно в самом трале (Обвинцев, 1975; Серебров, Попков, 1982; Коротков 1998; Карпенко, 2006). Методическая ошибка таких измерений заключается в том, что наблюдения производятся в зоне, где уже происходит взаимодействие рыб и орудия лова и искажение, таким образом, естественного распределения и концентрации рыб. По О.М. Лапшину для определения коэффициента уловистости измерение плотности рыб должно происходить не в зоне действия тралового комплекса, а перед ним (Лапшин, 2009). Для решения этой задачи может быть использован судовой подкильный эхоинтегрирующий комплекс.

Но и этот коэффициент уловистости требует уточнения, поскольку реакция рыб начинается задолго до зоны действия трала, а именно в шумовом поле судна. И в этом заключается вторая методическая ошибка измерений уловистости и, соответственно, оценки обилия рыб, при которых не учитывается реакция рыб на акустическое поле судна, интенсивность которого намного выше, чем самого орудия лова.

Решение вышеуказанных проблем и, связанных с ними задач, позволит существенно повысить точность количественных оценок гидробионтов тралово-акустическим методом и расширить возможности гидроакустических средств при проведении ресурсных исследований, что, в конечном счете, положительно скажется на качестве прогнозов по основным промысловым объектам.

Цель данной работы — оценить современное состояние и перспективы развития гидроакустических и информационных технологий, используемых для мониторинга биологических ресурсов ДВ морей в ТИНРО-Центре.

Материал и методика

В научных гидроакустических комплексах используется метод активной локации, основанный на излучении звуковых волн в водную среду с последующим приемом рассеянного от цели сигнала, который затем усиливается и подвергается обработке (Урик, 1978). Однако в отличие от большинства других гидроакустических рыбопоисковых приборов вертикальной локации, научные эхолоты являются не только средством поиска и визуализации скоплений рыбы под судном, но и количественной оценки плотности гидробионтов.

Научные эхолоты по измеренной мощности отраженного сигнала вычисляют коэффициент обратного объемного рассеяния в пределах выбранного слоя (s_v, $м^{-1}$), а затем рассчитывают коэффициент обратного поверхностного рассеяния как интеграл sv по диапазону глубин (sa, $м^2м^{-2}$) и получают на выходе его масштабированную величину $s_A = 4\,(1852)2s_a$ — коэффициент поверхностного рассеяния на квадратную морскую милю ($м^2$миля$^{-2}$). Коэффициент s_A используется в расчетах акустической оценки плотности скопления (MacLennan et al., 2002):

$$\rho a = s_A / \{4\pi <\sigma bs>\} = s_A / <\sigma_{sp}> \text{ (миля}^{-2}\text{)} \quad (1)$$

где ρ_a — плотность целей, выраженная как количество гидробионтов на единицу поверхностной площади слоя, σ_{bs} — поперечное сечение обратного рассеяния одиночной цели и σ_{sp} — акустическое поперечное сечение цели при сферическом рассеянии, которые являются производными силы цели (TS):

$$TS = 10\lg(\sigma_{bs}) = 10\lg(\sigma_{sp}/4\pi) \quad (2)$$

Используемые для измерений устройства должны обладать важной функцией передачи «сырых» гидроакустических данных в оцифрованном виде через Ethernet интерфейс и сохранения в файлах известного формата RAW Simrad или HAC (McQuinn et al., 2005), поддерживая, таким образом, возможность организации сбора и накопления гидроакустических измерений и их последующей постпроцессорной обработки.

На судах ТИНРО-центра установлены цифровые эхолоты EK-60 Simrad с прецизионными характеристиками, динамическим диапазоном порядка 160 дБ и независимыми частотными каналами (Operator manual…, 2004). В стандартной комплектации эхолоты содержат вертикально направленные

антенны-вибраторы с расщепленным лучом частотой 38 и 120 кГц, размещенные под килем судна, и GPT приемопередатчики 38 и 120 кГц, которые собственно, генерируют и принимают отраженный сигнал, а также осуществляют оцифровку сигнала. Работой GPT управляет процессорный блок с размещенными на нем программами накопления «сырых» гидроакустических данных и связи с внешними вычислительными устройствами. Состав судового гидроакустического комплекса представлен на рис. 1.

В настоящее время научные эхолоты ЕК-60 являются базовыми при выполнении эхоинтеграционных тралово-акустических съемок в ТИНРО-центре, ПИНРО, Аляскинском центре рыбохозяйственных исследований AFSC (США).

Регистрация акустических данных производится на двух частотах 38 и 120 кГц. Для количественной оценки численности и биомассы рыб используется частота 38 кГц. Навигационное сопровождение акустического комплекса осуществляется с использованием системы спутникового позиционирования GPS.

Создание резервных копий массивов регистрируемых данных, тематическая обработка гидроакустических и сопутствующих данных в минимально необходимой конфигурации производится с использованием персонального компьютера, объединенного с системным блоком ЕК-60 в локальную сеть.

Формат выходных данных научных эхолотов позволяет использовать различные программные средства для постпроцессорной обработки акустических данных. Для вторичной обработки акустических данных в ТИНРО-Центре используется программное обеспечение FAMAS (Fishery Acoustic Monitoring & Analyses System), разработанное в лаборатории промысловой гидроакустики (Николаев и др., 2000). Программа FAMAS состоит из двух основных элементов и нескольких вспомогательных программ:

1. Программа BiView_MS — предназначена для многовидовой постпроцессорной обработки данных. Программа выполняет интерактивную обработку накопленных «сырых» файлов данных с визуализацией соответствующих эхограмм и выделенных слоев на экране монитора (рис. 2) и сохранение результатов обработки (сил цели эхотреков, значений коэффициента поверхностного рассеяния s_A ($м^2$миля$^{-2}$), биомассы, численности, распределения биомассы и численности по размерным рядам, по глубине и др.) в виде файлов со структурой, доступной для последующей обработки программными пакетами типа Excel, Surfer и т.д.

2. Интегрированная база данных в среде Access — база данных акустических, навигационных и биологических измерений. Содержит справочные и вспомогательные таблицы, биологические данные (по результатам контрольных тралений и ихтиопланктонных станций), данные сопровождения акустических измерений, данные с результатами эхоинтегрирования, гидрологические данные.

3. BIFiles — эта вспомогательная программа предназначена для манипулирования файлами эхограмм — сжатие, преобразование, исправление и т.д.

4. Программа Sumfiles — предназначена для суммирования файлов с результатами постпроцессорной обработки (старые файлы с расширением Sa, Sm, Bio, Num, B_L, N_L или новые с расширением FAM). Файлы объединяются по типу данных, типу слоя и виду объекта, а также преобразуются в формат CSV для последующей обработки в Excel.

5. Программа TxtConvert — предназначена для преобразования и дополнительной обработки файлов распределения численности и биомассы, получающихся в результате постпроцессорной обработки эхограмм и суммирования. Программа преобразует данные в формат, необходимый для построения в Surfer распределения численности или биомассы по глубине, позволяет разбросать данные по квадратам координационной сетки с заданным шагом, вычислять характеристики вертикального распределения объекта: минимальная, максимальная и средневзвешенная глубина, минимальная, максимальная и средневзвешенная длина, а также, если имеется размерно-весовой ключ, рассчитать распределение объекта по возрастам.

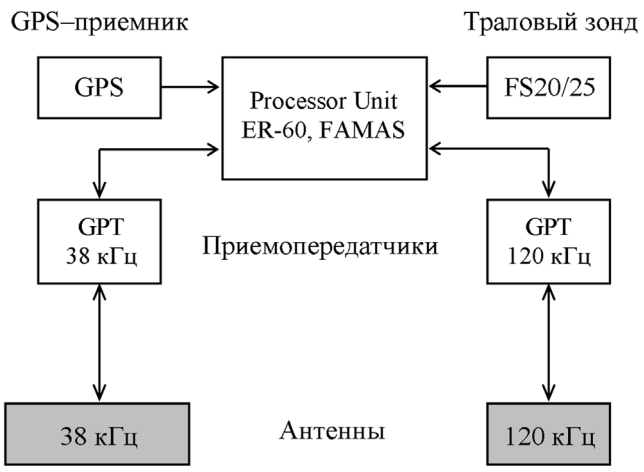


Рис. 1. Гидроакустическая измерительная система

6. Sounder — программа для управления работой эхолота, приема и обработки телеграмм

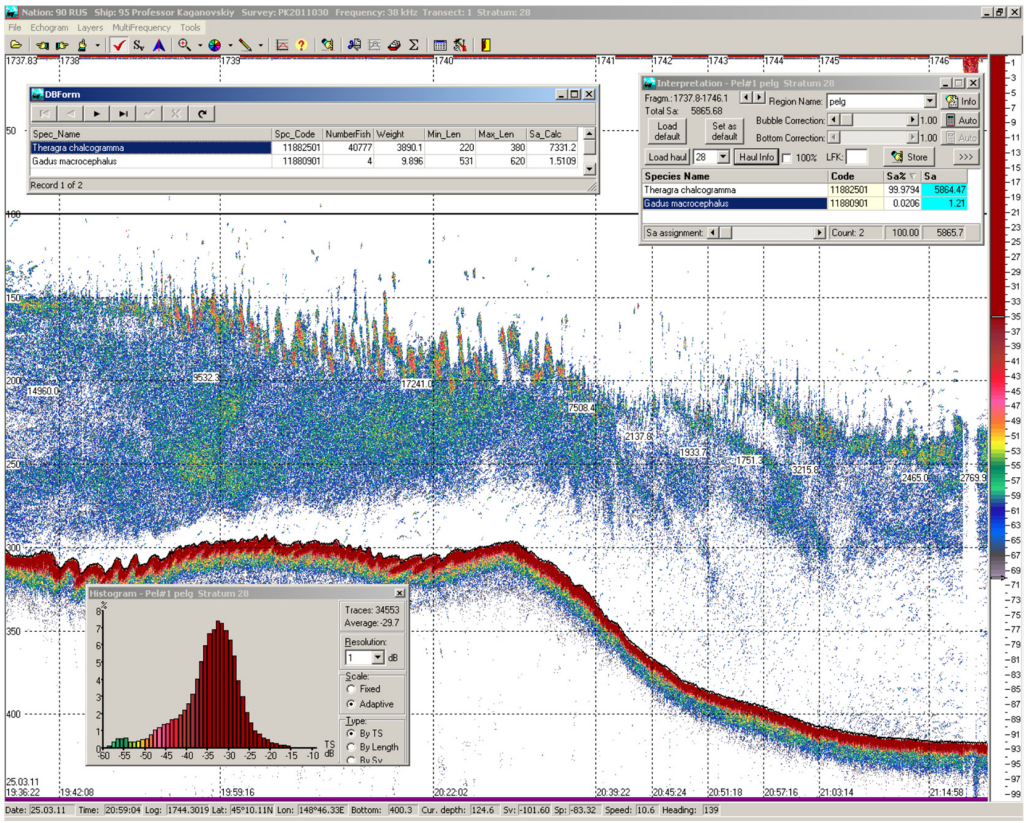


Рис. 2. Фрагмент файла эхограммы EK-60 в режиме постпроцессорной обработки (программа BiView_MS)

GPS, FS 20/25, ведения галсового листа и журнала событий. На главном окне программы содержится информация о координатах, курсе и скорости судна, приводятся текущие значения лага и глубины, а также расстояние и время до точки назначения (рис. 3).

Типовая структура выходных данных FAMAS представляется результатами обработки фрагментов акустических изображений по элементам сетки с задаваемым размером отдельного элемента сетки по дистанции (обычно 0,5 мили в Беринговом море и 1 миля в Охотском море) и 1 м по глубине в пределах выделенных для обработки слоев. Полученные данные (значения коэффициента поверхностного рассеяния s_A, численности, биомассы, распределения биомассы и численности по размерным рядам и др.) совместно с географической привязкой сохраняются в виде файлов со структурой данных, доступной для последующей обработки в Excel Surfer и др.

Для облова скоплений гидробионтов во время съемки обычно используется разноглубинный канатный трал с мелкоячейной вставкой 10 мм дели в кутце. Геометрические параметры трала (форма трала, вертикальное и горизонтальное раскрытие, глубина верхней подборы) в процессе траления регистрируются с помощью системы контроля трала FS 20/25 Simrad. Программное обеспечение системы FS 20/25 позволяет в процессе траления записывать и затем воспроизводить эхограммы от обеих антенн тралового зонда в реальном масштабе времени. Кроме этого, FS 20/25 передает на системный блок EK-60 глубину хода трала и температуру в формате NMEA, а программа Sounder принимает и записывает эти данные в файл Galslist.

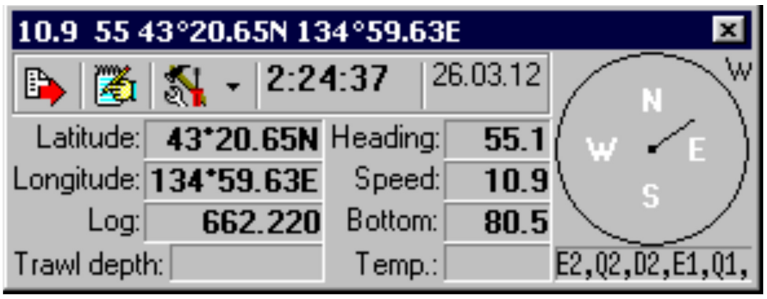


Рис. 3. Программа Sounder

Результаты и обсуждение

Сбор и накопление данных

Сбор, накопление и вторичная обработка акустических данных выполняются по эхоинтеграционной технологии, разработанной в соответствии с рекомендациями рабочей группы FAST при ICES (Simmonds et al., 1992) и согласованной со специалистами AFSC (Alaska Fisheries Science Center, USA), выполняющими тралово-акустические съемки в восточной части Берингова моря (Кузнецов, Николаев, 2000). При разработке методики принимался во внимание собственный опыт работ, а также опыт ПИНРО при проведении многовидовых тралово-акустических съемок в Баренцевом море (Мамылов и др., 1989; Ермольчев и др., 1993, 1996; Мамылов, 1999).

Перед выходом судна в рейс выполняется калибровка гидроакустического комплекса по технологии стандартной сферы. Калибровка проводится методом сравнения с использованием эталонной цели (Operator manual…, 2004). При выполнении съемок по совместным программам проводится интеркалибровка акустической аппаратуры судов, участвующих в съемке (Кузнецов, Николаев, 2000).

Берингово море. Схема галсов съемки в северо-западной части Берингова моря (зона России) совмещена с сеткой параллельных галсов, используемой AFSC при проведении тралово-акустических съемок в юго-восточной части моря (рис. 4). В скобках на рис. 4 показаны номера трансектов, являющихся продолжением галсов съемки в зоне США. Скорость, курс и координаты начальной и конечной точек галсов определяются по GPS-приемнику и регистрируются параллельно с акустическими данными в файлы GalsList и Journal программы Sounder.

Сбор гидроакустических данных в формате «сырых» (*.raw формат) данных на частотах 38 и 120 кГц в диапазоне глубин 5–750 м с высоким пространственным разрешением (18 см) выполняется непрерывно в течение всего рейса. Собранные данные доступны для визуализации на персональном компьютере и вторичной обработки с использованием программного обеспечения ER60 и FAMAS.

Для идентификации эхозаписей и определения размерно-видового состава рыбных скоплений производятся контрольные траления. Они выполняются в местах смены характера акустических записей на обратных курсах или по изобатам вне зависимости от времени суток. После завершения траления судно возвращается в точку прерванного галса для продолжения съемки. Продолжительность контрольных тралений определяется временем, необходимым для взятия представительной пробы, и, в зависимости от плотности эхозаписи рыб, составляет от 15 мин до 1 час. По результатам промеров формируются размерно-частотные ряды, характеризующие размерный состав минтая и других объектов в уловах. Эти данные используются при последующей стратификации района съемки и в расчетах обилия.

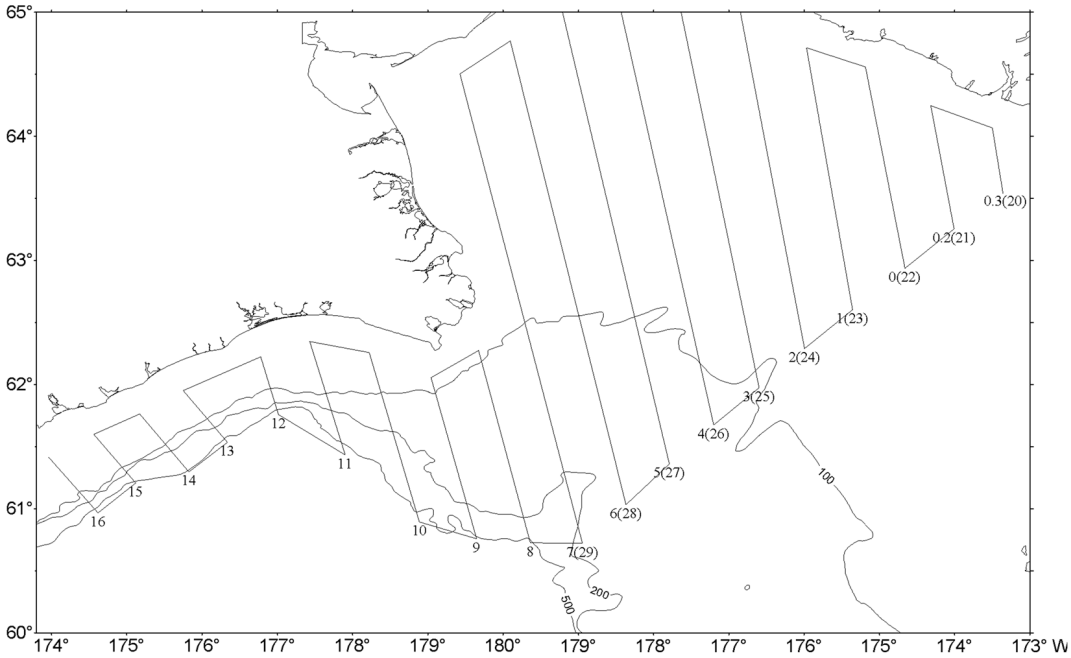


Рис. 4. Схема гидроакустических галсов в северо-западной части Берингова моря (ИЭЗ России)

Акустические измерения сопровождаются регистрацией в интегрированной базе данных результатов контрольных тралений и параметров тралов, навигационных, гидрологических и других данных. При интегрировании устанавливается порог по уровню объемного рассеяния (Sv) — 70 дБ; порог по TS — 65 дБ. Для перехода к абсолютным оценкам численности используются уравнения, связывающие силу цели и длину рыб (MacLennan, Simmonds, 1992; Traynor, 1996; Мамылов, 1999): минтай TS=20log(L)-66; сельдь TS=20log(L)-72; сайка TS=21,8log(L)-74,9; мойва TS=20log(L)-78,8.

Охотское море. Акустические измерения в Охотском море выполняются по галсам, прокладываемым на основе сетки траловых станций, по результатам которых производится идентификация акустических изображений рыбных скоплений. Соответственно этой сетке и с учетом особенностей ледовой обстановки формируется галсовый маршрут акустической съемки (рис. 5).

В расчетах численности используются следующие зависимости силы цели от длины тела рыб (L): минтай TS=20 log(L)-68; мойва TS=12.9log(L)-67.8, L<10 см и TS=19.1log(L)-74, L>10 см; сельдь TS=11.3 log(L)-63.7, L<9 см и TS=20log(L)-71.9, L>9 см. Полный список значений отражательной способности гидробионтов, используемых при расчетах запасов гидроакустическим методом, приводится в базе данных FAMAS.

Технология обработки данных и оценки обилия

Технология обработки акустических данных строится на принципе детальной стратификации района работ с учетом размерно-частотной композиции регистрируемых скоплений, выявляемой по результатам контрольных тралений. Методика обработки зависит от используемой схемы галсового маршрута (параллельная схема галсов, маршрут траловой съемки и др.) и характера съемки (объектная учетная съемка, комплексная съемка, экосистемная).

Берингово море (системный параллельный маршрут). В процессе вторичной обработки эхограмм весь слой разбивается на пелагический – выше 10 м от грунта и донный слой — 0–10 м от грунта. Одной из основных процедур обработки акустических данных является локализация и выделение эхозаписей в определенные группы (категории), которые соответствуют скоплениям со схожими биологическими характеристиками. В основе такого подхода лежат следующие посылки:

- акустическое изображение скопления адекватно отображает пространственное распределение и поведение определенного вида гидробионтов, на определенном участке пути, в определенное время суток;
- изменение акустического изображения служит индикатором смены поведения и, возможно, размерно-возрастных характеристик рыб и поэтому подлежит проверке контрольным тралением;
- в случае эхозаписей объекта в разных горизонтах контрольные траления выполняются для идентификации каждого типа скопления раздельно.

По мере поступления акустических данных в ходе съемки проводится эмпирический анализ эхограмм, учитывающий характер поведения объекта, тип распределения силы цели, результаты контрольного облова, опыт предшествующих работ в данном районе и др. В результате анализа акустической ситуации на галсах съемки выделяются участки пути, соответствующие характерному акустическому изображению скопления с определенным видовым и размерно-возрастным составом, подтверждаемым результатами контрольного траления на данном скоплении. Часть акватории съемки, занимаемая определенной группой, выделяется в страту и ей присваивается размерно-частотный ключ, характеризующий взвешенный размерный состав рыб в исследуемом подрайоне. Географически страта определяется путем задания в базе данных диапазонов значений лага, соответствующих границам данной страты в пределах каждого из галсов. Из обработки исключаются эхограммы, связанные с уходом с галса и выполнением контрольных тралений.

По завершении процедуры выделения страт и пополнения базы данных текущей съемки биологическими данными в пределах каждой страты и выделенных слоев с помощью программы постпроцессорной обработки BiView_MS производится расчет значений коэффициента поверхностного рассеяния s_A ($м^2$миля$^{-2}$), численности и биомассы рыб по размерным рядам, по глубине и др. Суммарное обратное поверхностное рассеяние на площади страты S_m ($м^2$) вычисляется как:

$$S_{mi} = \sum_{h} \sum_{k=1}^{Lih} s_{Aihk} T_h D_k, \quad (3)$$

где s_{Aihk} — коэффициент поверхностного рассеяния скопления ($м^2$/миля^2) для i-й страты на h-ом галсе

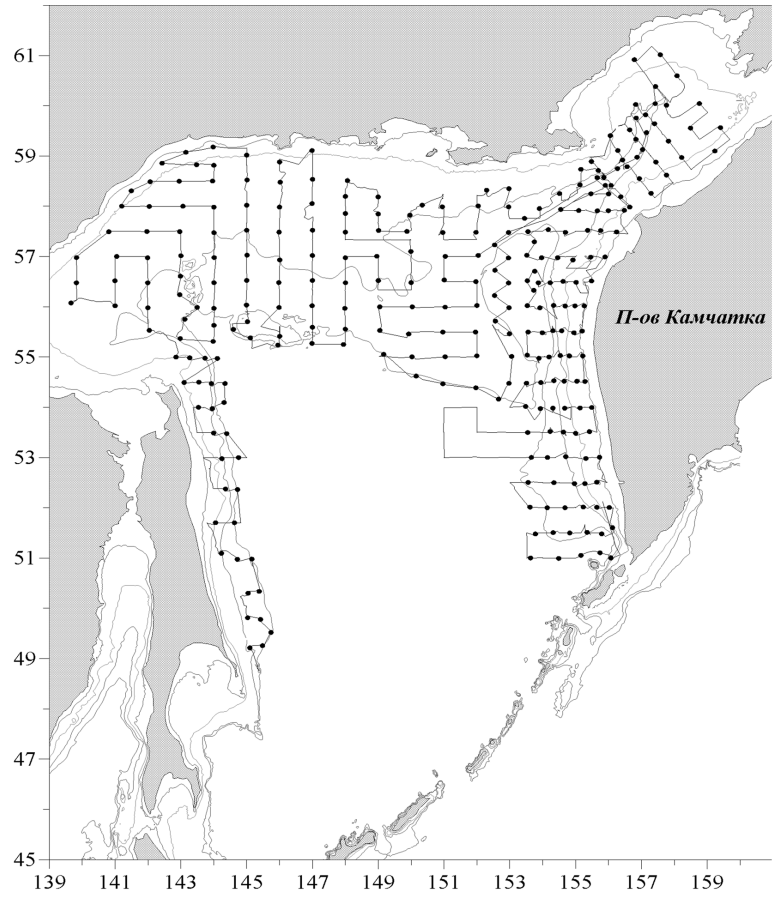


Рис. 5. Схема акустических измерений в Охотском море (весна 2011 г.)

P_{wj}

(трансекте) на k-ом интервале интегрирования ESDU (Elementary Sampling Distance Unit), D_k — длина интервала интегрирования ESDU (мили), T_h — ширина трансекта (мили) и L_{ih} — число интервалов интегрирования для i-й страты на h-ом трансекте. По взвешенному размерно-частотному ряду и уравнению силы цели (TS), для каждой i-й страты рассчитывается средневзвешенное акустическое сечение рыб $<\sigma_i>$.

Численность рыб в i-й страте оценивается выражением:

$$N_i = S_{mi} / <\sigma_i> \quad (4)$$

Распределение численности по размерному ряду определяется с использованием взвешенного размерно-частотного распределения рыб в каждой страте. Оценка биомассы минтая производится с использованием размерно-весовых коэффициентов A и B, получаемых по результатам анализа размерно-весовых рядов контрольных тралений и связывающих длину (L) и вес рыбы (W) зависимостью: $W=A*(L)^B$.

В случаях смешанных скоплений рыб численность и биомасса каждого вида j рассчитываются пропорционально доле эхоинтенсивности сигналов (P_j) от гидробионтов вида j в суммарной величине обратного поверхностного рассеяния s_A из соотношения (Ермольчев и др., 1996):

$$s_{Aj} = P_j \cdot s_A = \frac{P_{wj} \cdot \sigma_{kgj}}{K_{haulj} \sum_{j=1}^{n} \frac{P_{wj} \cdot \sigma_{kgj}}{K_{haulj}}} \cdot s_A, \quad (5)$$

где: — доля биомассы объектов вида j в улове; K_{haulj} — коэффициент уловистости трала для гидробионтов j–го вида; σ_{kgj} — среднее акустическое сечение обратного рассеяния 1 кг рыб вида j.

Пропорции в величине s_A рассчитываются с использованием программных средств BiView_MS, предназначенных для многовидовой обработки данных, по результатам контрольных тралений для всех видов гидробионтов в улове при наличии соответствующих данных о силе цели (TS) или силы цели на 1 кг веса (TS_{KG}) каждого объекта в базе данных FAMAS (рис. 6).

В результате последовательной обработки данных формируются оценки акустической плотности, численности и биомассы рыб в пределах выделенных слоев вдоль галсов акустической съемки с шагом (интервалом интегрирования ESDU) 0,5 мили по дистанции и с шагом по глубине 1 м. Суммарная численность и биомасса для галса или некоторого района в целом определяется как сумма оценок обилия на обработанных участках пути и не интерполируется на площади, где отсутствовали эхозаписи рыб.

Охотское море. В Охотском море галсовый маршрут акустической съемки формируется на основе стандартной сетки траловых станций и не является системным. Поэтому при расчетах численности и биомассы используется метод стратификации района съемки, основанный на понятии статистического квадрата (Simmonds et al., 1992). Акватория съемки покрывается регулярной сеткой с шагом 30′ по широте и 60′ по долготе. Каждый элемент сетки выступает в роли статистического квадрата, в пределах которого выполняются необходимые операции по усреднению акустических проб (ESDU) и биологических измерений, производится расчет абсолютных оценок с учетом площади квадрата.

При расчете численности и биомассы по размерным группам в квадрате для каждого вида гидробионтов используются уравнения:

$$N_i = \frac{q_i \cdot < s_A > \cdot A}{\sum q_i \cdot \sigma(L_i)}, (6)$$

$$W_i = N_i \cdot w(L_i), (7)$$

где N_i — численность i-ой размерной группы; W_i — биомасса i-ой размерной группы; q_i — частота встречаемости i-ой размерной группы (этот параметр возможно применять как в экземплярах, так и в процентах); A — площадь квадрата, миля^2; $\sigma(L_i)$ — среднее акустическое сечение рассеяния единичной рыбы, м^2; $w(L_i)$ — средний вес для i-ой размерной группы; $<s_A>$ — среднее значение s_A в данном квадрате, м^2/миля^2.

Площади квадратов корректируются с учетом береговой линии и размера выборки акустических проб в квадрате. Ниже определенного порога площади статистических квадратов уменьшаются пропорционально количеству проб.

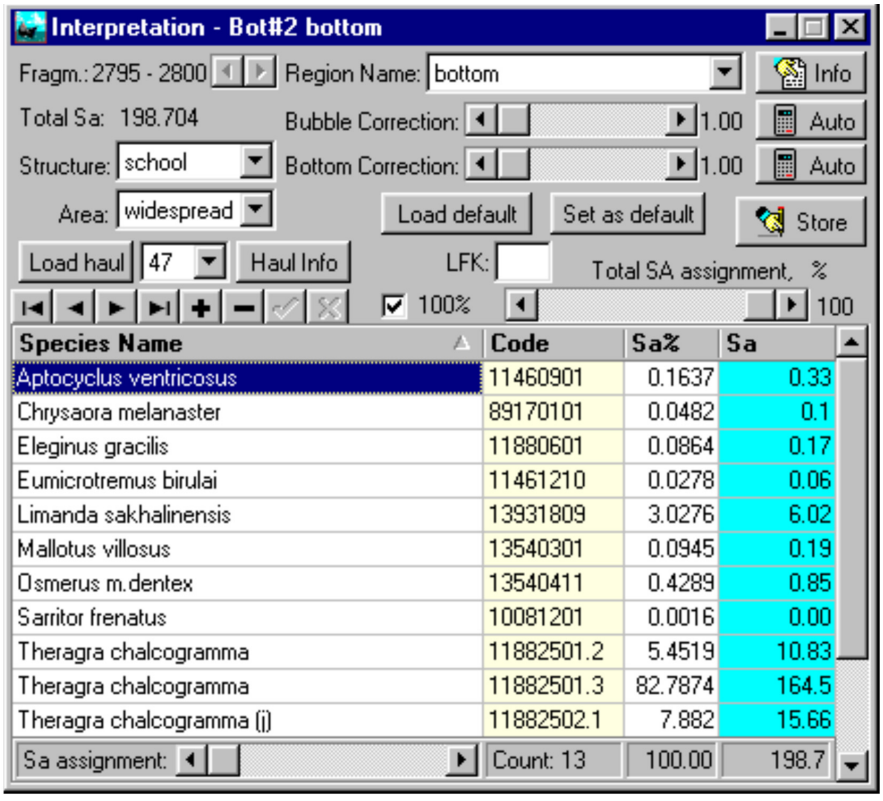


Рис. 6. Окно многовидовой обработки эхограммы в программе BiView_MS

Местоположение страты определяется по результатам тралений в точках траловых станций заданием в базе данных диапазонов значений лага, соответствующих границам данной страты. По завершении процедуры выделения границ страт и пополнения базы данных текущей съемки в программе постпроцессорной обработки BiView_MS (FAMAS) рассчитываются плотности рыб (тыс.экз./миля^2 и тонн/миля^2), получаемые согласно вышеприведенной методики при ширине трансекта 1 миля с интервалом интегрирования 1 миля. Эти данные используются для построения пространственного распределения объектов. Затем полученные значения плотности с использованием программы TxtConvert усредняются в пределах каждого статистического квадрата и умножаются на его площадь. На заключительном этапе проводится агрегирование данных для стандартных биостатистических районов, границы которых были аппроксимированы по границам соответствующих квадратов, входящих в статрайон.

Количественные оценки уловистости тралов

Работы включают измерения плотности рыб в слое траления под судном (т.е. до начала воздействия орудия лова) с использованием цифрового научного эхолота ЕК-60 и сравнение с уловом трала. В процессе вторичной обработки на эхограмме выделяется слой траления, верхняя граница которого соответствует глубине верхней подборы трала, а нижняя определяется по его вертикальному раскрытию, как показано на рис. 7.

Участок траления выбирается в качестве страты путем задания в базе данных диапазона значений лага, соответствующих точкам начала и конца траления с учетом отставания трала от судна, вычисляемого по длине ваеров и глубине хода трала. Ширина трансекта задается по горизонтальному раскрытию трала. Далее выполняется стандартная процедура оценки коэффициента поверхностного рассеяния s_A (м^{2}миля$^{-2}$), численности и биомассы объектов в протраленном объеме методом эхоинтегрирования. Протраленным объемом в данном случае является объем воды, процеженной тралом, т.е. произведение высоты слоя на протраленную площадь (рис. 8). Протраленный объем задается с учетом фактической формы устья трала в виде эллипса, малым радиусом которого является вертикальное раскрытие трала, а большим — горизонтальное.

Полученные оценки численности и биомассы рыб в протраленном объеме под судном сравниваются с фактическим уловом трала. Коэффициент уловистости определяется как отношение количества пойманных рыб к количеству рыб в протраленном объеме под судном.

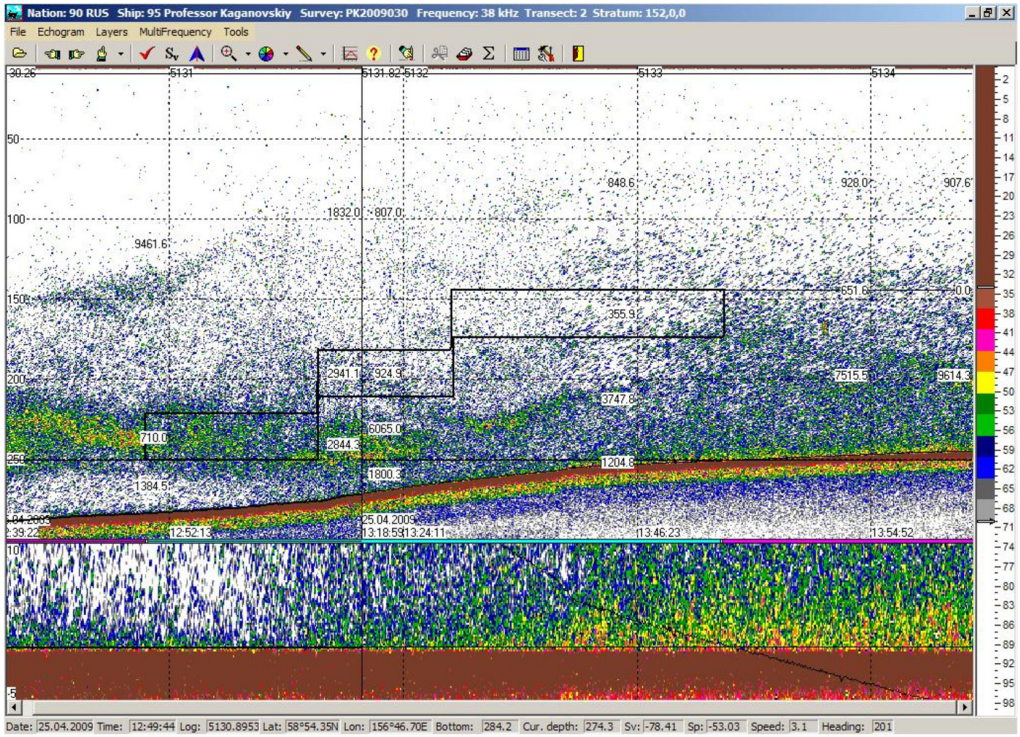


Рис. 7. Фрагмент файла эхограммы участка траления в режиме постпроцессорной обработки (ступенчатое траление — 3 горизонта)

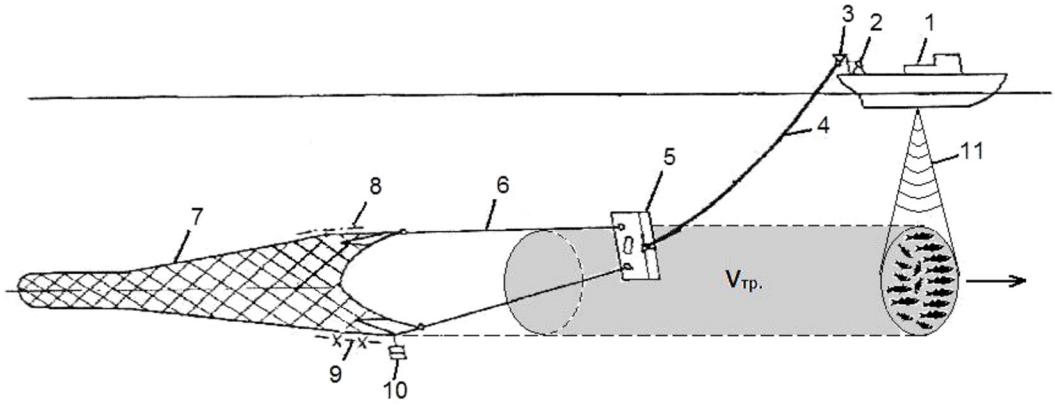


Рис. 8. Схема измерения уловистости трала: 1 — судно; 2 – ваерная лебедка; 3 — ваерный блок; 4 — ваер; 5 — траловая доска; 6 — кабели; 7 — трал; 8 — гидродинамический щиток; 9, 10 — оснастка нижней подборы; 11 — луч эхолота; $V_{тр.}$ — протраленный объем

Измерения шумового поля судна

Практически все методики измерения шумов движущихся объектов используют основной подход, заключающийся в том, что звук детектируется приемником, помещаемым на некотором установленном расстоянии от трассы движения объекта. Измеряемыми параметрами являются уровни звукового давления в стандартных (октавных, 1/3-октавных) частотных полосах при контроле, а также в узких частотных полосах при определении причин превышения норм и выявлении источников повышенного шума.

Методикой предусматривается измерение уровней звукового давления шума, излучаемого судном в диапазоне частот 10–20000 Гц при его прохождении измерительными галсами мимо калиброванной гидрофонной системы поочередно левым и правым бортами (рис. 30) и сравнение измеренного судового шума с рекомендуемым ICES (Mitson 1995).

Измерения уровней подводного звукового давления выполняются в дальнем акустическом поле судна. Для сопоставления полученных данных и чтобы показать различия характеристик измеренного шума НИСов ТИНРО-центра и других судов, уровни дискретных составляющих звукового давления шума представляются в дБ относительно опорного давления звука 1 мкПа и затем приводятся к расстоянию 1 м (рис. 9). Для интегрального уровня звукового давления и отдельных дискретных составляющих шума представляются круговые диаграммы направленности (пространственные распределения) гидроакустического поля судна.

Заключение

Разработанные в ТИНРО-центре гидроакустические и информационные технологии позволяют ежегодно выполнять как специализированные тралово-акустические съемки, так и участвовать в комплексных экосистемных съемках биоресурсов Берингова и Охотского морей. Конечными результатами таких исследований являются оценки текущего состояния запасов и межгодовой динамики численности и пространственного распределения основных промысловых объектов ДВ морей, материалы об особенностях и закономерностях вертикального распределения и миграций рыб, интегрированная база данных гидроакустических и сопутствующих измерений.

Применение прецизионного гидроакустического оборудования в сочетании с современными компьютерными технологиями сбора, накопления и обработки гидроакустических измерений, позволяют в настоящее время существенно расширить список объектов, оцениваемых гидроакустическим методом. Например, выполнять исследования распределения и запасов морских макрофитов, кальмаров, медуз и др.

За 15 лет эксплуатации научных эхолотов в ТИНРО-центре накоплен значительный массив информации (порядка 7 Тбайт), содержащий архив акустических измерений и сопутствующих данных. С целью развития методов видовой идентификации водных биоресурсов сформирован метаархив и библиотека типовых акустических изображений основных промысловых объектов бассейна Охотского и Берингова морей. Планируется издание Атласа характерных акустических изображений рыб северных

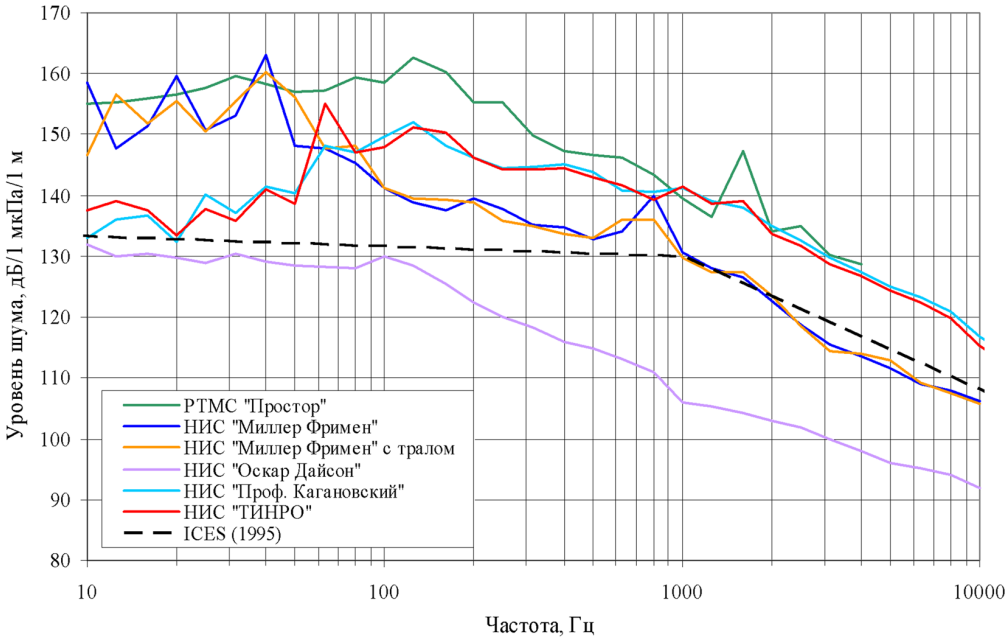


Рис. 9. Характеристики подводного шума судов

морей, который может быть полезен как для научных работников, участвующих в проведении биоресурсных исследований, так и штурманам промыслового флота в качестве пособия при работе с рыбопоисковой гидроакустической аппаратурой.

В последние годы в ТИНРО-центре активно развиваются многочастотные гидроакустические технологии идентификации различных видов гидробионтов по их отражательной способности. Выполняются исследования отражательных свойств беспозвоночных и рыб и зависимостей силы цели от линейного размера объектов на ретроспективном материале.

Чтобы повысить достоверность оценки обилия тралово-акустическим методом и уловистости траловых рыболовных систем, влияние шумового поля судна на поведение рыб должно быть минимизировано технически или учтено методически. Одной из целей будущих исследований является создание модели поведения рыб в шумовом поле судна, которая будет использоваться для расчета уловистости трала и компенсации шумового поля судна при проведении акустических измерений. Для этого будут продолжены измерения характеристик подводного шума судов ТИНРО-центра и выполнены эксперименты по исследованию избегательного поведения и дистанций реагирования рыб *in situ* при различном их физиологическом состоянии с использованием мобильного научного эхолота.

Весьма полезным будет оснащение одного из судов ТИНРО-Центра в 2013 г. цифровым научным гидролокатором кругового обзора SH-80 и траловым зондом SI-6110 Simrad, поддерживающими возможность накопления гидроакустических измерений в реальном масштабе времени и последующей постпроцессорной обработки. При их совместном использовании с эхолотом ЕК-60, будет реализована возможность измерения акустической плотности рыб одновременно вокруг судна, под судном, в пространстве между судном и тралом и в устье трала, т.е. в любой точке окружающей акватории. В результате для каждого траловой станции в процессе съемки может быть оперативно получен сквозной коэффициент уловистости системы судно-трал, оцениваемый как отношение количества пойманных рыб в трале к количеству рыб в протраленном объеме перед судном, т.е. до начала воздействия шумового поля судна и орудия лова.

Список литература

Ермольчев В.А., Гаврилов Е.Н., Фимина Е.Н. 1993. Методические рекомендации по организации и выполнению гидроакустических съемок запасов гидробионтов. Мурманск: ПИНРО, 132 с.

Ермольчев В.А., Ермольчев М.В., Бешерат К. 1996. Результаты и пути совершенствования многовидовых гидроакустических исследований запасов гидробионтов в южном Каспии // Инструментальные методы рыбохозяйственных исследований. Мурманск: ПИНРО. С. 12–30.

Карпенко Э.А. 2006. Оценка уловистости тралов на промысле минтая и определение структуры облавливаемых скоплений // Методические аспекты исследования рыб морей Дальнего Востока. Тр. ВНИРО. Т. 146. С. 280–285.

Кузнецов М.Ю. 2011. Дистанции реагирования различных видов рыб на гидроакустические шумы промысловых и научно-исследовательских судов и допустимые уровни шума // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 164. С. 157–176.

Кузнецов М.Ю., Вологдин В.Н. 2009. Гидроакустические шумы промысловых и научно-исследовательских судов и их влияние на поведение и оценки запасов рыб (обзор и перспективы исследований) // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 157. С. 334–355.

Кузнецов М.Ю., Николаев А.В. 2000. Руководство по сбору и первичной обработке данных акустических измерений при проведении тралово-акустических съемок запасов минтая в Беринговом море. Владивосток: ТИНРО-центр, 68 с.

Коротков В.К. 1998. Реакции рыб на трал, технология их лова. Калининград: МариНПО, 398 с.

Лапшин О.М. 2009. Подходы к определению коэффициента уловистости учетных тралов // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 157. С. 247–260.

Мамылов В.С., Дорченков А.Э., Фимина Е.Н. 1989. Руководство по сбору и первичной обработке акустической информации в процессе тралово-акустических съемок. Мурманск: ПИНРО, 60 с.

Мамылов В.С. 1999. Некоторые аспекты оценки плотности рыбных скоплений тралово-акустическими методами // Развитие технических методов рыбохозяйственных исследований. Мурманск: ПИНРО. С. 147–163.

Николаев А.В., Кузнецов М.Ю., Убарчук И.А. 2000. Инструментальные средства и информационные технологии акустического мониторинга рыбохозяйственных акваторий // Рыб. хоз-во. № 4. С. 37–39.

Обвинцев А.Л. 1975. О взаимодействии объекта лова с тралом // Рыб. хоз-во. № 1. С. 48–51.

Серебров Л.И., Попков Г.В. 1982. Определение коэффициента уловистости донного трала с помощью БПА «Тетис» // Рыб. хоз-во. № 8. С. 59–61.

Урик Р.Д. 1978. Основы гидроакустики / Пер. с англ. Л.: Судостроение, 448 с.

MacLennan D.N., Fernandes P.G., Dalen J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics // ICES J. Marine Science. V. 59. P. 365–369.

MacLennan D.N., Simmonds E.J. 1992. Fisheries acoustics. London: Chapman & Hall, 325 p.

McQuinn I.H., Reid D., Berger L., Diner N., Heatley D., Higginbottom I., Andersen L.N., Langeland O., Lapierre J.P. 2005. Description of the ICES HAC Standard Data Exchange Format, Version 1.60 // ICES Cooperative Research Report. No. 278, 86 p.

Mitson R.B. 1995. Underwater noise of research vessels: review and recommendations // ICES Cooperative Research Report. No. 209, 61 p.

Operator manual for Simrad ER60 Scientific Echo Sounder application. 2004. Simrad AS, 172 p.

Simmonds E.J., Williamson N.J., Gerlotto F., Aglen A. 1992. Acoustic Survey Design and Analysis Procedure // ICES Cooperative Research Report. No. 187, 131 p.

Traynor J.J. 1996. Target Strength Measurement Of Walley Pollock (*Theragra Chalcogramma*) And Pacific Whiting (Merluccius Productus) // ICES J. Marine Science. V. 53. P. 253–258.

УДК 639.2 081.117.004.17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УЛОВИСТОСТИ УЧЕТНЫХ СТАВНЫХ НЕВОДОВ НА ПРОМЫСЛЕ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

Лапшин О. М.[1], Коваленко М. Н.[1], Широков Е. П.[2], Герасимов Ю. В.[3]

[1] ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский,
Контактный e-mail: lapshin@kamniro.ru
[2] СВТУ Росрыболовства, г. Петропавловск-Камчатский,
Контактный e-mail: svrybolovstvo@terkamfish.ru
[3] ФГБУН ИБВВ РАН, п. Борок Ярославской области,
Контактный e-mail: gu@ibiw.yaroslavl.ru

Введение

Конструкция рыболовного орудия, как и всякий иной продукт сознательной деятельности человека должна основываться на накопленном в данной области опыте как практического, так и теоретического происхождения. Ставные невода — наиболее крупные и распространенные орудия прибрежного рыболовства. По классификации орудий лова, предложенной А.И. Трещевым (1974), ставные невода относятся к орудиям лова III класса (ловушки) и долгие годы являлись одним из основных объектов исследований рыбохозяйственной науки. Большой вклад в развитие теории ставного неводного лова внесли отечественные и японские ученые (Tauti and Yasuda, 1929, 1930; Баранов, 1933, 1948; Борисов, 1933; Асланова, 1947, 1949, 1958; Канин, 1950, 1956, 1957; Егорычев, 1953; Пономарев, 1954; Калиновский, 1955; Трещев, 1955; Андреев, 1957; Лексуткин, 1959). Теоретически они были сведены в единую теорию Ф.И. Барановым (1960), который изложил основные принципы работы, как отдельных элементов, так и всего невода в целом.

В последующие годы, в период бурного развития активных способов лова рыбы в открытом море, интерес к ставным неводам упал. В 60-е годы прошлого века теория ставного неводного лова развивалась в основном усилиями Ю.С. Сергеева (1960, 1962, 1964) и В.Н. Мельникова (1962). В 70-е годы к исследованию ставного неводного лова рыбы вновь стали обращать больше внимания (Зонов и Петрова, 1970; Сергеев, 1979; Маркин, 1971а, 1971б, 1973а, 1973б, 1975а и 1975б; Халилов, 1972; Gabriel, 1980; Nomura, 1980, Jdrvik, 1976, 1977, 1979a, 1979b; Ярвик, 1982).

В конце XX века – первом десятилетии XXI века работы по развитию теории ставного неводного лова продолжились, но с большим акцентированием, как на эффективных учетных орудиях лова, которыми могут облавливаться донные, придонные и пелагические рыбы, совершающие миграции как большими и плотными скоплениями, так и небольшими группами или отдельными экземплярами. Требования по экологической устойчивости промышленного рыболовства обуславливают увеличение интереса к ставным неводам в прибрежном рыболовстве. Важно, что при эксплуатации неводов не нарушается кормовая база рыб, донные биоценозы. Использование ставных неводов позволяет наиболее полно проводить рыбоохранные мероприятия, быстро и с достаточной точностью судить о состоянии запасов рыбных объектов, до минимума снизить облов неполовозрелых особей (Герасимов и др., 2005; Герасимов, Лапшин, 2005; Коваленко и др., 2006; Герасимов, Лапшин, 2009; Лапшин, Герасимов, 2009).

Материал и методика

Зависимость процесса поимки и удержания рыб разных видов ставным неводом в зависимости от их плотности и видоспецифических поведенческих реакций исследовалась на охотоморском побережье Камчатки в период с 2000 по 2005 гг. Работы проводились на промысловом двухкотловом ставном неводе 118х22х7,5 м пр. 488, разработанным лабораторией промрыболовства ФГУП «КамчатНИРО» и установленным на рыболовном участке № 160-Б (коса у п. Октябрьский) в Охотском море. Невод выполнен с внутренними подъемными дорогами, с внутренними и внешними входными открылками, длина центрального троса — 500 м, глубина в месте установки ловушки невода составляла по полному отливу 4 м.

Оценка плотности и распределения лосося производилась гидроакустическим методом в сочетании с анализом контрольных уловов (Gerasimov et al., 2004; Коваленко и др., 2006). Лосось во время прове-

дения исследований не образовывал сверхплотных скоплений. Известно, что если в импульсный объем луча эхолота попадает менее десятка объектов, то релеевские закономерности рассеяния нарушаются, поэтому при регистрации одиночных целей оптимальным методом обработки эхосигналов является не эхоинтеграция, а эхосчет (Калихман, 1983). Поэтому исследования проводились при помощи рыбопоискового эхолота «Lowrance LMS-350A» с включенной функцией идентификации рыб. Обработка полученного материала осуществлялась согласно существующим методическим рекомендациям (Герасимов, Лапшин, 2005; Базаров, Малин, 2007).

Для построения планшета горизонтального распределения рыбы на координатную сетку наносились отметки глубин (целые метры) и точки регистрации отдельных особей и стай рыб. Повторность съемок и их продолжительность определялись поставленной задачей и конкретными условиями исследований. Поскольку луч имеет коническую форму, т.е. его ширина нарастает с глубиной, общая ихтиомасса определялась суммированием массы по слоям.

Для оценки вертикального распределения рыб выделяются слои через каждые два метра по глубине, их количество завесило от глубины участка, например, 0–4, 4–8, 8–12, > 12 м. Определение глубины и подсчет количества рыбы производился непрерывно. Определение и подсчет количества рыбы производился с интервалом 10 с, что соответствует расстоянию Н” 10 м. Одновременно определялись координаты встреченных стай и одиночных рыб по навигационному модулю. Встроенный компьютер эхолота Lowrance X-45 разделяет регистрируемых рыб на 3 размерные группы (границы размерных групп установлены эмпирически): < 20; 20–60; 60 > см.

Плотность рыбы с (экз./м^2) определялась с использованием эхолота с широким углом обзора датчика и находилась послойно. Плотность рыбы для одного слоя рассчитывалась по формуле:

$$\rho = N / L\overline{D}, \quad (1)$$

где N — общее количество рыбы в слое за время съемки, L — путь, пройденный при эхосъемке, м, $\overline{D}$ — средний диаметр сканирующего луча, м. Рыба, зарегистрированная в каждом слое (от 0 до 2 м, от 2 до 4 м и т.д.) проецировалась на площадь сканирующего луча на нижней отметке слоя (2, 4 м и т. д.).

Средняя плотность по численности (экз./м^2) находилась как отношение суммы всех рыб во всех слоях на среднюю площадь эхосъемки (рис. 1). Средняя плотность по массе (кг/м^2) определялась по суммарной массе рыб выделенных размерных групп во всех слоях (соотношение особей различных размеров в скоплениях определялось по данным эхолота, средняя масса рыб каждой размерной группы по уловам ставного невода) по формуле (Герасимов и др., 2005; Лапшин, Герасимов, 2008):

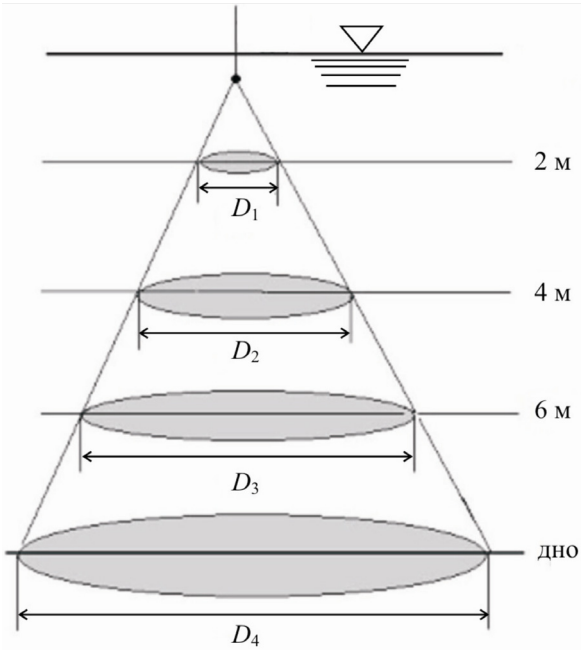


Рис. 1. Схема определения вертикального распределения рыбы. 2, 4, 6 м и дно — слои для расчета плотности рыб. D_1–D_4 — диаметры сканирующего луча на каждом из выделенных горизонтов

$$\rho = \sum_{i=1}^{n}[\sum_{j=1}^{m}(N_{ji}\overline{w}_j)]/(L\overline{D}_i), \quad (2)$$

где N_j — количество особей каждой размерной группы j в i-том слое, $\overline{w}_j$ — средний вес особи каждой размерной группы j для всех слоев, n — общее количество выделенных слоев, m — общее количество выделенных размерных групп.

Для эхосъемки лососей у побережья Камчатки было выделено три размерные группы $m = 3$, что значит $j = 1, 2, 3$, поэтому вышеприведенную формулу можно записать в следующем виде:

$$\rho = \sum_{i=1}^{n}[(N_{1i}\overline{w}_1 + N_{2i}\overline{w}_2 + N_{3i}\overline{w}_3)]/(L\overline{D}_i), \quad (3)$$

Съемки проводились в течение двух недель с повторностями в разное время суток на выделенном полигоне площадью 1 км^2 в районе постановки ставного невода. Так как проводилась оценка плотности и распределения лососей во время нерестовой миграции, то, по нашему мнению некорректно использовать зону действия ставного невода в определении А.И. Трещева (1983). Поэтому была определена площадь, полученная произведением длины 1000 м (в 2 раза превышающая длину крыла) и ширины 1000 м, что позволило приблизить зону действия ставного невода к определению Ф.И. Баранова, а именно, к обловленной площади, или к площади, из которой рыба за время застоя орудия лова (для пассивных орудий лова) могла оказаться в улове.

Результаты и обсуждение

Наблюдения за эффективностью облова разновидового прибрежного скопления рыб в условиях Черного моря показали, что у большинства видов рыб, которые активно перемещаются в зоне действия ставного невода, существует зависимость улова от числа стай вблизи ставного невода. Графически эта зависимость аппроксимируется прямой линией, что было показано в более ранних работах (Иноуэ, 1987а, 1987б). В исследованиях, проведенных в зоне действия ставного невода, установленного в районе п. Октябрьский на охотоморском побережье Камчатки, во время нерестового хода горбуши в большинстве случаев были получены сходные результаты (Герасимов и др., 2005; Герасимов, Лапшин, 2005). Эхосьемка показала, что за весь период наблюдений за нерестовым ходом плотность скоплений в зоне действия ставного невода изменялась в диапазоне от 0,01 до 5 экз./м^2. При изменениях плотности от 0,01 до 3 экз./м^2 величина улова имела прямую с высоким уровнем достоверности ($r = 0{,}89$; $F = 40{,}8$; $p < 0{,}01$) зависимость от плотности рыб в зоне действия ставного невода (рис. 2).

Если ряд наблюдений пополнялся уловами ставного невода при плотности рыб от 4 до 5 экз./м^2, форма зависимости величины уловов ставного невода от плотности скоплений рыб приобретала форму параболы (рис. 3) с довольно низким показателем детерминации ($R^2 = 56{,}7$; $F = 3{,}95$; $p < 0{,}10$). Уловистость ставного невода снижалась, несмотря на то, что синхронность и однонаправленность перемещения у рыб сохранялась и при этих значениях плотности.

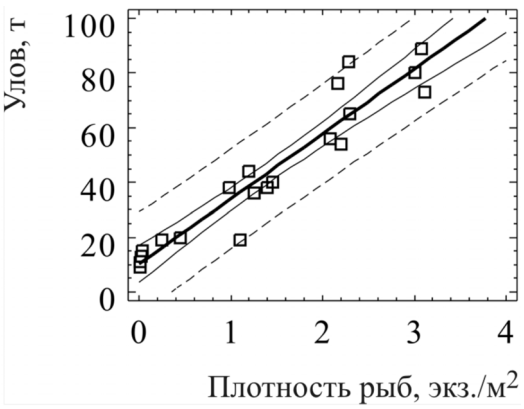


Рис. 2. Зависимость улова ставного невода от плотности лососей в зоне действия орудий лова. Диапазон плотностей от 0,01 до 3 экз./м^2 (линия регрессии и 95 и 99% доверительные интервалы)

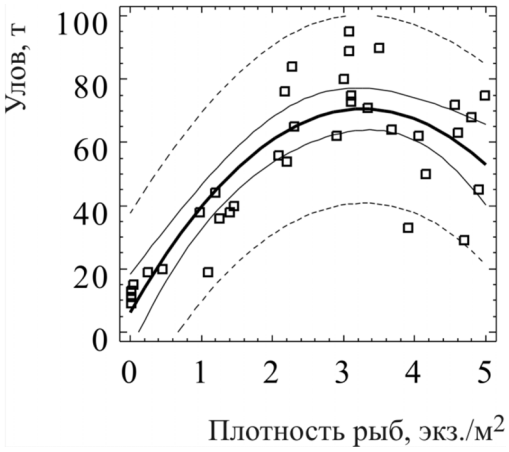


Рис. 3. Зависимость улова ставного невода от плотности лососей в зоне действия орудия лова. Диапазон плотностей от 0,01 до 5 экз./м^2

Изменение формы зависимости и снижение уловистости ставного невода было связано, в первую очередь, с техникой лова. При высоких плотностях в ловушке невода быстро накапливается рыба и для ее изъятия проводились частые переборки, во время которых невод не ловил. В результате подошедшая рыба обходила невод мористее, не попадая в улов.

Эффективность работы невода можно определить по величине коэффициента уловистости, поскольку он в большей степени будет зависеть от конструктивных особенностей невода, качества и места его установки. Например, от устройства отдельных элементов, способствующих созданию условий для максимального облегчения захода определенного вида рыб в невод (соответствующая ориентация невода, крыла, установка открылков и т.д.). Важным является и эффективность устройств для удержания рыбы до переборки котла (внутренние открылки, оптимальный размер входных отверстий, устройства по перегонке рыбы, устройства дистанционного открывания и закрывания входа в котел).

Теоретически ставные невода могут облавливать все 100% рыб, особенно, когда направляющее крыло полностью перекрывает путь их движения. Однако большинство ученых, проводивших исследования по вопросам уловистости ставных неводов (А.И. Трещев, А.Л. Фридман, Ю.С. Сергеев, М.Н. Коваленко и др.), считают, что коэффициент уловистости для них не может быть принят равным единице, поскольку зашедшие в ловушку (двор, котел) ставного невода рыбы могут постепенно выходить из нее.

А.И. Трещев (1983) предлагал определять коэффициент уловистости ставных неводов по формуле

$$k_c = (n_1 - n_2)/n, \quad (4)$$

где n_1 — число рыб, зашедших в ловушку, шт., n_2 — число рыб, вышедших из ловушки, шт.

Зону действия ставного невода А.И. Трещев (1983) предлагал определять по формуле

$$V = \pi l^2 a / 4, \quad (5)$$

где l — длина крыла ставного невода, м; a — средняя высота крыла, м.

Ю.С. Сергеев (1960) пришел к выводу, что выход рыб из камер ставного невода пропорционален числу рыб и времени, т.е.

$$n_c = n_1 \, e^{-\alpha t}, \quad (6)$$

где n_1 — первоначальное число рыб в камере невода, шт.; n_2 — число рыб в камере невода по прошествии времени t, шт.; t — время, час; e — основание натуральных логарифмов; α — коэффициент, зависящий от конструкции, размеров камеры и входного устройства, особенностей объекта лова и других факторов.

Вернемся к классическому определению коэффициента уловистости ставного невода по формуле Ф.И. Баранова (1960):

$$k_c = \frac{Q}{\rho S}, \quad (7)$$

где Q — улов, кг; с — плотность рыб в зоне облова, кг/м^2; S — зона действия ставного невода (площадь облова), м^2; k_c — коэффициент уловистости.

Если для тралов показано, что количество рыб в зоне действия необходимо определять перед началом траления, дабы исключить влияние траловой системы на облавливаемых рыб (Лапшин, 2005; Лапшин, 2009), то для ставных неводов определение количества рыб в зоне их действия должно происходить именно в процессе лова, между переборками ставного невода (Лапшин, Герасимов, 2009). Такая методологическая разница объясняется различием в типе воздействия орудия лова на объект лова: активным — для тралов и пассивным — для ставных неводов. Тогда для получения значения коэффициента уловистости ставного невода нам необходимо было определить численные значения для используемых в формуле (7) величин.

Прежде всего, необходимо было определить границы зоны действия ставного невода. Использовать формулу (4), предложенную А.И. Трещевым, представлялось в данном случае неверным (Коваленко и др., 2006). Собственные подводные и гидроакустические наблюдения за поведением и лососевых рыб показали, что в суточной динамике распределения лососей можно выделить два этапа, которые характеризуются наличием двух участков относительно устойчивой концентрации рыб (рис. 4, 5).

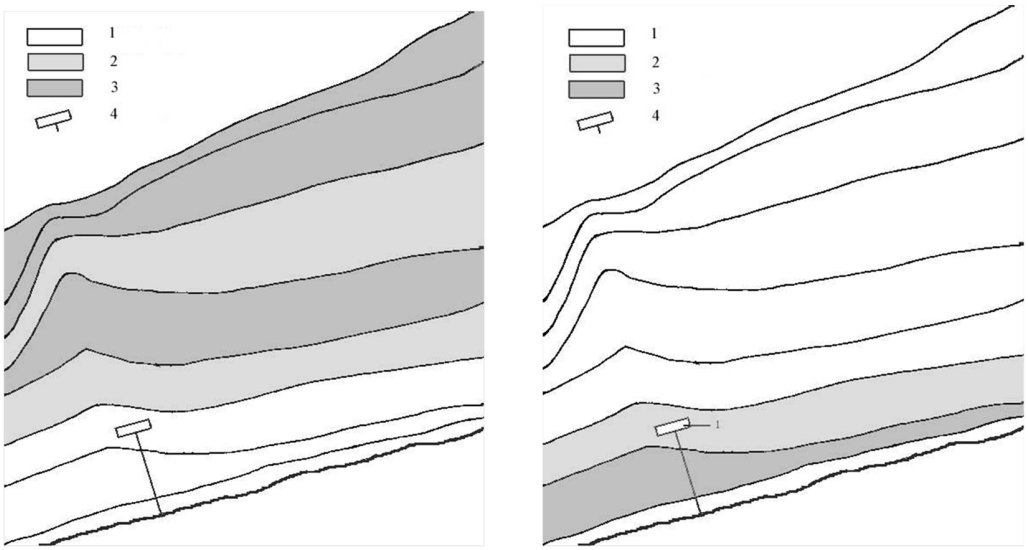
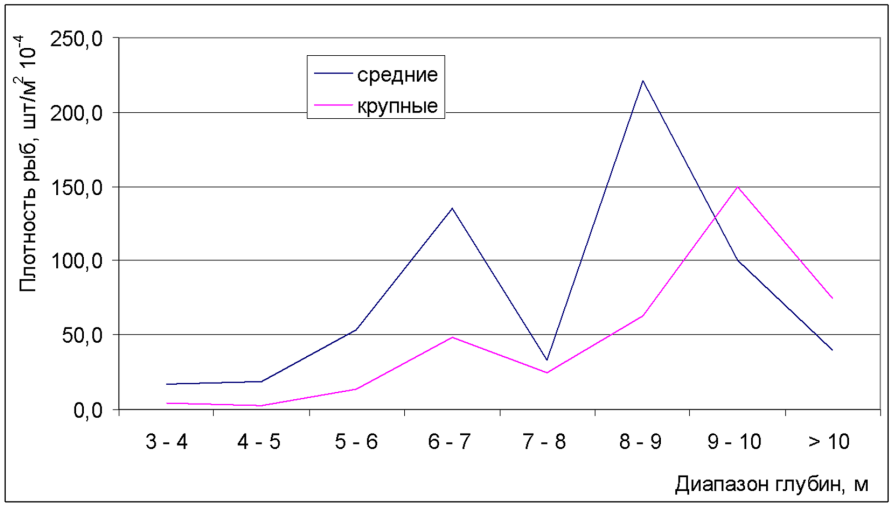
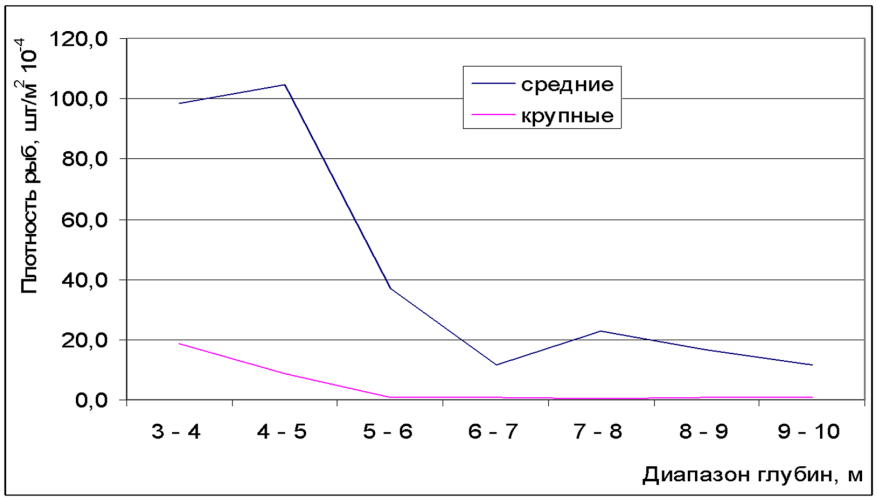


Рис. 4. Распределение эхоцелей размером более 60 см в районе постановки ставного невода (4) в первой половине дня (а), во второй половине дня (б). Плотность рыб на исследованных участках: 1 — от 0,001 до 0,005 шт./м^2; 2 — от 0,005 до 0,01 шт./м^2; 3 — более 0,01 шт./м^2



Первая половина дня



Вторая половина дня

Рис. 5. Распределение эхоцелей по глубинам в течение дня. Средние эхоцели — от 20 до 60 см, крупные — более 60 см

На рисунке 6 даны номера участков между изобатами, по которым рассчитывались плотности распределения лососей в зоне действия учетного ставного невода. Осреднение плотности проводилось для участков между каждой парой изобат на участке от крыла до первого разреза — составило 500 м, со стороны, откуда приходила рыба, т.е. с севера. Участок 4 частично перекрывается неводом, а 5 вообще не перекрывается. Участки, которые не перекрывались, рассчитывались до красной пунктирной линии (продолжение линии крыла).

Для расчета коэффициента уловистости взяты параметры уловов за 4 дня лососевой путины в 2001 г.: 27, 30, 31 июля и 1 августа. Средний вес рыбы в расчетах плотностей с использованием гидроакустики получен равным 3 кг на основании определения промеров рыб в улове, соотношение которых составило за период с 27 июля по 1 августа: нерка 49%, кета 44%, горбуша 7%.

Зона действия учетного ставного невода была определена на основании следующих положений.

1 Вследствие того, что по данным гидроакустической съемки получены значения плотностей распределения для лососевых рыб без разделения на виды, то зону действия учетного ставного невода определяем также для лососевых рыб с указанием доминантных видов в улове (в 2001 г. — это нерка и кета).

Очевидно, что при определении зоны действия для рыб — активных мигрантов мы должны ответить на два вопроса: с какой дистанции — удаления от берега — лососи реагируют на крыло ставного невода, какое расстояние от крыла ставного невода лососи проплывают за время застоя.

Итак, лососи подходят к берегу и начинают перемещаться вдоль него — об этом свидетельствуют результаты оригинальных подводных и гидроакустических съемок. Следовательно, длина зоны действия ставного невода должна быть равной произведению скорости движения лососей на время, за которое лосось доберется до крыла невода, которое, в свою очередь, равно времени между переборками ставного невода.

Наши наблюдения показали, что лососи подходят к берегу по направлению 1 (рис. 7) и начинают движение по направлениям 2–4 вдоль берега, доходят до крыла и по направлению 5 заходит в ловушку. Невод создает сопротивление потоку мигрирующей рыбы, так как при массовом подходе и при накоплении определенного количества рыбы в ловушке, она начинает «толпиться» перед крылом, мешая вновь подходящей, часть рыбы выходит из двора, — вся эта рыба образует поток 6, который обтекает ловушку невода снаружи (дополнительно тюлени еще больше увеличивают сопротивление невода, перекрывая направление 5 и способствуя выходу рыбы из зоны облова также по направлению 6). Этот поток отклоняет рыбу,

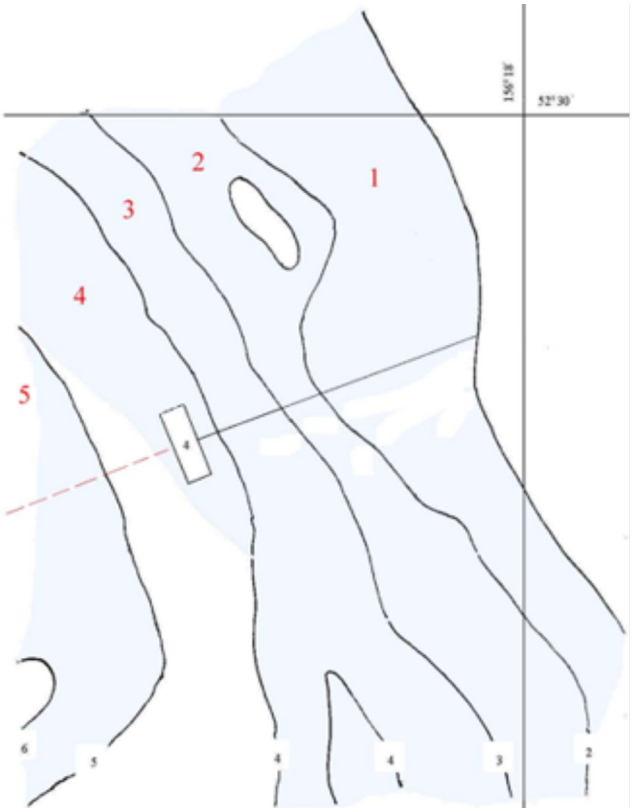


Рис. 6. Номера участков между изобатами в зоне действия ставного невода, по которым рассчитывались плотности распределения лососей. Красными цифрами выделены номера участков

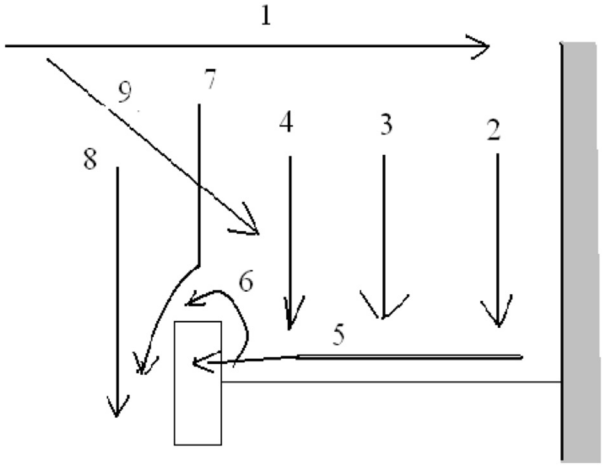


Рис. 7. Схема, поясняющая модель определения зоны действия учетного ставного невода. Стрелками показаны основные направления движения лососей

движущуюся по направлению 7 мористее, а рыба, идущая по направлению 8, вообще не попадает в зону действия невода.

К сожалению, никто не учитывает «сопротивления» орудия лова потоку мигрирующей рыбы, у большинства авторов считается, что рыба, как плывущий по течению мусор, попадает в ловушку невода. Это сопротивление обусловлено активной реакцией рыбы направленной на избегание орудия лова, и должно создавать некоторую центробежную силу. В простейшем случае, если форму зоны действия принять за окружность (по Трещеву), эта сила направлена от точки в центре зоны к ее границам, т.е. это остановившаяся перед орудием лова или плывущая от орудия лова рыба. Этот обратный поток меняет (за счет стайного инстинкта) направление движения вновь подходящей рыбы, снижает ее скорость и т.д.

Направление 9 возможно и существует во время подхода рыбы к берегу, но когда она подошла и пошла вдоль берега, оно исчезает. Во всяком случае, гидроакустические съемки его не зафиксировали (Gerasimov et al., 2004; Герасимов, Лапшин, 2005). Тогда, как направления 2–4, 5, 6 и 7 регистрировались при гидроакустической съемке.

Если следовать, модели определения зоны действия ставного невода, предложенного А.И. Трещевым (1983), то для мигрирующих рыб зона действия будет в форме полуокружности, с центом в середине крыла ставного невода. Возможен и другой вариант, представить зону действия в виде полуокружности с центром в точке крепления крыла ставного невода к берегу (Коваленко М.Н., персональное сообщение, 2009). Оба эти определения зоны действия ставного невода являются производными направления 9 (рис. 7) и были бы справедливы, если рыба собирается веером, а в точке крепления крыла к берегу (середине крыла) что-то привлекало ее, например, здесь находилась бы точка поворота при заходе в реку. Но наши наблюдения за распределением лососей показали, что мигрирующего скопления лососей движутся вдоль берега, представляя собой растянувшуюся полосу.

Следовательно, в общем случае для ставных неводов зона действия равна длине крыла только в случае, когда ширина миграционного потока рыб больше или равняется длине крыла, в противном случае, ее необходимо определять по ширине миграционного потока. В нашем случае, ширина зоны действия равна длине крыла. При этом в зону действия не попадает лишняя рыба, которая на самом деле проходит мористее.

Таким образом, зона действия ставного невода для лососевых рыб определена как прямоугольник: одна сторона равна длине крыла; вторая сторона равна времени, которое проплывает лосось вдоль берега за время лова (между переборками) невода.

Тогда зона действия ставного невода будет

$$S_{\text{ст.невода}} = l\ a\ v\ t = 2\, l_{\text{крыла невода}}\ a_{\text{ср.крыла невода}}\, v_{\text{лосос.рыб}}\ t_{\text{лова}}, \quad (8)$$

где $l_{\text{крыла невода}}$ — длина крыла ставного невода, м; $a_{\text{ср.крыла невода}}$ — средняя высота крыла невода (для охотоморского побережья Камчатки высота крыла меняется от 0,5 до 7 м, поэтому необходимо определять среднюю высоту крыла), м; $v_{\text{лосос. рыб}}$ — скорость движения лососевых рыб, м/мин; $t_{\text{лова}}$ — время между переборками ставного невода, мин.

Тогда коэффициент уловистости учетного ставного невода для лова лососевых рыб будет определяться как

$$k_c = \frac{Q_{\text{ставн.сети}}}{\rho_{\text{лосос.рыб}}\ l_{\text{крыла невода}} v_{\text{лосос.рыб}}\ t_{\text{лова}}}, \quad (9)$$

где $\rho_{\text{лосос. рыб}}$ — плотность распределения лососевых рыб, экз./м^2 (при переходе к распределению рыб на площади мы пренебрегаем параметром «высота крыла»).

Скорости движения лососевых рыб для определения зоны действия ставного учетного невода взяты нами из работы А.С. Николаева (1977): горбуша — 60 см/с, кета — 53 см/с, нерка — 42,6 см/с, чавыча — 34,9 см/с. В период выполнения экспериментов в уловах доминировали кета и нерка (90%), причем соотношение кеты и нерки в уловах было примерно одинаковым. Поэтому расчетная скорость движения лососей в зоне действия ставного невода принята нами как средняя скорость скоростей дви-

жения кеты и нерки. Следовательно, зону действия при облове смешанных скоплений лососей, при отсутствии дифференцированных по видам значения плотностей распределения, можно определить по значениям средней скорости, т.е. для нашего случая — это 28,68 м/мин.

Результаты определения зоны действия учетного ставного невода для 4-х экспериментальных уловов приведены в таблице 1.

Данные по количеству рыб, подошедших к неводу со стороны крыла (оказавшиеся в его зоне действия) и рассчитанных по результатам гидроакустической съемки, приведены в таблицах 2–5. При расчетах учитывалась только 1/3 участка между изобатами 4 и 5 м, в соответствии с длиной крыла учетного ставного невода и принятой методикой определения зоны действия.

Таким образом, среднее значение коэффициента уловистости для учетного ставного невода для лова лососей равно 0,057±0,006 (таблица 6).

Таблица 1. Экспериментальные и расчетные данные по определению зоны действия учетного ставного невода

Дата лова	Улов, т	Время между переборками, мин	Зона действия, м^2
27.07.2001	75	190	2724600
30.07.2001	70	250	3585000
31.07.2001	84	270	3871800
01.08.2001	35	120	1720800

Таблица 2. Экспериментальные и расчетные данные по количеству лососей, подошедших к крылу учетного ставного невода (27 июля 2001 г.)

Участки (между изобатами), м	Плотность лососевых рыб, экз./м^2	Общая площадь участка, м^2	Всего рыб на участке, экз.	Всего рыб в зоне действия, т
1–2	0,02	648299	12966	38,90
2–3	0,18	822395	148031	444,09
3–4	0,24	753585	180860	542,58
4–5	0,08	500321	40026	120,08
5–6	0,06	участок в зону действия не входит		
сумма		2724600	186874	1145,65

Таблица 3. Экспериментальные и расчетные данные по количеству лососей, подошедших к крылу учетного ставного невода (30 июля 2001 г., улов невода 60 т)

Участки (между изобатами), м	Плотность лососевых рыб, экз./м^2	Общая площадь участка, м^2	Всего рыб на участке, экз.	Всего рыб в зоне действия, т
1–2	0,12	853025	102363	307,09
2–3	0,11	1082098	119031	357,09
3–4	0,21	991560	208228	624,68
4–5	0,14	658317	92164	276,49
5–6	0,10	участок в зону действия не входит		
сумма		3585000	521786	1565,36

Таблица 4. Экспериментальные и расчетные данные по количеству лососей, подошедших к крылу учетного ставного невода (31.07.2001 г., улов 50 т)

Участки (между изобатами), м	Плотность лососевых рыб, экз./м^2	Общая площадь участка, м^2	Всего рыб на участке, экз.	Всего рыб в зоне действия, т
1–2	0,1	921267	92127	276,38
2–3	0,14	1168666	163613	490,84
3–4	0,21	1070885	224886	674,66
4–5	0,12	710982	85318	255,95
5–6	0,31	участок в зону действия не входит		
сумма		3871800	565944	1697,83

Таблица 5. Экспериментальные и расчетные данные по количеству лососей, подошедших к крылу учетного ставного невода (01.08.2001 г., улов 15 т)

Участки (между изобатами), м	Плотность лососевых рыб, экз./м^2	Общая площадь участка, м^2	Всего рыб на участке, экз.	Всего рыб в зоне действия, т
1–2	0,07	409452	28662	85,98
2–3	0,11	519407	57135	171,40
3–4	0,14	475949	66633	199,90
4–5	0,05	315992	15800	47,40
5–6	0,01	участок в зону действия не входит		
сумма		1720800	168229	504,69

Таблица 6. Экспериментальные и расчетные данные по определению зоны действия учетного ставного невода

Дата лова	Улов, т	Количество лососей в зоне действия, т	Коэффициент уловистости
27.07.2001	75	1142,65	0,06547
30.07.2001	70	1565,36	0,04472
31.07.2001	84	1697,83	0,04947
01.08.2001	35	504,69	0,06935
Среднее значение и ошибка			0,057±0,006

Заключение

Величина улова является функцией численности рыб с высокой степенью структурной организации в зоне действия ставного невода. Зависимость этих величин определяется механизмами взаимодействия объекта лова с элементами орудия лова и сравнительно легко формализуется, что облегчает использование ставного невода в качестве учетного орудия лова.

Несмотря на недостаточность гидроакустических наблюдений для определения абсолютной численность рыб в зоне действия ставного невода, они позволяют определить динамику относительной численности многовидовых прибрежных сообществ рыб и зависимость величины улова от количества рыбы в районе постановки невода.

Ширина зоны действия учетного лососевого ставного невода для охотоморского побережья Камчатки по результатам экспериментов равна длине крыла, а длина зоны действия — пропорциональна времени застоя ставного невода.

Для определения параметров интенсивности процесса лова учетными ставными неводами и влияния интенсивности промысла на его эффективность были проведены исследования пространственного распределения лососей в зоне действия ставного невода. В результате было получено, что в суточной динамике распределения лососей можно выделить два этапа, которые характеризуются наличием двух участков относительно устойчивой концентрации рыб. Получены значения плотностей распределения лососей в зоне действия учетного ставного невода для лова лососей на западном побережье Камчатка находятся в диапазоне от 0,02 до 0,24 экз./м^2. По результатам исследований предложено уравнение для определения зоны действия ставного невода. Собраны экспериментальные данные для расчета коэффициента уловистости учетного ставного невода, получены величины коэффициентов уловистости. Среднее значение коэффициента уловистости для учетного ставного невода для лова лососей равно 0,057±0,006.

Список литературы

Андреев Н.Н. 1957. Теоретические основы расчета ставных подвесных неводов на самозатопление // Тр. Мосрыбвтуза. — вып. 8. — С. 3–37.

Асланова Н.Е. 1947. Поведение хамсы и сельди в зоне ставных неводов // Рыбное хозяйство. — № 12. — С. 3–7.

Асланова Н.Е. 1949. Поведение хамсы и сельди в зоне ставных неводов в Керченском проливе // Рыбное хозяйство. — № 7. — С. 3–7.

Асланова Н.Е. Изучение поведения рыб в зоне действия орудий лова // Тр. ВНИРО. — 1958. — Т. 36. — С. 33–51.

Баранов Ф.И. 1933. Техника промышленного рыболовства. — М.-Л.: КОИЗ, — 473 с.

Баранов Ф.И. 1948. Теория и расчет орудий рыболовства. — М.: Пищепромиздат, — 462 с.

Баранов Ф.И. 1960. Техника промышленного рыболовства. — М.: Пищепромиздат, — 696 с.

Базаров М.И., Малин М.И. 2007. Возможности использования рыбопоисковых эхолотов для определения численности рыб // Рыбное хозяйство. — № 6. — С. 99–101.

Борисов Т.М. 1933. Техника лова рыбы. — М.-Хабаровск: Огиз.-Дальгиз., — 316 с.

Герасимов Ю.В., Коваленко М.Н., Лапшин О.М. 2005. Оценка интенсивности и уловистости лососевых учетных ставных неводов и оптимизация их промыслово-технологических параметров (методом тензометрической съемки) у побережья п-ова Камчатка // Промышленное рыболовство и флот: Обзорная информация / ВНИЭРХ. — М., — Вып. 1 — 35 с.

Герасимов Ю.В., Лапшин О.М. 2005.Изучение особенностей поведения рыб в зоне действия учетных ставных неводов // Поведение рыб. Материалы докладов Международной конференции. 1–4 ноября 2005 г., Борок, Россия. — М.: АКВАРОС, — С. 88–96.

Герасимов Ю.В., Лапшин О.М. 2009. Поведение рыб в зоне действия модели ставного невода // Известия ТИНРО. — Т. 157. — С. 206–216.

Егорычев П.И. 1953. О ловушках одноусыночных и двухусыночных. // Рыбное хозяйство. — № 6. — С. 32–34.

Зонов А.И. Петрова Л.К. 1970. Определение эффективности существующих входных устройств ловушек // В сб.: Рыбохозяйственное изучение внутренних водоемов. — Л.:, — № 4. — С. 42–45.

Иноуэ Ё. 1987а. Время подхода рыбных косяков к ставному неводу // Ниппон суйсан гаккайси (Бюл. Японского научного общества рыболовства). — Т. 53. — № 7. — С. 1129–1133 (перевод с японского).

Иноуэ Ё. 1987б. Зависимость величины уловов ставных неводов от числа стай вблизи невода // Ниппон суйсан гаккайси (Бюллетень Японского научного общества рыболовства). — Т. 53. — № 8. — С. 1313–1316 (перевод с японского).

Калиновский В.С. 1955. Штормоустойчивые ставные невода. Постройка, установка, эксплуатация. — Владивосток, — 136 с.

Калихман И.Л. 1983. Обоснование методики количественной оценки рыбных скоплений гидроакустическим способом для целей промысловой разведки. Автореф. канд. дисс. — М.: ВНИРО, — 23 с.

Канин В.Ф. 1950. Ставной неводной лов. — М.: Пищепромиздат, — 85 с.

Канин В.Ф. 1956. Промысловое обоснование конструкций ставных неводов // Автореферат кандидатской диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. — М.:, — 21 с.

Канин В.Ф. 1957. Промысловое обоснование конструкций ставных неводов // Тр. Латв. отд. ВНИРО. — вып. 2. — С. 177–231.

Коваленко М.Н., Лапшин О.М., Герасимов Ю.В. 2006. Исследования показателей промыслово-технологических параметров интенсивности и уловистости ставных неводов для лова лососей // Успехи рыболовства. Сборник научных трудов кафедры промышленного рыболовства. — Владивосток: Дальрыбвтуз, — С. 46–67.

Лапшин О.М. 2005. Влияет ли поведение объекта лова на процедуру определения коэффициента уловистости орудия лова? // Мат-лы докл. междунар. конф. Поведение рыб. 1–4 ноября 2005 г., Борок, Россия. — М.: АКВАРОС, — С. 275–290.

Лапшин О.М. 2009. Подходы к определению коэффициента уловистости учетных тралов // Известия ТИНРО. — Т. 157. — С. 247–260.

Лапшин О.М., Герасимов Ю.В. 2008. Особенности поведения промысловых рыб в зоне действия учетного ставного невода // Известия ТИНРО. — Т. 155. — С. 300–311.

Лексуткин А.Ф. 1959. Рациональное использование промыслового вооружения на ставном неводном лове и конструкция отдельных элементов невода // Тр. КаспНИРО. — Т. 14. — С. 3–12.

Маркин В.А. 1971а. Методика изучения поведения рыб в зонах влияния и действия стационарных орудий лова способом подводных наблюдений // В сб.: Промышленное рыболовство и механизация. — Вып. 6(2). — Владивосток, изд. ТИНРО. — С. 53–63.

Маркин В.А. 1971б. К вопросу о выборе типа конструкции лососевых ставных неводов // В сб.: Промышленное рыболовство и механизация. — вып.6(2). — Владивосток, изд. ТИНРО. — С. 45–52.

Маркин В.А. 1973а. О реакции терпуга, наваги, красноперки и анчоуса на сетные полотна рыболовной ловушки. Промышленное рыболовство. Владивосток. № 4, с. 83–87.

Маркин В.А. 1973б. Применение крупоячейных сетных полотен в крыльях ловушек на лове сельди и корюшки // В сб.: Промышленное рыболовство и механизация. — вып. 4. — Владивосток, изд. ТИНРО. — С. 99–107.

Маркин В.А. 1975а. Некоторые вопросы теории и проектирования морских рыболовных ловушек. — Изд. ТИНРО. — Т. 94. — С. 94–118.

Маркин В.А. 1975б. К вопросу об экономической эффективности стационарных орудий лова. — Изд. ТИНРО. — Т. 84. — С. 138–156.

Мельников В.Н. 1962. Видимость сетных орудий лова в воде в связи с их уловистостью // Тр. ВНИРО. — Т. 47 — С. 68–110.

Николаев А.С. Некоторые итоги изучения трасс движения взрослых лососей в камчатском заливе // Вопросы ихтиологии. — 1997. — Т. 17. — Вып. 1(102). — С. 148–158.

Пономарев Ф.А. 1954. Опыт работы ставными неводами команды сейнера «Пескарь» // Рыбное хозяйство. — № 10. — С. 53–56.

Сергеев Ю.С. 1960. Методика оценки удерживающей способности камер рыболовных ловушек // Тр. Белорусского НИИ рыбного хозяйства. — Т. 3. — С. 225–239.

Сергеев Ю.С. 1962. Методика оценки удерживающей способности камер рыболовных ловушек // Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. — Калининград, Атлант-НИРО. — 24 с.

Сергеев Ю.С. 1964. Применение математики в изучение поведения рыб в стационарных орудиях // В кн.: Опыт применения математических методов в рыбохозяйственных исследованиях. — Калининград, — С. 78–99.

Сергеев Ю.С. 1979. Основы теории лова ставными неводами и тралами. — М.: Пищевая промышленность, — 143 с.

Трещев А.И. 1974. Научные основы селективного рыболовства. — М.: Пищевая промышленность, — 442 с.

Трещев А.И. 1955. Исследование нагрузок на стационарные орудия рыболовства // Тр. ВНИРО. — Т. 30. — С. 77–108.

Трещев А.И. 1983. Интенсивность рыболовства. — М.: Легкая и пищевая промышленность, — 236 с.

Халилов В.М. 1972. Оптимальная длина крыла ставного невода // Рыбное хозяйство. — № 1. — С. 42–44.

Ярвик А.Р. 1982. Удерживающая способность садков ставных неводов на лове весенней салаки // В кн.: Рыбохозяйственные исследования в бассейне Балтийского моря. — Рига: Авотс, — вып. 17. — С. 113–131.

Gabriel O., Ing K-H. 1980. Stand und Entwicklingsperspektiven der Reusenfischerei im AuЯenstrandbereich // Seewirtschalf — № 12. — S. 611–616.

Gerasimov Y.V, Oleg M. Lapshin, Michael N. Kovalenko. The research of salmon migration intensity in estuarine part of the Bolshaya River (west part of Kamchatka peninsula) using survey set-net and hydroacoustical method // ICES Document CM 2004/S:13. — 10 p.

Järvik A. 1976. Kas räimepüügil kasutatavad seisevnoodad on optimaalsed? — Abiks Kalurile. — Tallinn, — № 3. — lk. 40–48.

Järvik A. 1977. Voidaanko silakkapaunetin rakenetta parantaa? — Suomen Kalastuslehti. — Helsinki, — № 2. — lk. 53–54.

Järvik A. 1979a. Milline peaks olema seisevnoodakast kevadräimepüügil? — Abiks Kalurile. — Tallinn, — № 1. — lk. 16–23.

Järvik A. 1979b. Suuresilmalisest linast seisevnoodatiihade tööstasliku katsetamise tulemused kevadrдierььgil. — Abiks Kalurile. — Tallinn, — № 1. — lk. 70–74.

Nomura M. 1980. Influence of Fish Behavior on Use and Design of Setnets // ICLARM Conference Proceedings 5. — Manila, Philippines, — pp. 446–472.

Tauti M., Yasuda H. 1929. The case when fishes were barred their progress by net. On the movement of a fish group. III // J. of the Imp. Fish. Inst. — Vol. 24. — № 2. — P. 80–86.

Tauti M., Yasuda H. 1930. The shape of entrance of fishing net and the fish group moving in and out. On the movement of a fish group. IV // J. of the Imp. Fish. Inst. — Vol. 25. — № 3. — P. 41–46.

УДК 639.2.053.7

ОЦЕНКА УЛОВОВ И ВЫБРОСОВ НА ПРОМЫСЛЕ КРЕВЕТОК ЛОВУШКАМИ И ТРАЛАМИ

Мизюркин М.А., Кобликов В.Н., Борилко О.Ю., Корнейчук И.А.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: promryb@tinro.ru

Введение

Научно-исследовательские работы в пределах подзоны Приморье, ежегодно проводимые ТИНРО-Центром согласно тематическому плану, имеют решающее значение для контроля над состоянием популяций гидробионтов, определения величин их возможного вылова и оценки эффективности промысла креветок тралами и ловушками.

Подзона «Приморье» — акватория, ограниченная с севера водами Татарского пролива и водами зал. Петра Великого с юга, является традиционным районом промышленного лова глубоководных креветок — северной *Pandalus borealis* и гребенчатой — *P. hypsinotus*. Высокая стоимость этих видов на азиатских рынках предопределила активное развитие их промысла в начале 90-х годов прошлого столетия. В этот период общий допустимый улов (ОДУ) северной креветки составлял порядка 3,5–4,6 тыс. т, а гребенчатой — около 1,5–2,0 тыс. т. С середины 90-х годов, под воздействием интенсивного промыслового изъятия (включая и обширный нелегальный лов) запасы этих объектов были значительно подорваны, и к 2000 г. общий промысловый запас обоих видов составил всего 3,8 тыс. т (Кобликов, Корнейчук, 2010; Кобликов и др., 2002). Наиболее значительно при этом сократился промысловый запас гребенчатой креветки, который составил всего 130 т. С целью сохранения ресурсов глубоководных креветок в южной части подзоны по рекомендациям специалистов ТИНРО-Центра с 2002 г. был введен запрет на их промышленный лов.

В 2007 г. в связи с определённым ростом запасов северной и гребенчатой креветок, их промышленный лов был возобновлён. В текущее время общий допустимый улов (ОДУ) северной креветки стабилизировался на сравнительно невысоком уровне — 1,7 тыс. т, а у гребенчатой креветки он составляет 0,27 тыс. т, и признаков роста промысловой численности этих объектов по сравнению с 2009–2011 гг. не наблюдается.

В ходе выполнения ресурсных исследований промысловых ракообразных Японского моря в период с 20 февраля по 29 марта 2012 г. на промысловых судах ОАО «Преображенская база тралового флота» СТР «Серово» и КЛС «Барс» были проведены исследования по оценке выбросов креветок и других гидробионтов при специализированном лове северной креветки тралами и гребенчатой креветки — ловушками. Под выбросами, в данном случае, нами понимаются все объекты улова орудий лова, не пригодные для выпуска продукции, в том числе и креветка непромыслового размера.

Материал и методика

Работы на КЛС «Барс» проводились в районе, ограниченном координатами 42°33′– 42°36′с.ш., 133°35' – 133°42′ в.д. Порядки стандартных креветочных ловушек устанавливались на глубине 248–310 м. СТР «Серово» работал в координатах 42°38′– 48°08′ с.ш., 133°52′ –140°29′ в.д. Траления осуществлялись на глубине 229–464 м.

Сбор данных по выбросам при ловушечном промысле гребенчатой креветки и траловом — северной креветки проводился с учетом специфики промысла и технологии обработки улова на этих судах.

Промысловая схема постановки и выборки ловушечного порядка на судах типа КЛС предусматривала постановку ловушек с кормы, а выборку — с носа. Один порядок состоял из 515 ловушек, которые крепились к хребтине через 7,5 м. Выбросы на промысле гребенчатой креветки формировались как отходами с сортировочной машины, так и с укладочного стола.

Траулер был вооружен донным креветочным тралом 57,8/44,9 м, нижняя подбора которого была оснащена рокхоперным грунтропом. Траловый мешок был оснащен двумя селективными решетками (рис. 1), одна из которых позволяла во время траления удалять из мешка крупных рыб и беспозвоночных, пропуская в мешок северную креветку. Вторая селективная решетка, предназначенная для удале-

ния мелкоразмерной креветки, на трале имелась, но была закрыта мелкой делью и своих функций не выполняла. Это не противоречило действующим правилам рыболовства для Дальневосточного бассейна (приказ ФАР № 671 от 06.07.11, п. 17.11), которые позволяют вести промысел глубоководных креветок специализированными тралами, оснащенными одной или двумя селективными решетками.

В связи с тем, что СТР »Серово» имел разрешение только на промысел северной креветки, трал был оборудован для лова именно этого объекта. Расстояние между прутьями первой селективной решетки составляло 25 мм, что должно было предотвращать попадание в траловый мешок крупных объектов, в том числе и гребенчатой креветки промысловых размеров.

Промысловая схема на судне СТР «Серово» предусматривала постановку и выборку трала с кормы и помещение всего улова сразу в приемный бункер, откуда он поступал в цех, где проходили три этапа его сортировки.

Выбросы на промысле северной креветки формировались отходами при ручной сортировке улова на конвейере, работой сортировочной машины и на укладочном столе. По мере накопления отходов, их взвешивали, подвергали биологическому анализу и отправляли за борт по наклонному желобу (рис. 2.).



Рис. 1. Общий вид селективной системы при выборке трала



Рис. 2. Взвешивание и отправка выбросов за борт по наклонному желобу

Результаты и обсуждение

Работы по оценке прилова и выбросов креветок непромыслового размера, а также прилова других видов гидробионтов при ловушечном промысле гребенчатой креветки проводили 22 и 23 февраля 2012 г. Всего было обработано 6 порядков ловушек, из них 4 — с полным учетом прилова других гидробионтов. На биологический анализ было взято 1128 экз. креветок и других гидробионтов.

Процентное соотношение улова и выбросов из четырех учетных порядков показано на рисунке 3. Выход товарной продукции составил 61%, выбросы мелкой гребенчатой креветки — 32%, северной и равнолапой — 7%.

Положительным моментом ловушечного лова креветок является то, что большинство гидробионтов в ловушках не подвергаются механическому воздействию элементами орудия лова и в своем большинстве уходят за борт живыми не только с сортировочного стола, но и с сортировочной машины, т. к. как производственный цикл от выхода ловушки из воды до сортировки занимает несколько минут.

При траловом промысле северной креветки работы по оценке прилова и выбросов креветок и других видов гидробионтов проводили с 24 февраля по 24 марта 2012 г. За этот период было произведено 106 тралений, из них 24 учетных траления с тотальным определением прилова и выбросов. В общей сложности биологическому анализу было подвергнуто 6824 экз. животных, массовому промеру — 2176 экз. креветок и других гидробионтов.

Процентное соотношение улова и выбросов из учетных тралений показано на рисунке 4. Выход товарной продукции составлял 40%, выбросы мелкой северной креветки составляли 46%, а рыб и других беспозвоночных — 14%; в сумме же отходы составили 60%.

Во время проведения исследований при траловом промысле северной креветки проводили также визуальную оценку улова каждого трала с целью оценки выбросов за весь период работ в каждом трале, а не только в учетных тралениях. Как показали наблюдения, расхождения оценки реального вылова и визуальной оценки оказались не значительными. Средняя арифметическая 24-х значений ошибки оценки уловов может служить приближенной оценкой ее математического ожидания. Для оценки точности средней арифметической определили доверительный интервал, который составил ±0,063 т. (Аксютина, 1968). Полученное значение доверительного интервала позволили нам визуальную оценку улова в 106 тралениях считать достоверной и применить ее в оценке выбросов.

В целом за время проведения исследований, выход товарной продукции при траловом лове северной креветки составил 37,62 т, а объем выбросов — 62,38 т.

СТР «Серово» проводил промысел северной креветки в южном, центральном и северном участках южного сектора подзоны, а также и к северу от 47°20 с. ш. (рис. 5). В южном участке было выполнено наибольшее количество тралений — 51, в центральном — 26 и северном — 29.

Объемы выбросов в этих участках имели некоторое различие. Выход товарной продукции и количество выбросов в центральном и северном участках оказалось одинаковыми и составили 42 и 58% соответственно. В южном участке выход продукции составил 33%, а выбросы — 67% (см. рис. 5). Скорее всего, превышение выбросов на 9% в южном участке по отношению к другим участкам в основном объясняется наличием в уловах большего количества гребенчатой креветки, на которую это судно не имело квот.

В целом при специализированном траловом лове основу уловов, естественно, составляли креветки (более 86%), из них на первом месте была северная креветка (78%), на втором — гребенчатая (немногим более 7%). Помимо этих видов, отмечались обыкновенный козырьковый шримс *Argis lar* (0,6%) и равнолапая креветка *Pandalopsis japonica* (0,2%).



Рис. 3. Выход товарной продукции и выбросы на промысле гребенчатой креветки ловушками

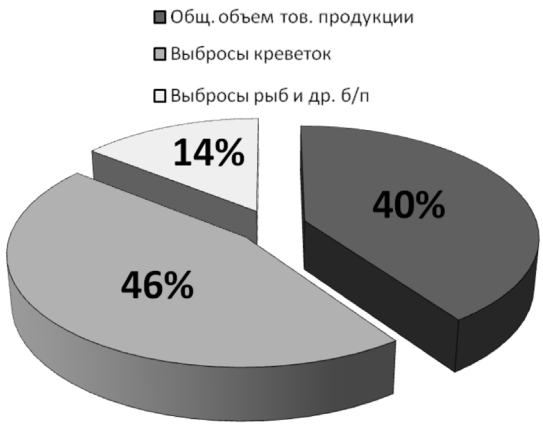


Рис. 4. Выход товарной продукции и выбросов при траловом промысле северной креветки

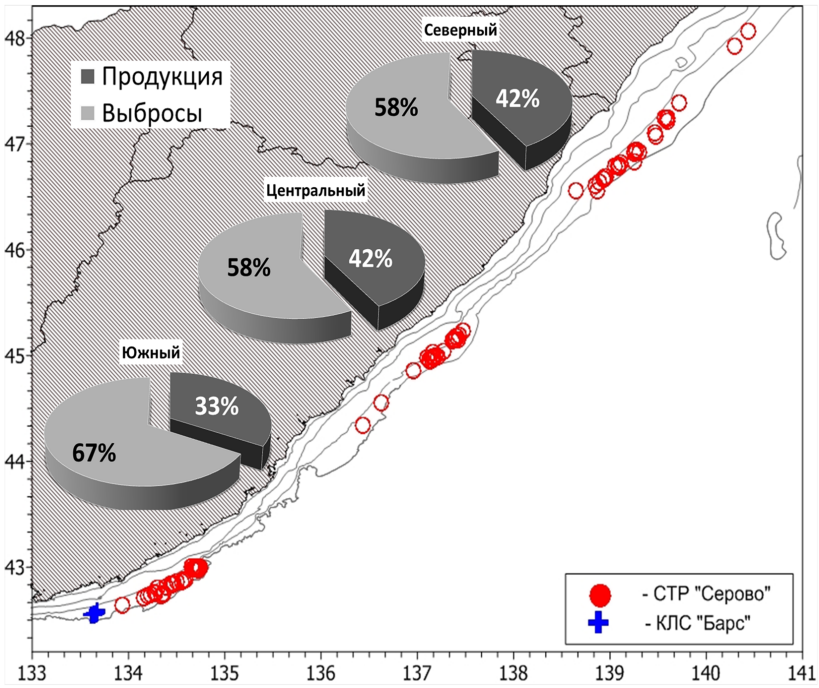


Рис. 5. Соотношение выхода товарной продукции и выбросов при траловом промысле северной креветки по районам подзоны «Приморье»

На долю рыб приходилось порядка 13,5% улова. Из них на первом месте были камбалы — немногим более 8%, на втором — минтай (порядка 1,5%), далее следовали южный одноперый терпуг (0,8%) и люмпенелла (0,5%). Иногда прилавливался командорский кальмар (порядка 0,1%).

Размерный ряд гребенчатой креветки из уловов ловушек и трала с селективной решеткой в южном участке района исследований показан на рисунке 6. На графиках видно, что улов гребенчатой креветки как из ловушек, так и из трала состоял в основном из непромысловых (менее 130 мм по длине тела) особей (88,5%), среди которых в ловушечных уловах преобладала креветка с длиной тела 93–120 мм, а в траловых — от 67 до 120 мм. В целом же размеры креветки колебались от 56 до 181 мм, при среднем — 110,6 мм. Доля промысловых особей по биомассе составила 24,7%, а по численности — 11,5% . Сравнивая размерный ряд гребенчатой креветки из уловов ловушек и трала, отметим, что особи с длиной тела более 169 мм в уловах специализированного креветочного трала отсутствовали. В отличие от ловушек, в уловах трала отмечался существенно больший прилов мелкоразмерных креветок с длиной тела до 90 мм.

Наличие в уловах трала, оборудованного селективной решеткой с расстоянием между прутками 25 мм, достаточно большого количества промысловых особей гребенчатой креветки, ставит под вопрос правильность выбора зазора между прутками решетки. В этой связи был произведен промер ширины карапакса и длины 275 экз. этой креветки. Зависимость ширины карапакса от длины тела гребенчатой креветки отображена на рисунке 7. На графике видно, что для избегания прохода в трал особей размером в 130 мм и более расстояние между прутками решетки должно составлять порядка 21 мм, и это без учета деформации карапакса креветки при прохождении ее через решетку под воздействием потока воды в траловом мешке и крупных рыб. Креветки с мягким панцирем еще в большей степени проходят через селективную решетку и накапливаются в траловом мешке, формируя дополнительно выбросы из крупных особей гребенчатой креветки.

У северной креветки в период исследований в уловах трала явно преобладали особи с длиной тела 103–120 мм (рис. 8). В целом размеры креветки варьировали в пределах 44–138 мм, составив в среднем 100,1 мм. Доля промысловых особей (90 мм и более по длине тела) по численности составила 75,6%, а по биомассе — 91,6%.

Размерный ряд северной креветки в выпускаемой продукции и отходах, полученный из проб после сортировочной машины, показан на рисунке 9. В отходах оказывалась креветка размерами до 118 мм, а на укладочном столе — более 90 мм. Основу товарной продукции состовляла северная креветка размером более 108 мм.

Как отмечалось выше, в период наших работ вторая селективная решетка (с расстоянием между прутками 15 мм), была закрыта. В условиях реального промысла осуществить траления с открытой второй селективной решеткой, которая была предназначена для отсева мелкоразмерных особей, не удалось из-за ожидаемых больших потерь улова. Чтобы подтвердить или опровергнуть эти опасения, в рейсе нами был проведен промер ширины карапакса и длины 1457 экз. креветок, прошедших через сортировочную машину. Измерялись особи как северной, так и гребенчатой креветки по выпускаемым сортам с учетом отходов. Результаты промеров гребенчатой креветки приведены ранее (см. рис. 7).

Зависимость ширины карапакса от длины тела северной креветки показана на рис. 10. Исходя из полученных данных, можно заключить, что расстояние между прутками в решетке в 15 мм не является

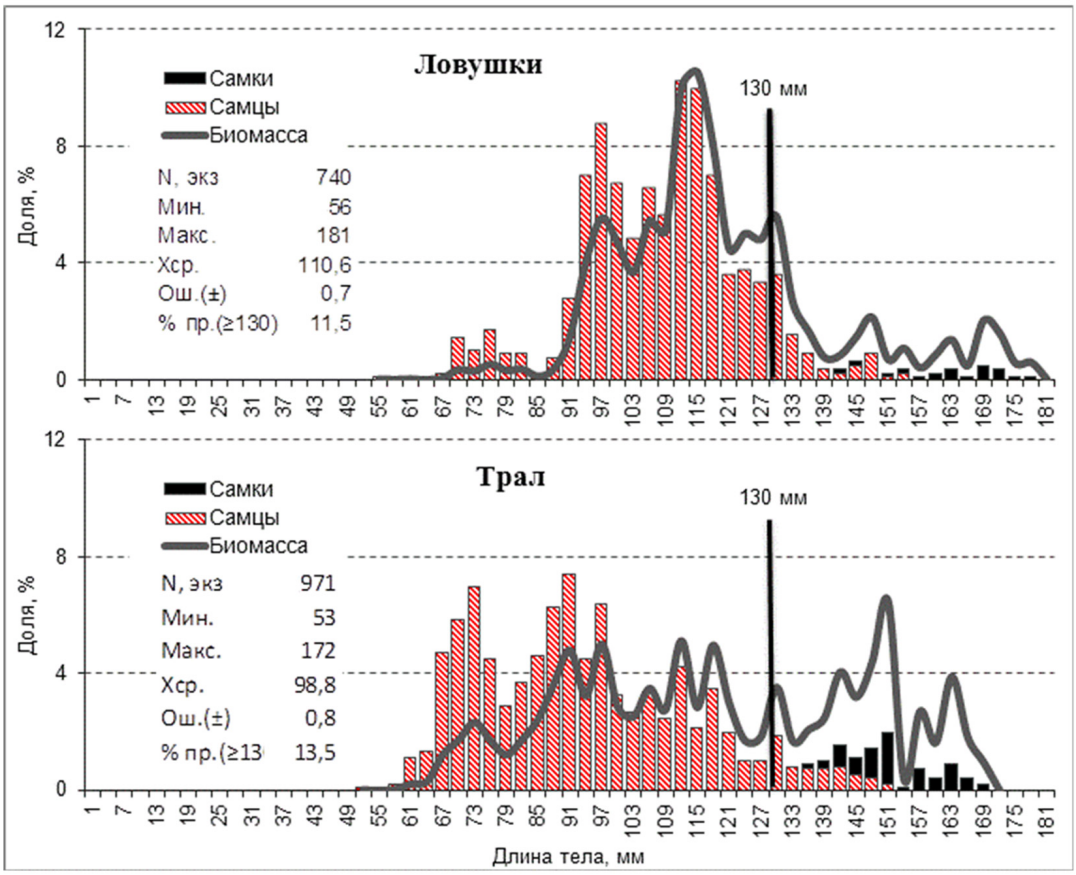


Рис. 6. Размерный ряд гребенчатой креветки из уловов ловушек и трала с селективной решеткой в южном участке района исследований

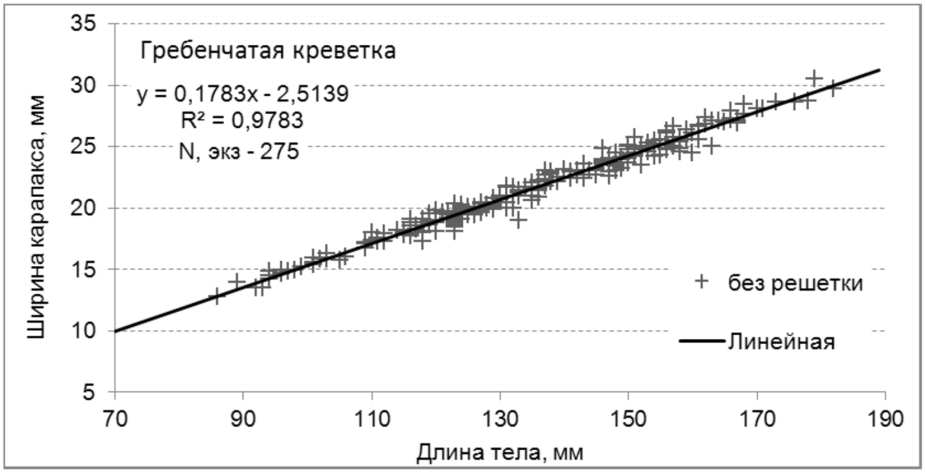


Рис. 7. Зависимость ширины карапакса от длины тела гребенчатой креветки

оптимальным. Особи креветки размером до 120 мм свободно могли проходить сквозь решетку и, следовательно, выпадать из улова (и это без учета деформации карапакса при попадании креветки на решетку). Оценивая полученный размерный ряд северной креветки (см. рис. 8), можно заключить, что значительная часть улова этой креветки при применении второй сепарационной решетки была бы потерена уже в ходе траления и ожидаемые потери улова подтвердились бы.

Таким образом, проведенные исследования показали, что для исключения потерь гребенчатой креветки промысловых размеров (при одновременном промысле гребенчатой и северной креветок), расстояние между прутьями первой решетки должно быть порядка 20 мм. При этом для избегания потерь крупной северной креветки в ходе работы второй решетки, отсеивающей молодь, расстояние между ее прутками должно составлять порядка 11 мм.

На эффективность тралового промысла креветок в подзоне «Приморье» отрицательно сказывалось и большое засорение дна объектами антропогенного происхождения. В период работ, из 106 тралений, 47 тралов (44 %) пришли с креветочными и крабовыми ловушками, автомобильными шинами, корпусами холодильников и другим мусором. Все это задерживалось на селективной решетке и перед ней, мешая свободному проходу обловленным гидробионтам в траловый мешок. Перед ловушками в большом количестве накапливались облавливаемые гидробионты. На фотографиях (рис. 11) хорошо видны северная и крупная гребенчатая креветки, крупные крабы и бычки. При работе в безаварийном режиме

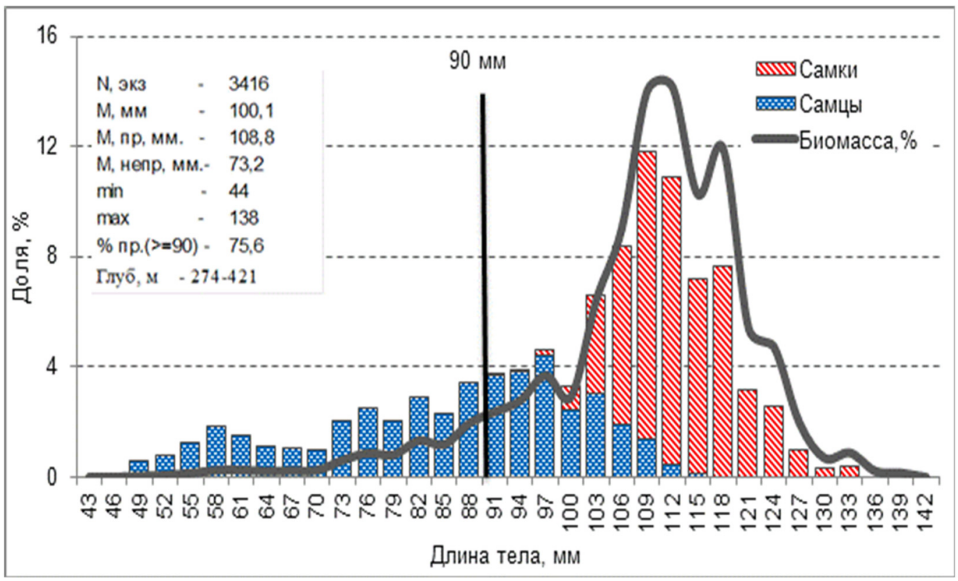


Рис. 8. Размерный ряд северной креветки из траловых уловов

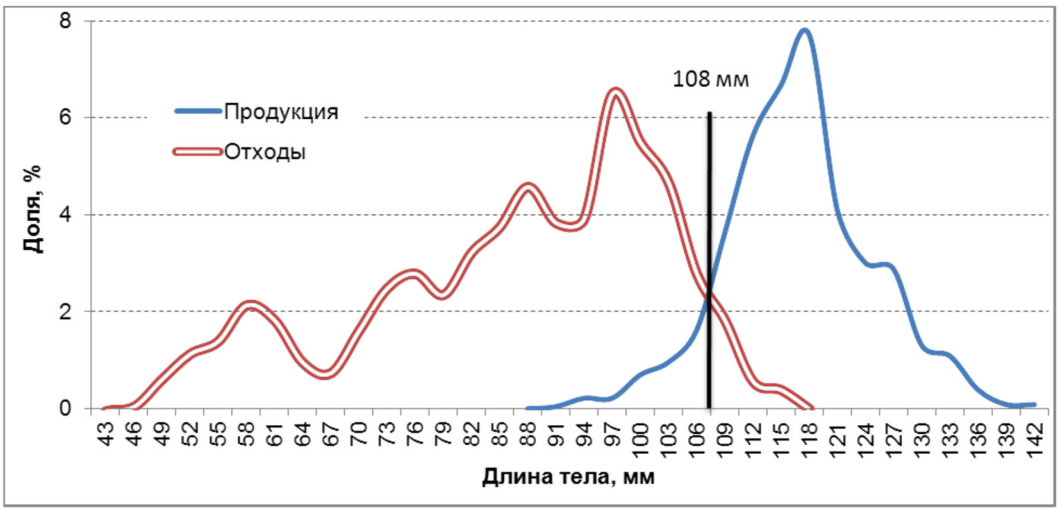


Рис. 9. Размерный ряд северной креветки в товарной продукции и в отходах

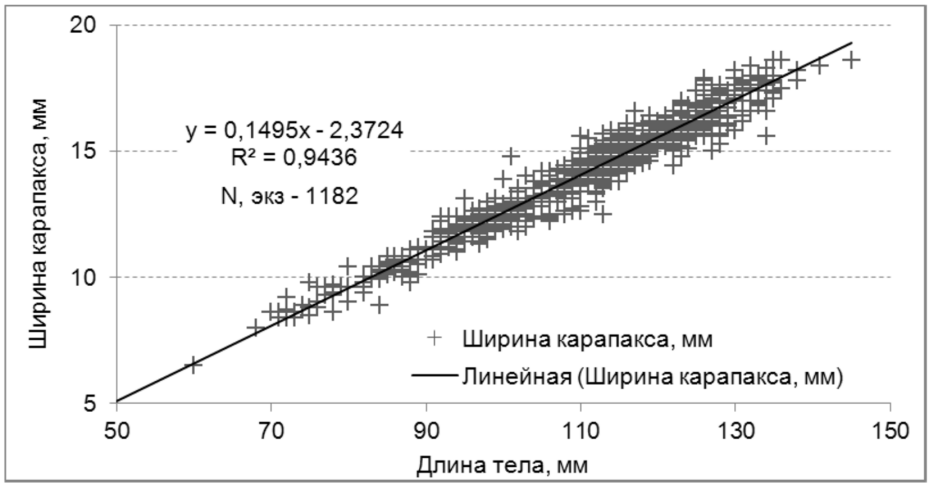


Рис. 10. Зависимость ширины карапакса от длины тела северной креветки



Рис. 11. Фрагменты улова, не дошедшего до тралового мешка

северная и мелкая гребенчатая креветки проходят в траловый мешок, а крупные рыбы и другие крупные гидробионты выходят из тралового мешка через селективное окно.

Общеизвестно, что неизбежным побочным эффектом специализированного тралового лова любых донных и придонных объектов промысла является прилов их молоди и непромысловых особей, а также прилов других объектов. Для снижения этого негативного момента всегда предпринимались определенные усилия, включающие как совершенствование самого трала и его оснастки, так и выявление периодов, районов и глубин лова, минимизирующие непромысловый прилов.

Все это напрямую относится и к траловому лову глубоководных креветок. Ранее, в период массового промысла гребенчатой и северной креветок в Приморье в 1990-е годы, их лов проводился только креветочными ловушками, соединенными в порядки по несколько сотен ловушек. В конце 1990-х – начале 2000-х гг. промысел этих глубоководных объектов стал почти полностью базироваться на лове специализированными тралами.

Уже на начальном этапе такого лова, несмотря на наличие в тралах штатных сепарационных устройств, препятствующих попаданию в трал рыбы и обеспечивающих выход из трала креветки непромысловых размеров, промысловики и исследователи креветок стали обращать внимание на достаточно высокий процент попадания в трал молоди креветок. Такие особи не принимаются в обработку и после выпуска в море неизбежно погибают.

Вполне возможно, что именно по этой причине (и на фоне массового развития браконьерского лова в 2000-е годы, направленного в основном на вылов гребенчатой креветки), промысловая численность обоих видов креветки значительно сократилась, что и привело к введению с 2002 г. запрета на их промышленный лов в южной части подзоны. Запрет действовал пять лет, и промысел был возобновлен в 2007 г. При этом отметим, что в зал. Петра Великого он действует и в текущее время.

За этот период запасы креветок восстановились до уровня около 2,8 тыс. т у гребенчатой и 23 тыс. т. — у северной креветки. В текущее время их промысловые запасы стабилизировались на сравнительно невысоком уровне (менее 3 тыс. т у гребенчатой и немногим менее 20 тыс. т — у северной креветки) и с 2008 г. имели некоторую тенденцию к уменьшению. Проведенное нами предварительное сопоставление параметров уловов этих креветок в исследованных районах по полученным данным показывает, что их промысловые запасы остались на прошлогоднем уровне, но без признаков роста.

Собранные в ходе рейсов на СРТМ «Серово» и на КЛС «Барс» материалы по уловам и выбросам креветок, рыб и других беспозвоночных, показали, что в реальных условиях промысла наблюдаются значительные потери улова при траловом способе лова креветок.

Так, для северной креветки выход товарной продукции из учетных тралений составил 40%, а выбросы ее молоди и мелкоразмерных особей достигали 46%. При этом доля прилова рыб и других беспозвоночных составляла 14%. В целом же, по результатам обработки уловов из всех тралений, выход товарной продукции составил всего 37%, а объем выбросов, соответственно, 63%.

При ловушечном способе лова гребенчатой креветки эффективность промысла была заметно выше. Выход товарной продукции составил 61%, а выбросы мелкоразмерных особей креветки — 3%. Прилов северной и равнолапой креветок в сумме не превышал 7%.

Наблюдения за работой специализированного креветочного трала приводят к выводу о том, что эффективный одновременный промысел гребенчатой и северной креветок практически не возможен, т. к. при этом необходима индивидуальная настройка селективных решеток под тот или иной объект.

В ходе работ было выявлено несоответствие размеров зазоров между прутьями селективной решетки биометрическим параметрам северной креветки. Первая селективная решетка, предназначенная для удаления из тралового мешка крупных рыб, крупной гребенчатой креветки и других беспозвоночных, имела расстояние между прутками 25 мм. Решетка с такими параметрами пропускала в мешок гребенчатую креветку размером до 172 мм, и в улове присутствовало большое количество молоди камбал, минтая и терпуга. Промер ширины карапакса северной креветки, дает основание полагать, что при ее лове тралами расстояние между прутками должно быть порядка 20 мм. Вторая селективная решетка в траловом мешке обязательно должна присутствовать и, по нашим данным, расстояние между прутками в ней должно быть не более 11–12 мм.

При наличии разрешения на траловый промысел и северной и гребенчатой креветок, при выборе параметров первой решетки необходимо ориентироваться на промысловые размеры гребенчатой креветки, так как ее размеры в целом крупнее. Как показали наши наблюдения, расстояние между прутками первой решетки должно быть порядка 29–30 мм, а во второй — 11–12 мм. Такая оснастка тралового мешка позволит успешно облавливать северную креветку, не теряя из улова крупноразмерных особей и не облавливая молодь, но для гребенчатой креветки проблема с мелкоразмерными особями остается не решенной.

Заключение

В заключение необходимо отметить, что ныне применяемая технология тралового промысла северной креветки способствует чрезмерному облову мелкоразмерных особей (с последующей неизбежной их гибелью), прилову других видов креветок и не позволяет рационально эксплуатировать имеющийся запас. По результатам анализа воздействия такого лова на сырьевые ресурсы глубоководных креветок и

большими их выбросами следует, что траловый промысел креветок не является ресурсосберегающим и препятствует восстановлению запасов.

Таким образом, необходимо признать, что в настоящее время траловый способ добычи креветок не является рациональным. Значительно более приемлемым является ловушечный способ лова. При таком лове прилов молоди креветок и других объектов почти полностью отсутствует или сводится к минимуму. В этой связи необходимо упомянуть и то обстоятельство, что проведение тралового лова основного объекта добычи — северной креветки в южных участках подзоны «Приморье» осложняется резкими перепадами глубины и задевистыми грунтами, характерными для весьма узкого шельфа этого района Японского моря. При этом на работе трала отрицательно сказывается и большое засорение дна объектами антропогенного происхождения. Все эти негативные особенности промысла можно избежать при ловушечном способе лова.

По нашему мнению, именно возвращение к ловушечному лову, в первую очередь, может привести к росту промысловой численности наиболее ценного объекта промысла — гребенчатой креветки, запасы которой находятся на низком уровне.

Исходя из выше изложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Широко распространенный в настоящее время траловый способ лова глубоководных креветок в южных районах подзоны «Приморье» не является ресурсосберегающим, т.к. при его использовании наблюдается недопустимо большой прилов молоди северной креветки и других гидробионтов, а суммарные выбросы могут достигать 63% улова.

2. Применяемые сепарационные системы специализированных тралов не обеспечивают возможность ведения одновременного промысла северной и гребенчатой креветок, т.к. их настройки должны носить индивидуальных характер.

3. Наиболее эффективным и ресурсосберегающим способом лова глубоководных креветок является ловушечный способ лова, обеспечивающий облов крупноразмерных особей креветок, выход товарной продукции в объемах свыше 60% от величины улова и почти полное отсутствие других объектов прилова.

4. Исходя из необходимости рационального использования ресурсов гребенчатой креветки в подзоне «Приморье» предлагается ее промысел проводить только с использованием креветочных ловушек.

Список литературы

Аксютина З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-сть, 289 с.

Кобликов В.Н., Мирошников В.Н., Родин В.Е. 2002. Динамика запасов и промысла крабов и креветок в промысловой зоне Приморье за период 1986–2003 гг. // Приморье — край рыбацкий: Матер. науч.-практ. конф. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 22–26.

Кобликов В.Н., Корнейчук И.А. 2010. Состояние ресурсов и промысел глубоководных креветок в южной части подзоны Приморье // Рыб. хоз-во, № 6. С. 73–76.

УДК 597.562:597.116

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАТЫ НАЧАЛА НЕРЕСТА ВОСТОЧНОКАМЧАТСКОГО МИНТАЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИХТИОПЛАНКТОННЫХ ОБЛОВОВ

Сергеева Н.П.,[1] Буслов А.В.,[2] ВеселовС.А. [1]

[1] ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
[2] ФГУП "СахНИРО", г. Южно-Сахалинск
Контактный e-mail: sergeeva.n.p@kamniro.ru

Введение

Оценка нерестового запаса восточнокамчатского минтая выполняется по данным ежегодных учетных съемок, проводимых во второй половине апреля. Изменения суточной продукции икры за нерестовый сезон аппроксимируется при помощи кривой Гаусса. Необходимым условием для расчета является знание даты начала нереста. Для этого в трех точках, расположенных в каньонах Авачинского залива, где всегда отмечаются плотные скопления производителей и значительные концентрации икры (Буслов, Тепнин, 2002; Буслов и др., 2004), выполняются серии ихтиопланктонных тотальных и послойных обловов. Период обловов охватывает весь сезон воспроизводства восточнокамчатского минтая.

Ранее дату начала нереста определяли по встречаемости икринок, стадия развития которых определялась по 4-балльной шкале (Расс, 1933). Длительность развития икры при наблюденной температуре рассчитывали по формуле, предложенной О.Г. Золотовым с соавторами (1987), а возраст икринок определяли, исходя из известного соотношения относительной длительности каждой из 4 стадий (20:20:40:20; Горбунова, 1951). Как показали натурные исследования, относительная длительность стадии зависит от температуры, при которой проходит развитие и при ее понижении относительная длительность I и II стадий меняется незначительно, продолжительность III — заметно уменьшается, а IV —увеличивается (Буслов, Сергеева, в печати). В связи с этим предпринята попытка оценки возраста эмбрионов с целью определения даты начала нереста.

Материал и методика

Ихтиопланктон собирали сетью ИКС-80, изготовленной в соответствии с рекомендациями Расса, Казановой (1966). Облавливали слой воды от глубины 500–700 м до поверхности. При обработке проб ихтиопланктона в лаборатории развитие икры определяется по принятой в отечественных исследованиях 4-балльной шкале Т.С. Расса (1933) и шкале, используемой американскими исследователями, включающей 21 стадию от оплодотворения до выклева (Picquelle and Megrey, 1993; Blood et al, 1994). В 2010-2011 гг. в лаборатории морских промысловых рыб КамчатНИРО проводились наблюдения за развитием икры восточнокамчатского минтая при разных температурных режимах. Выполнено 32 эксперимента. Икра инкубировалась в аквариумах, помещенных в камеру бытового холодильника. Температура воды измерялась 2–3 раза в сутки, с точностью 0,1 °С, среднее за сутки значение рассчитывалось с учетом промежутка времени между измерениями. Средняя температура развития икринок, достигших определенной стадии, вычислялась, как среднее арифметическое. Наблюдения за развитием осуществлялись 2 раза в сутки. Материалом для сообщения послужили данные о развитии икры минтая в соответствии с описанием 21 стадии (Blood et al, 1994).

Результаты и обсуждение

Продолжительность эмбриогенеза минтая экспоненциально возрастает с уменьшением температуры воды (Буслов, Сергеева, 2009) и выражается уравнением: $T=a\times exp(-b\times t)$, где a, b — коэффициенты, t — температура воды. Эта зависимость характерна как для всего периода развития в икринке, так и для выделенных Т.С. Рассом 4 стадий (Буслов, Сергеева, в печати). Надо полагать, что длительность развития до каждого определенного состояния эмбриона восточнокамчатского минтая также этому не противоречит.

Таблица 1. Длительность развития икры восточнокамчатского минтая при разных температурных режимах в эксперименте

Стадия развития (Blood et al, 1994)	Температура воды, °С (колебания (средняя))	Продолжительность развития, сут (колебания (средняя))
1–10	–0,9 - +2,6 (+1,1)	4,5–9 (6,4)
1–11	–0,6 - +2,6 (+1,0)	5–11 (7,7)
1–12	–0,7 - +2,6 (+0,8)	6–15,5 (10,0)
1–13	–0,8 - +2,9 (+0,9)	7,5–17 (11,2)
1–14	–1,0 - +2,2 (+0,6)	10–18 (13,1)
1–15	–1,0 - +2,4 (+0,7)	10–20,5 (14,7)
1–16	–1,0 - +2,4 (+0,6)	11–21,5 (15,8)
1–17	–1,1 - +3,4 (+0,7)	8,5–23 (17,3)
1–18	–0,9 - +3,4 (+0,7)	10–26 (19,4)
1–19	–1,8 - +3,2 (+0,7)	13–29 (22,6)
1–20	–0,8 - +3,2 (+0,6)	14–32 (25,7)
1–21	–0,8 - +2,0 (+0,6)	21–37 (28,0)

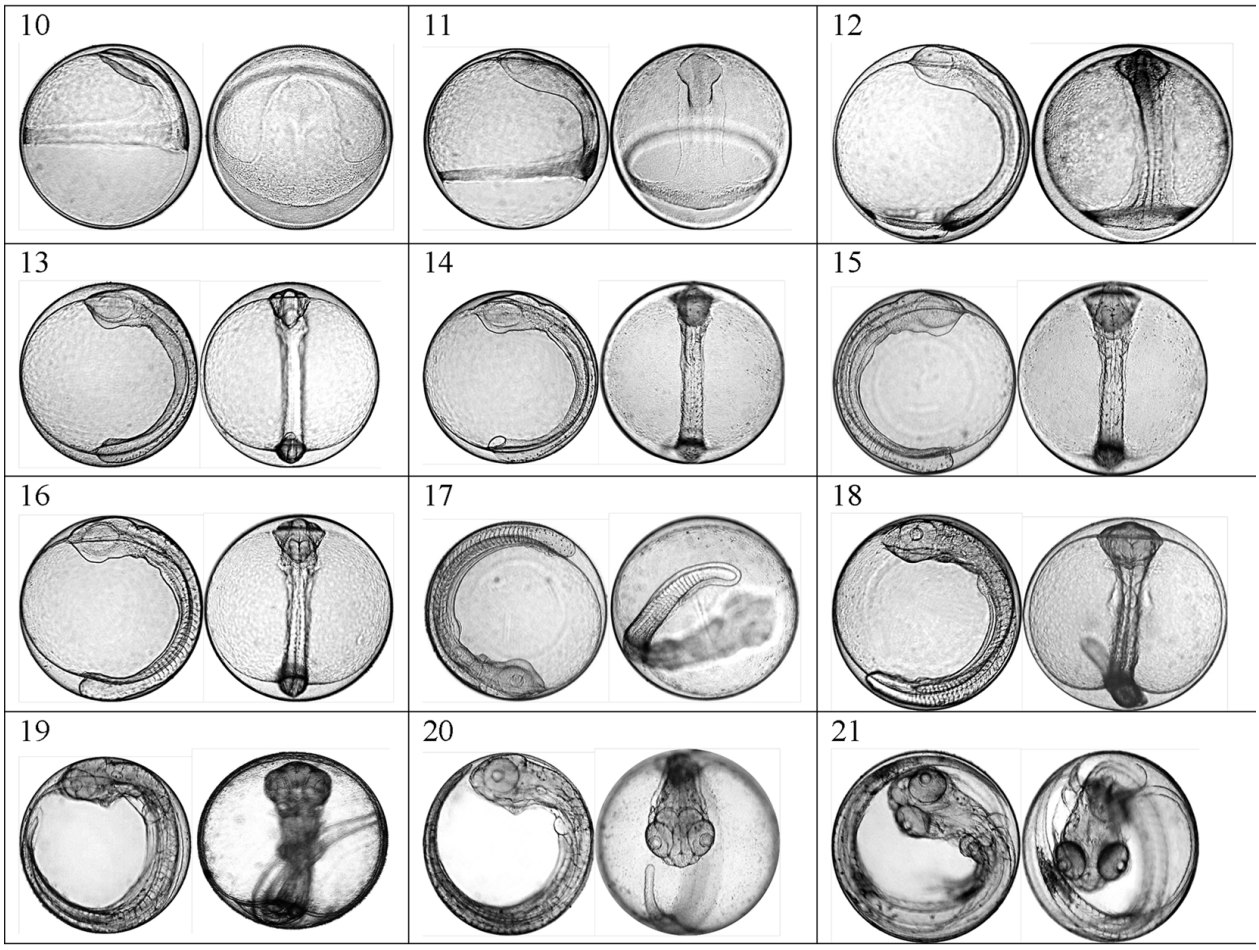


Рис. 1. Стадии развития восточнокамчатского минтая, согласно описанию Д. Блад с соавторами (1994). 10 — зародышевое кольцо охватывает половину окружности желтка; 11 — зародышевое кольцо охватывает 3/4 желтка; 12 — позднее зародышевое кольцо (эпиболия более 7/8 желтка, начало сегментации); 13 — ранняя «средняя» стадия (появление купферова пузырька, край хвоста плоский); 14 — средняя «средняя» стадия (появление пигмента, край хвостовой почки плоский, сформирован); 15 — поздняя «средняя» стадия (хвостовая почка сформирована, лежит на поверхности желтка); 16 — ранняя «поздняя» стадия (хвостовая почка отчленена от желтка); 17 — длина эмбриона 5/8 окружности желтка, плавниковая складка в задней трети тела эмбриона; 18 — длина эмбриона 3/4 окружности желтка, кончик хвоста заострен и загнут, закладка грудных плавников; 19 — длина эмбриона 7/8 окружности желтка; 20 — эмбрион охватывает желток, формирование пигментных «поясков»; 21 — кончик хвоста достигает заднего края глаз или грудного плавника

В таблице 1 показана продолжительность развития до разных стадий и температурные условия по данным экспериментов по инкубации икры восточнокамчатского минтая, а на рисунке 1 даны фотографии эмбрионов соответствующих стадий развития в двух проекциях (сбоку и сверху). Так, длительность развития до стадии 10 при температуре от — 0,88 до + 2,63 °С составляла 4,5–9 суток. Эта стадия соответствует началу II стадии по шкале Расса (зародышевой полоски). III стадия 4-х балльной шкалы (неоформившегося эмбриона), наиболее характерным признаком наступления которой является начало процесса отчленения хвостовой почки от поверхности желтка, соответствует 16 стадия 21-балльной шкалы. Икринки, достигшие этой стадии, развивались 11–21,5 суток при разных температурных условиях. Наступление IV стадии (оформившегося эмбриона) характеризуется тем, что зародыш полностью охватывает своим телом желток. Такое состояние Д. Блад с соавторами (1994) определяют 20-й стадией. При показанном температурном диапазоне в разных опытах развитие продолжалось от 14 до 32 суток.

Анализ накопленных данных позволил определить коэффициенты экспоненциальных зависимостей, которые приводятся в таблице 2. В качестве иллюстрации показана зависимость длительности развития до стадии 17 от температуры воды (рис. 2).

Необходимым элементом для определения возраста эмбрионов служит температура, при которой проходило развитие. Средняя температура определяется взвешенно к количеству икринок в послойных ловах, которые выполняются в тех же точках Авачинского залива. По встречаемости икринок наиболее старших стадий вычисляется возраст эмбрионов и определяется дата начала нереста.

Поясним это на примере. В 2012 г. первый облов в «северном» каньоне был выполнен 2 марта. Икра минтая отсутствовала. 28 марта улов икринок минтая составил 34,9 тыс. шт. Присутствовала икра от

Таблица 2. Значения коэффициентов a и b зависимости продолжительности развития икры восточнокамчатского минтая от температуры воды

Стадии развития (Blood et al, 1994)	Коэффициенты		R^2	Число наблюдений
	a	b		
1–10	7,381	0,1414	0,58	32
1–11	8,862	0,1548	0,66	31
1–12	11,417	0,1845	0,82	26
1–13	12,840	0,1732	0,86	25
1–14	14,381	0,1623	0,88	25
1–15	16,217	0,1714	0,93	26
1–16	17,246	0,1619	0,88	26
1–17	19,489	0,1926	0,91	25
1–18	21,693	0,1864	0,88	24
1–19	24,838	0,1526	0,87	23
1–20	28,249	0,1743	0,84	24
1–21	30,288	0,1529	0,70	21

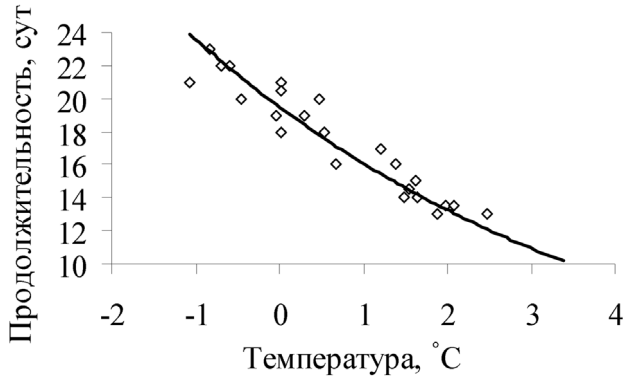


Рис. 2. Продолжительность развития икры восточнокамчатского минтая до стадии 17 (Blood et al, 1994) в зависимости от температуры воды

начальной и до 17 стадии развития. 91% икринок находились на стадиях 1–9. Средняя температура воды была равна +0,42 °С. Возраст наиболее старших эмбрионов составил 18 суток. Таким образом, 10 марта принято за дату начала нереста в 2012 г.

Список литературы

Буслов А.В., Тепнин О.Б. 2002. Условия нереста и эмбриогенеза минтая *Theragra chalcogramma* (Gadidae) в глубоководных каньонах тихоокеанского побережья Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 42, вып. 5. С. 617–625.

Буслов А.В., Тепнин О.Б., Дубинина А.Ю. 2004. Некоторые особенности экологии нереста и эмбриогенеза восточнокамчатского минтая // Изв. ТИНРО. Т. 138. С. 282–298.

Буслов А.В., Сергеева Н.П. 2009**.** Некоторые результаты эксперимента по инкубированию икры восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 156. С. 82–94.

Буслов А.В., Сергеева Н.П. Эмбриогенез и раннее постэмбриональное развитие тресковых рыб дальневосточных морей // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. В печати.

Горбунова Н.Н. Икра минтая и ее развитие // Изв. ТИНРО. 1951. Т. 34. С. 89–97.

Золотов О.Г, Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. 1987. Оценка запасов восточноохотоморского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 65–73.

Расс Т.С. 1933. Инструкция по сбору и технике количественной обработки икры и мальков морских рыб. М: Изд-во ГОИН, 24 с.

Расс Т.С., Казанова И.И. 1966. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб // М.: Пищ. Пром-сть, 42 с.

Blood D.M., Matarese A.C., Yoclavich M.M. 1994. Embryonic development of walleye Pollock, *Theragra chalcogramma*, from Shelikof Strait, Gulf of Alaska // Fish. Bull. V. 92. P. 207–222.

Picquelle S.J., and Megrey B.A. 1993. A preliminary spawning biomass estimate of walleye Pollock, *Theragra chalcogramma*, in the Shelikof Strait, Alaska, based on the annual egg production method // Bull. Mar. Sci. V. 53. P. 728–749.

УДК 597–152.4

ВЛИЯНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И НЕРЕСТОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА НОРМЫ ВЫХОДА ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МИНТАЯ (THERAGRA CHALCOGRAMMA) ОХОТСКОГО МОРЯ

Сопина А.В., Харенко Е.Н., Глубоковский М.К.

ФГУП «ВНИРО», г. Москва

Контактный e-mail: norma@vniro.ru

Введение

Высокий коммерческий интерес к продукции из минтая (*Theragra chalcogramma*) создает предпосылки для активной эксплуатации имеющихся запасов. Система регулирования рыболовства необходима для рационального использования промысловых запасов минтая, поддержания баланса между имеющимся запасом и фактическим выловом.

В мировой практике применяются различные способы государственного регулирования направленного на сохранение промысловых запасов: система ОДУ и квотирования биоресурсов, налоговая политика, законодательного регулирование (Правила рыболовства и т. д.), система прослеживания (ХАССП), использование переводных коэффициентов.

Законодательное регулирование включает свод юридических документов направленных на организацию хозяйственной деятельности и сохранение природных ресурсов. К мерам регулирования относятся: запрет промысла по районам и сезонам, применяемым орудиям лова и ограничения по длине или тоннажу судна, допустимые приловы молоди и минимальная промысловая длина. Законами также определяется, кто может осуществлять ведение промысла и меры наказания за несоблюдение принятого закона. Практическая отдача от перечисленных мер регулирования упирается в проблему контроля.

Федеральным законом Российской Федерации «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» с изменениями от 28 декабря 2010 года (статья 43.1) предусматривается установление в Правилах Рыболовства норм выхода продуктов переработки водных биоресурсов, а в части 4 приведена норма по обязательности исполнения Правил Рыболовства юридическими лицами и гражданами, осуществляющими рыболовство.

При нормировании выхода продукции из рыбы-сырца определяющими являются следующие критерии: вид рыбы, район и сезон лова, физиологические особенности, длина или масса рыбы (Харенко, 2007). Необходимо учитывать способ разделки и технологию переработки.

Материал и методика

Объектом исследования был выбран самый массовый промысловый вид — минтай, основной промысел которого осуществляется в акватории Охотского моря.

Целью исследований было определение влияния нерестовых изменений у минтая на показатели нормирования. Исследования проводились с 2007 по 2012 годы.

Биоанализ проводился по общепринятым методикам. Определялись: SL — стандартная длина особи (промысловая длина, H — наибольшая высота тела, ширина (толщина) тела.

Для каждого экземпляра определялись: масса, пол, масса гонад, масса разделанной рыбы (ручная разделка, голова удалялась с пучком внутренностей). Измерения длины рыбы округлялись с точностью до 1 см, масса рыбы, разделанной рыбы и гонад определя-лись с точностью до 1 г.

При разделке рыбы выход икры, молок, печени определяются к массе неразделанной рыбы, направленной на переработку.

Опытно-контрольные работы выполнялись в соответствии с «Методиками определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов», утвержденной Госкомрыболовства России 18.03.02 г.

Все опытно-контрольные работы и определение размерных характеристик проводи-лись из уловов судов типа БМРТ и СРТМ, принадлежащих предприятиям Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна.

Общее количество сырья направленного на проведение опытно-контрольных работ составило свыше 10 т. На биоанализ ежегодно направлялось около 2000 экземпляров рыб.

При проведении дисперсионного анализа в заголовках таблиц применяются следующие сокращения:

SS — сумма квадратов (отклонений);

df — степень свободы Degree Of Freedom (n-1);

MS — средний квадрат эффекта (межгрупповой разброс);

F — критерий Фишера;

p — статистическая значимость (p-уровень);

Standard (St) error — стандартная ошибка;

Intercept — пересечение всех факторов.

Для показателей нормирования устанавливаются обычные требования надежности. При выборке данных достаточно больших объемов $n \geq 30$; $\beta=0,95$; $p=0,05$.

Результаты и обсуждение

Нерестовые изменения у минтая характеризуются, прежде всего, перераспределением процентного соотношения внутренних органов и в первую очередь связаны с увеличением массы гонад и уменьшением массы печени (Буслов, 2005).

По результатам опытно-контрольных работ составлена диаграмма (рис. 1). Разделка рыбы осуществляется с использованием оборудования БААДЕР 182, 212.

На представленных в диаграмме данных отмечается, что доля печени и внутренностей снижалась с февраля по март независимо от года и подзоны. Максимальное значение выхода печени в феврале составило 5%, минимальное 2,6%. В марте максимальный процент печени составил 4,0% , минимум — 2,4%. В феврале максимальное значение доли внутренностей составило 4,6%, минимальное — 2,2%, в марте максимальное значение данного показателя — 3,6%, минимальное — 2,1%.

В Камчатско-Курильской и Северо-Охотоморской подзонах выход икры оставался стабильным и высоким (около 6% в феврале и 7–8% в марте). В Западно-Камчатской подзоне наблюдается постепенное снижение выхода икры.

Выход молок незначительно снижался или оставался на прежнем уровне. Возможно, это связано с перераспределением разновозрастных самцов в преднерестовых скоплениях. С середины февраля в уловах преобладали самки. В среднем по Охотскому морю соотношение самцов и самок в уловах 53:47.

Показатели нормирования — выход икры, молок и печени, наиболее тесно связаны с нерестовыми изменениями у минтая.

Значимыми критериями для определения выхода продукции является проявление признаков полового диморфизма и возрастных изменений, влияющих на пропорции тела. Признаки полового диморфизма у минтая выражены слабо. Значимыми пластическими признаками, влияющими на выход разделанной рыбы, являются длина головы, максимальная высота тела, промысловая длина рыбы (стандартная).

Высота тела в большей степени связана с полом и возрастом рыбы. У половозрелых самок среднее значение этого показателя на 1 см выше, чем у самцов. Обхват рыбы, длина головы и высота тела зависят от длины рыбы. Это отмечено в работах Вышегородцева В.А. (1980) и Сошина А.В. (2011).

Высота и длина рыбы с одной стороны являются критериями для настройки оборудования, с другой биометрическими характеристиками. Для определения характера связи между показателями (вы-

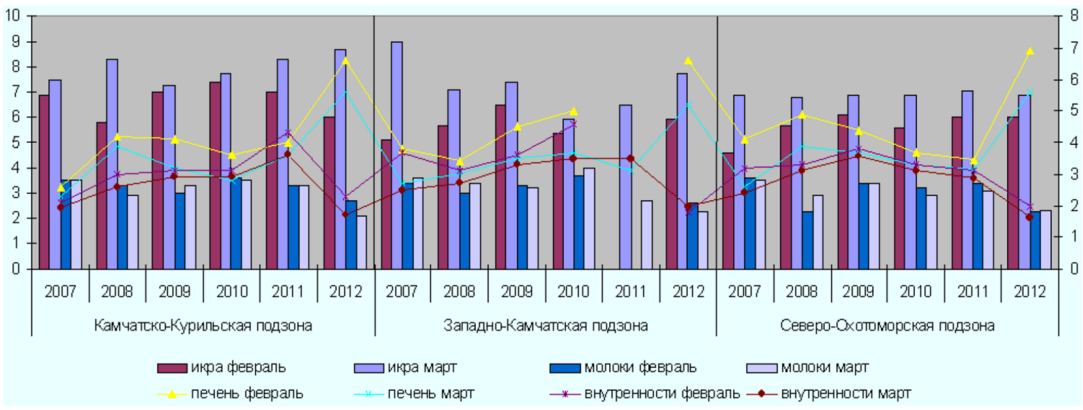


Рис. 1. Изменение выхода икры, молок, печени и внутренностей минтая Охотского моря

сота, ширина, длина и масса) проводился регрессионный анализ. На рисунке 2 отображена матрица регрессионного анализа.

При анализе матрицы графиков регрессионного анализа было установлено, что между длиной, высотой, шириной и массой рыбы существует устойчивая корреляция. Коэффициент корреляции (r) представляет собой меру линейной зависимости переменных. В таблице 1 представлены коэффициенты корреляции между длиной, высотой, шириной и массой.

Наибольший коэффициент корреляции (0,97) между длиной и массой рыбы. Высота рыбы (H) связана с длиной и массой. Коэффициенты корреляции этих показателей 0,95 и 0,94 соответственно. Возможно, этот показатель связан и с полом рыбы, т.к. установлено, что высота самок больше, чем самцов. Ширина рыбы связана с наполнением желудка. Нерестовые изменения у минтая выражаются в снижении пищевой активности и увеличении масс гонад. Снижение пищевой активности во многом носит индивидуальный характер, поэтому корреляция данного признака с другими слабая. Между шириной и высотой рыбы отмечается максимальное значение коэффициента корреляции: r=0,30.

Диаграмма Ишикавы (cause-effect diagram, fishbone diagram) — графический инструмент, позволяющий наглядно и систематизировано анализировать взаимосвязи следствий и причин. Основным достоинством таких диаграмм является их высокая объясняющая способность к систематизации множества потенциальных причин, которые влияют на конечные значения исследуемого показателя. На рисунке 3 представлена диаграмма, отображающая факторы, определяющие значение показателя нормирования — выход икры.

Непосредственно выход икры зависит от массы гонад самок. На этот показатель влияют другие критерии: длина рыбы, масса рыбы, дата промысла, район промысла. Наибольшее влияние на выход икры оказывают масса рыбы. При сравнении влияния даты промысла по отношению к району промысла, большее влияние оказывает «дата» — это связано с тем, что нерестовые изменения оказывают влияние на перераспределение органов брюшной полости. Поскольку исследования проводились только на Западно-Камчатском шельфе Охотского моря, то в данном случае влияние фактора «район» в полной мере оценить не удалось.

Для определения влияния нормообразующих критериев (длина и масса рыбы, дата, район) на выход разделанной рыбы также строилась диаграмма Ишикавы (рис.4).

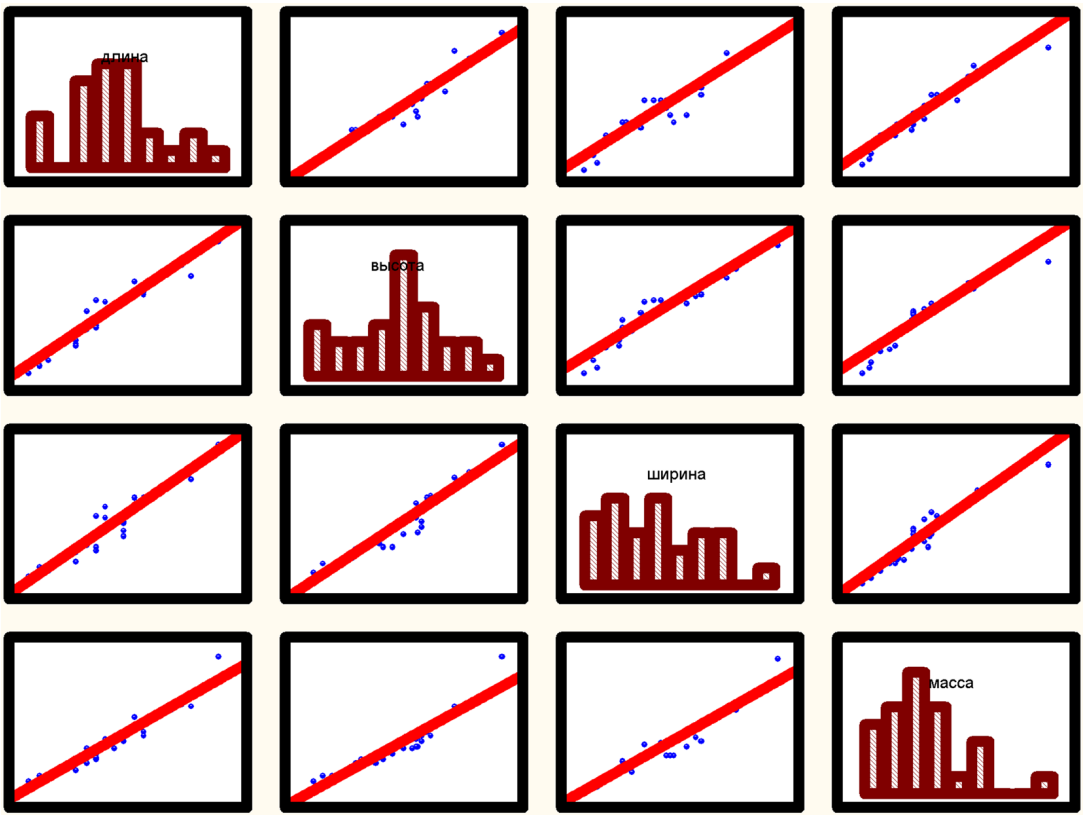


Рис. 2. Матрица регрессионного анализа критериев высота, ширина, длина и масса

Выход мороженой разделанной рыбы непосредственно зависит от выхода разделанной рыбы. Потери при замораживании и разделке это установленные величины. Выход разделанной рыбы наиболее тесно связан с массой рыбы и датой промысла.

Использование метода дисперсионного анализа позволяет оценивать степень зависимости массы пойманной рыбы от выхода икры в яствках, массы разделанной рыбы, района и даты по удельному весу факторной дисперсии (F) и значениям p — уровня (p). Результаты дисперсионного анализа представлены в таблице 2.

По результатам оценки значения p-уровня было установлено, что влияние выхода икры, массы разделанной рыбы, даты и района промысла на массу рыбы-сырца существенное. Наибольшее значение критерия Фишера отмечалось у показателя «масса разделанной рыбы», следовательно, наибольшая зависимость между массой неразделанной рыбы и выходом разделанной рыбы. Значение критерия Фишера для выхода икры в яствках в семь раз ниже, следовательно, и влияние этого фактора на массу рыбы-сырца существенно ниже. Влияние критерия «район» было минимальным, это объясняется тем, что исслодования проводились в одном районе промысла Охотского моря. Поскольку работы проводились в преднерестовый период, то влияние временного фактора было достаточно выражено.

Для оценки точности фактических расчетов массы рыбы-сырца от массы разделанной рыбы и выхода икры было построено 232 уравнения регрессии для разных лет, подзон и дат промысла. На рисунке 5 представлены уравнения регрес-

Таблица 1. Результаты корреляционного анализа размерных характеристик минтая (длины, высоты, ширины, массы)

r	длина	высота	ширина	масса
длина	1,00	0,95	0,29	0,97
высота	0,95	1,00	0,30	0,94
ширина	0,29	0,30	1,00	0,27
масса	0,97	0,94	0,27	1,00

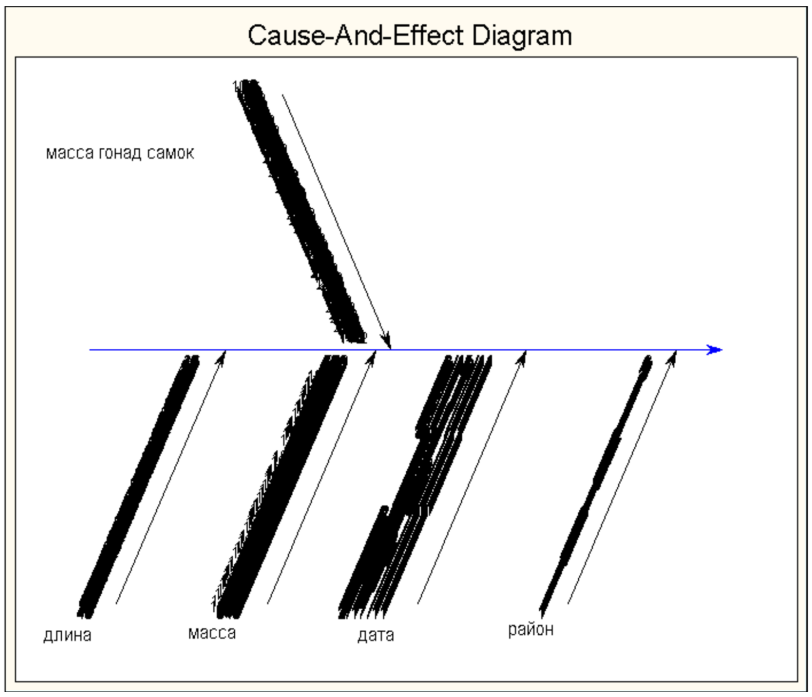


Рис. 3. Критерии, определяющие значения показателя «выход икры»

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа для установления зависимости на массы рыбы-сырца от выхода икры в яствках, массы разделанной рыбы, района и даты

	SS	Degr. ofFreedom	MS	F	p
Intercept	81891360	1	81891360	195823,9	0,000000
выход икры	1315262	31	42428	101,5	0,000000
масса разделанной	23624494	73	323623	773,9	0,000000
рыбы	3121	2	1561	3,7	0,024052
район	163619	5	32724	78,3	0,000000
дата	1291367	3088	418		
Error					

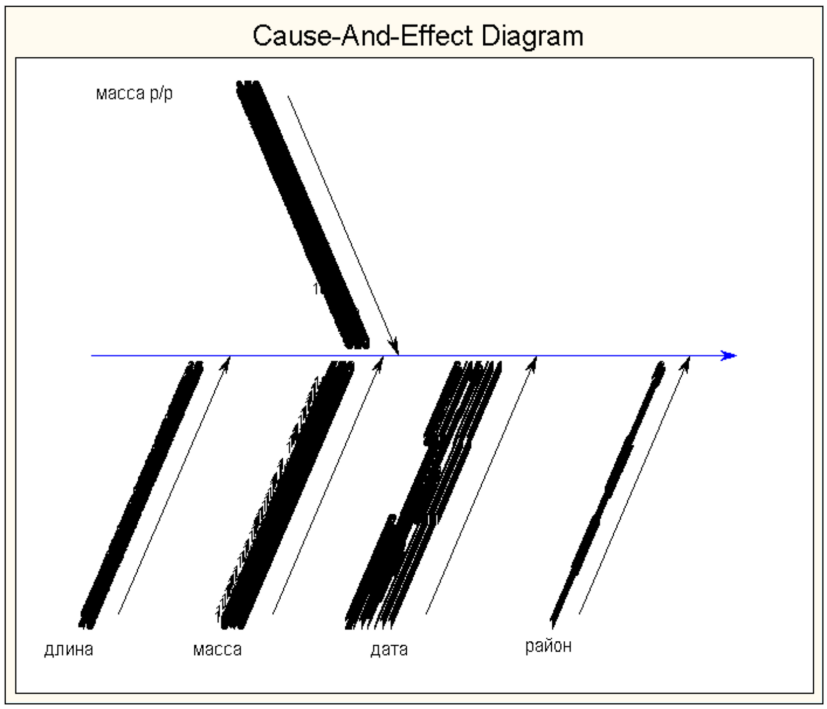


Рис. 4. Критерии, определяющие значения показателя «выход разделанной рыбы»

сии для установления зависимости массы рыбы-сырца от массы разделанной рыбы по уравнениям регрессии.

Из графиков уравнений регрессии видно, что зависимость массы рыбы от массы разделанной рыбы устойчива. Ошибка расчёта улова по характеристикам среднестатистической массы разделанной рыбы достигает 5%.

Для сравнительной оценки точности расчетов были построены графики уравнений регрессии отражающие зависимость массы рыбы-сырца от массы гонад самок (рис. 6).

Размеры гонад самок зависят не только от длины рыбы, но и от стадии зрелости гонад, поэтому уравнения регрессии показывают значительный разброс массы икры при фиксированных значениях массы рыбы. Ошибка расчёта улова по характеристикам среднестатистической массы икры может достигать 15%. Большая погрешность при расчетах массы пойманной рыбы от выхода икры отмечалась и в публикации Харенко Е.Н., Котенева Б.Н., Сопиной А.В. (2007).

В условиях промысла основной ассортимент составляет мороженая продукция: рыба неразделанная и различных видов разделки, икра, молоки. Для производства ферментных препаратов заготавливают замороженные внутренности. Отходы от разделки и/ или отсортированная рыба являются сырьем для производства рыбной муки. С развитием комплексных технологий ассортимент вырабатываемой продукции увеличивается. Основные потери массы происходят при разделке рыбы и связаны с видом разделки, а также с размерными характеристиками направленного сырья. Нормы выхода устанавливаются на весь ассортимент продукции, следовательно, существует возможность использовать для расчета массы пойманной рыбы несколько переводных коэффициентов, при этом необходимо учитывать, что точность расчетов будет различной.

Заключение

Регулирование промысла минтая направлено на сохранение имеющихся запасов и напрямую связано с контролем промысла, в части установления фактических уловов. Проведенные исследования показали, что расчет массы пойманной рыбы необходимо проводить по основному виду продукции — мороженой рыбе.

Список литературы

Буслов А.В. 2005. Рост минтая и размерно-возрастная структура его популяций. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 228 с.

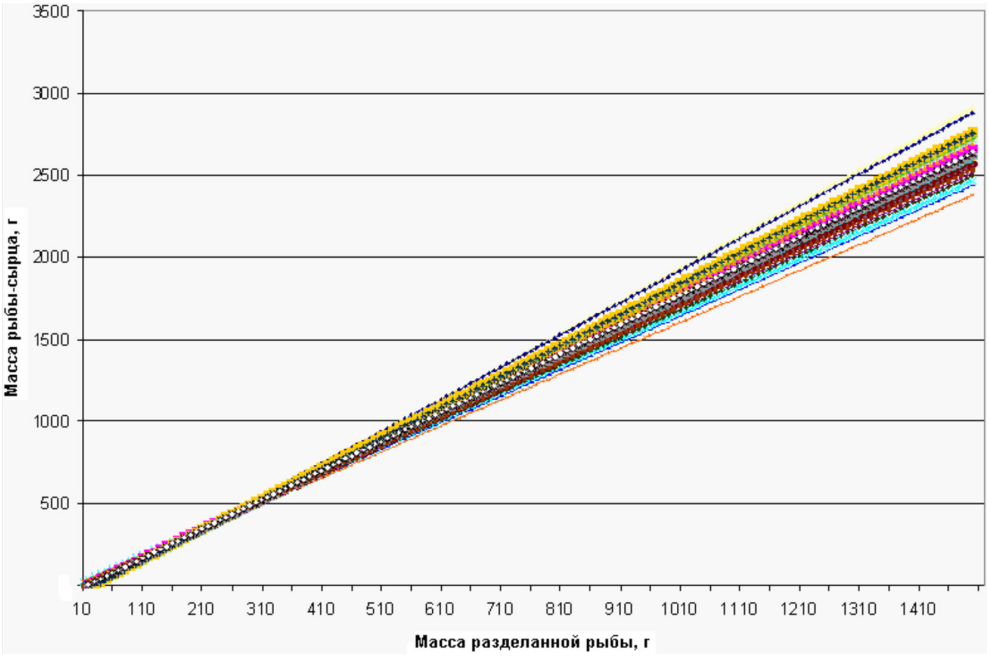


Рис. 5. Зависимость массы рыбы-сырца от массы разделанной рыбы по уравнениям регрессии

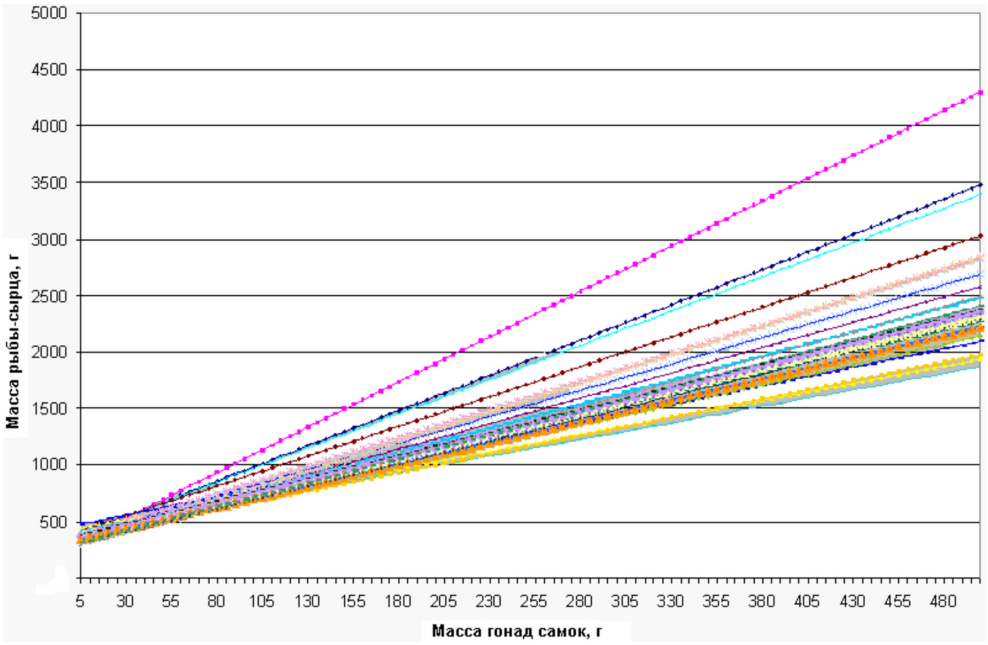


Рис. 6. Зависимость массы рыбы-сырца от массы гонад самок по уравнениям регрессии

Вышегородцев В.А. 1980. Половой диморфизм и размерно-возрастная изменчивость систематических признаков минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) у юго-западных берегов Камчатки.// Вопр. ихтиологии. Т. 20. вып. 6(125), С. 828–832.

Сошин А.В. 2011 Результаты исследования селективных качеств сетной оболочки снюрреводов датского типа // Матер. докл. Междунар. науч.-практ. конф. посвящ. 125-летию Баранова Ф.И. (Светлогорск, 25–26 октября, 2011), Калининград:ФГБОУ ВПО «КГТУ». С. 148–157.

Харенко Е.Н. Система терминов и определений в области технологического нормирования // Рыбпром. №2, 2007. – С. 12–14.

Харенко Е.Н., Котенев Б.Н., Рой В.И., Сопина А.В., Сердобинцев С.П., Коломейко Ф.В. 2007. Многофакторный анализ выхода икры минтая Охотского моря // Рыб. хоз-во. №4. С. 106–112.

УДК 639.2.053.8:597.553.2

АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ "ЗАПАС-ПОПОЛНЕНИЕ" КЕТЫ ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ ДАННЫХ

Фельдман М.Г.[1], Заварина Л.О.[2]

[1]ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
[2]ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: feldman.m.g@kamniro.ru

Введение

Кета — наиболее широко распространенный вид тихоокеанских лососей. На Камчатке одним из основных районов воспроизводства кеты является западное побережье полуострова. Данный район Камчатки является первым по рыбопродуктивности районом Камчатского полуострова (Остроумов, 2005). Кета является третьим по значимости, после горбуши и нерки, объектом промысла, а в неурожайные для горбуши годы занимает второе место.

Для прогнозирования запасов кеты необходимо выявить закономерности в динамике таких показателей, как промышленный вылов, пропуск на нерестилища. В данной работе, основываясь на теории «запас-пополнение» (Ricker, 1954, 1975), ставится цель — получить статистически значимую модель (регрессию) зависимости численности дочерних поколений кеты Западной Камчатки от количества производителей. В ходе выполнения работ решаются следующие задачи:

- классификация исходных данных с помощью методов кластерного анализа, позволяющая определить наблюдения, выпадающие из общей тенденции (выбросы), а также разбить исходную выборку на кластеры, соответствующие различным временным периодам;
- проведение регрессионных кривых к каждому полученному кластеру;
- с помощью регрессий определить количество потомков кеты, основываясь на величине пропуска на нерестилища производителей;
- дать прогноз общего запаса кеты в 2012 г.;
- определить интенсивность промышленного вылова в последние годы и дать прогноз запаса на будущие годы;
- определить оптимальный (с точки зрения максимизации уловов) пропуск производителей кеты на нерестилища.

Материал и методика

В качестве исходного материала были использованы ежегодные данные ФГУП "КамчатНИРО" по промышленному вылову кеты Западной Камчатки, количеству пропущенной на нерестилища рыбы, а также возрастной структуре подхода.

Так как исходный набор данных достаточно разнороден (рис. 1), то и регрессии, проведенные к нему, будут иметь низкую степень достоверности и прогнозирования. Исходя из предположения, что в исходном наборе данных по количеству пропущенной на нерест рыбы и ее вернувшихся потомков могут существовать подмножества, был проведен кластерный анализ данных в системе отношения коэффициента воспроизводства R/S к количеству родительского стада S (где R — рекруты, численность потомства, S — нерестовый запас, численность производителей, в качестве переменной S в работе используются данные по количеству пропущенной на нерест рыбы). Кластеризация осуществлялась двумя методами: иерархическим и методом К-средних. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. К примеру, метод К-средних предполагает, что количество кластеров в выборке исследователю известно априори. С другой стороны иерархический кластерный анализ достаточно объективно определяет число кластеров, но в зависимости от выбранной меры расстояния между отдельными наблюдениями и кластерами дает различные результаты.

Для иерархического кластерного анализа мерой расстояния между наблюдениями было выбрано Евклидово расстояние, а в качестве метода объединения в кластеры был выбран метод Варда (Ward, 1963). В этом методе в качестве расстояния между кластерами берется прирост суммы квадратов расстояний объектов до центров кластеров, получаемый в результате их объединения. В отличие от других методов

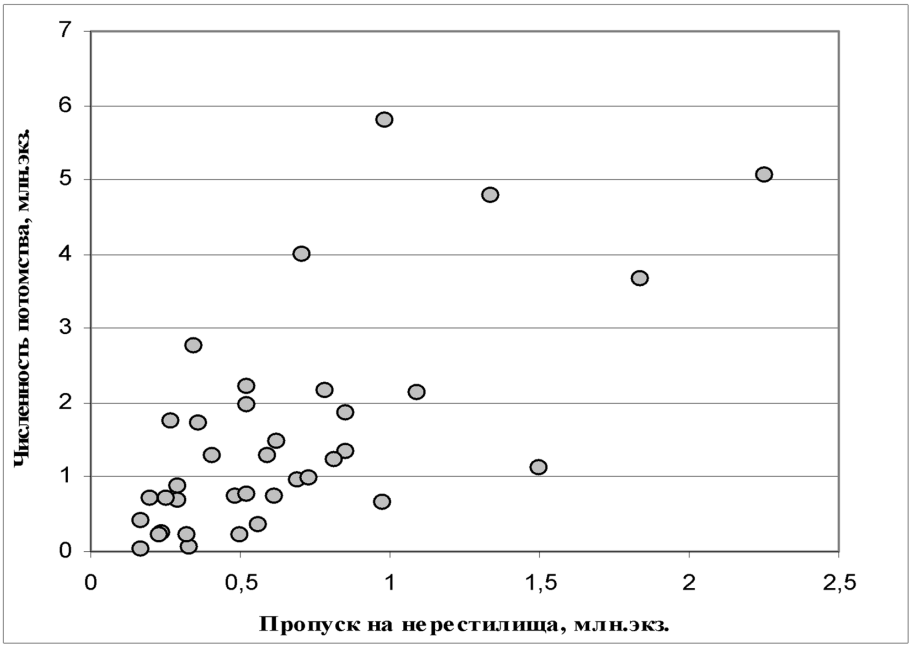


Рис. 1. Отношение числа потомков к пропущенным на нерест родителям за период 1970–2006 гг.

кластерного анализа для оценки расстояний между кластерами, здесь используются методы дисперсионного анализа. На каждом шаге алгоритма объединяются такие два кластера, которые приводят к минимальному увеличению целевой функции, т.е. внутригрупповой суммы квадратов. Этот метод направлен на объединение близко расположенных кластеров и «стремится» создавать кластеры малого размера.

Кроме кластерного, в работе применялся регрессионный анализ. Регрессии проводились к каждому из полученных кластеров. В качестве уравнения регрессии использовалась модель Риккера (Ricker, 1954), в ее декомпенсационной форме (Rothschild, Fogarty, 1987):

$$R = aS^2 * \exp(-bS), \quad (1)$$

где a, b — параметры.

Выбор декомпенсационной формы модели был обусловлен тем, что в исходных данных достаточно много наблюдений, у которых при достаточно малых значениях пропуска родителей на нерестилища S, количество потомков на одну родительскую особь R/S, меньше 1, иными словами рекрутов меньше, чем родителей. Таким образом, декомпесационная форма согласуется с эффектом Олли (Allee, 1938), говорящем о том, что существуют такие пределы численности популяции, ниже которых популяция начинает деградировать — перестает воспроизводиться.

Оценка полученных регрессий проводилась путем анализа дисперсий наблюдаемых и предсказанных с помощью уравнения значений численности рекрутов. Оценка значимости уравнений регрессии проводилась с помощью критерия Фишера.

При прогнозировании будущих подходов и оценки запаса необходимо иметь не только значимую регрессионную модель зависимости пополнения от производителей, но и возрастную структуру ежегодных подходов кеты. Для оценки вероятности процентного содержания каждого из возрастов в общем подходе, были использованы средняя арифметическая процентная для каждой возрастной группы за весь период наблюдений (1970–2011 гг.). В оценке участвовали четыре возрастные группы: 2+, 3+, 4+, и 5+.

Результаты и обсуждение

Предварительный кластерный анализ системы отношения коэффициента воспроизводства R/S к количеству родителей S

В ходе иерархического кластерного анализа по методу Варда набор данных разбивается на два хорошо выраженных кластера. Причем один из кластеров разделяется в свою очередь также на два подкластера. Один из этих подкластеров включает четыре наблюдения 1979, 1982, 1996, 2002 гг. — в эти



Рис. 2. Дендрограмма для всех наблюдений (метод Варда, Евклидово расстояние)

годы коэффициент воспроизводства принимал максимальные значения за весь период наблюдений (рис. 2). Таким образом, примем количество кластеров наблюдений в исходном наборе данных равным трем.

Далее проводим кластерный анализ методом К-средних, с заданным количеством кластеров (три кластера). В результате этого анализа, состав данных в полученных кластерах практически совпал с таковым из предыдущего иерархического анализа, за исключением одного наблюдения — данных по 1994 г. (рис. 3, выделенный маркер, табл. 1), оно попало в соседний кластер, что неудивительно, т. к. это наблюдение лежит на границе двух кластеров и различные методы кластеризации отнесли его к различным кластерам. В остальных же случаях классификация, полученная разными методами, идентична.

В итоге мы имеем три кластера наблюдений (табл. 1). К первому кластеру относятся наиболее низкие значения данного коэффициента. Во втором кластере коэффициент воспроизводства имеет значения от 2 до 4,7 потомков на одну родительскую особь. Третий кластер представлен всего четырьмя наблюдениями, это данные, где коэффициент воспроизводства R/S принимает наиболее высокие значения.

Регрессионный анализ

Далее проведем регрессии ко всем кластерам. Как уже было сказано, в качестве уравнения регрессии была выбрана декомпенсационная форма модели У. Риккера — уравнение (1).

Выбор такой формы обусловлен тем, что в наших исходных данных есть наблюдения, где при достаточно малых значениях пропуска родителей на нерестилища S, количество потомков на одну родительскую особь R/S, меньше 1, иными словами рекрутов меньше, чем родителей. Такие наблюдения присутствуют в кластере 1 (пропуск родителей в 1970–1971, 1976, 1978, 1985, 1991, 1993 гг., и соответствующие им возвраты потомков). На рис. 3 эти значения располагаются под пунктирной линией $R=S$.

На следующем рисунке показана смена принадлежности к кластерам по времени (рис. 4). За все время наблюдений можно выделить три условных периода. Первый период — 1970–1984 гг. в начале характеризуется преобладанием низкого коэффициента воспроизводства (первый кластер). Затем наблюдаются чередования — в четные годы низкий коэффициент воспроизводства (кластер 1), в нечетные средний коэффициент (кластер 2). В нечетные 1979 и 1981 гг. коэффициент воспроизводства принимает максимальные значения — кластер 3, что вероятно могло обусловить сбой режима чередования урожайных и неурожайных поколений (после 1983 г.) и коэффициент воспроизводства временно поднялся до среднего уровня. О чередовании мало- и многочисленных поколений кеты Западной Камчатки четных и нечетных лет и возможной связью такого чередования с подходами горбуши обсуждается также в работе Е.А. Шевлякова и Л.О. Завариной (2004). Следующий период 1984–1995 гг. — характеризуется низкими значениями коэффициента, все наблюдения за исключением двух (1989, 1992 гг.)

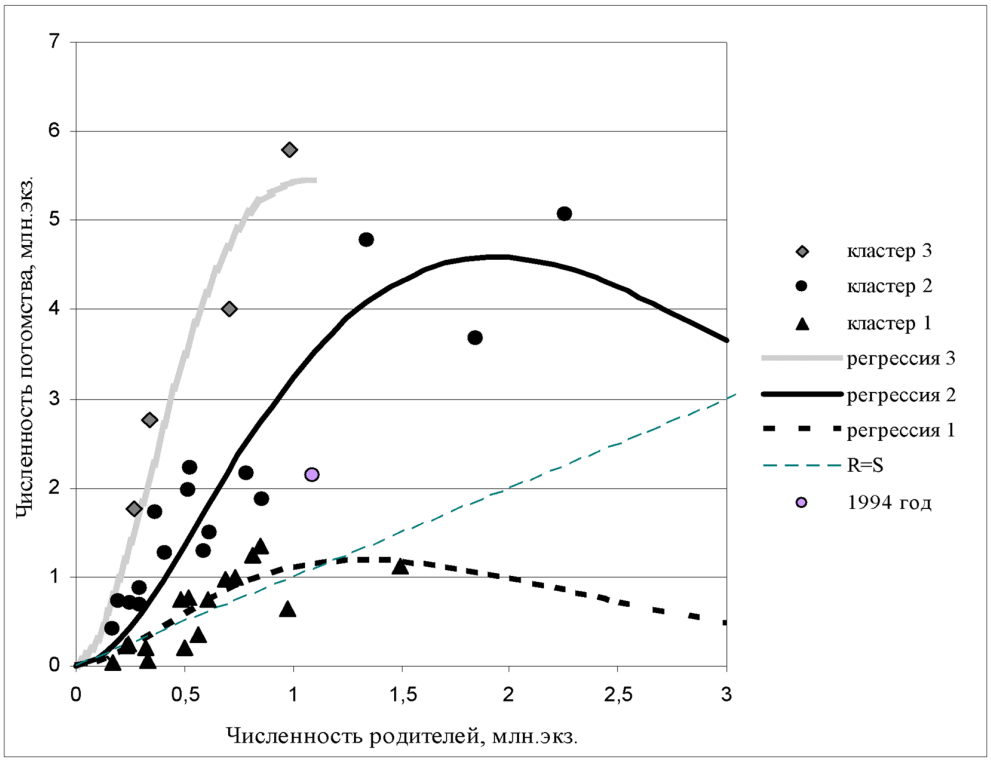


Рис. 3. Исходные данные, разбитые на кластеры, с проведенными к ним регрессиями (аппроксимация с помощью уравнения Риккера декомпенсационного вида). Выделенный маркер — пояснения в тексте

Таблица 1. Результаты двух методов кластерного анализа

Метод кластеризации	Вероятностный			Иерархический		
Меры близости	Евклидово			Евклидово		
Правила объединения	К-средних			Метод Варда		
Кластер 3	1			1		
	979			979		
	1			1		
	981			981		
	1			1		
	996			996		
	2			2		
	002			002		
Кластер 2	1	1	2	1	1	2
	973	989	001	973	989	000
	1	1	2	1	1	2
	975	992	004	975	992	001
	1	1	2	1	1	2
	977	997	005	977	994	004
	1	1	2	1	1	2
	980	998	006	980	997	005
	1	1		1	1	2
	982	999		982	998	006
	1	2		1	1	
	983	000		983	999	
Кластер 1	1	1	1	1	1	1
	970	984	991	970	984	991
	1	1	1	1	1	1
	971	985	993	971	985	993
	1	1	1	1	1	1
	972	986	994	972	986	995
	1	1	1	1	1	2
	974	987	995	974	987	003
	1	1	2	1	1	
	976	988	003	976	988	
	1	1		1	1	
	978	990		978	990	

принадлежат к первому кластеру. Последний третий период начинается в 1996 г. с поколения давшего очередной максимум — 5,6 рекрутов на одного производителя (3-й кластер). С этого момента вплоть до настоящего времени отношение количества потомков на родительскую особь принимает средние значения (кластер 2), за исключением 2003 года, когда коэффициент воспроизводства снизился (кластер 1).

Статистическая значимость проведенных регрессий, а также коэффициент детерминации R^2 вычислены на основании анализа дисперсий и представлены в табл. 2. В целом полученные уравнения для всех кластеров показывают достаточно высокую значимость, а коэффициенты R^2 — высокую объясненную долю дисперсии.

После получения регрессий к выделенным кластерам наблюдений мы можем непосредственно перейти к прогнозированию общего запаса в 2012 году.

Прогнозирование подходов по возрастам, общего запаса, вылова и пропуска на нерест в 2012 и последующие годы

Пары реальных данных по количеству родителей и потомков у нас имеются вплоть до 2005 г. В 2006 г. пропуск родителей составил 1,842 млн экз., а количество потомков без учета возраста 5+ (который подойдет только в 2012 г.) составляет 3,241 млн экз. Пользуясь уравнением регрессии 2 кластера (преобладающем в последние годы) мы можем определить общее количество потомства в 4,578 млн экз. Таким образом, численность рыб возраста 5+ от родителей 2006 года составило бы 1,33 млн экз., что около 30% от всех рекрутов, а это весьма маловероятно, так как в среднем доля рыб возраста 5+ во всех наблюдениях составляет около 8%. Более верным представляется определить общее количество рекрутов от родителей 2006 года, пользуясь уравнением регрессии, показанной на рис. 5:

$$R = aR_{4+}^2 + bR_{4+}, \quad (2)$$

где R — общее количество потомства, R_{4+} — количество рекрутов возраста 4+, a и b — параметры.

Согласно этому уравнению, общее количество потомков от родителей 2006 г. составит 3,672 млн экз. Разница между этой цифрой и реальным численностью потомства (без учета возраста 5+), составляет 0,431 млн. экз. и эта же цифра будет соответствовать количеству рыбы возраста 5+ в 2012 г. Такое число представляется гораздо более вероятным, так как цифра в 0,431 млн. экз. составит 11,7% от общего количества рекрутов родительского стада 2006 года, и этот показатель доли попадает в 99% доверительный интервал по средней доле рыб возраста 5+ (8,027±4,15%).

Таблица 2. Параметры и основные статистики регрессий для трех кластеров

Параметры	Кластер 3	Кластер 2	Кластер 1
a	35,88	9,13	4,96
b	1,886	1,038	1,51
	Статистики		
Коэффициент детерминации R^2	0,89	0,833	0,715
Вероятность нулевой гипотезы, (α=0,05)	0,048	0,000043	0,000056

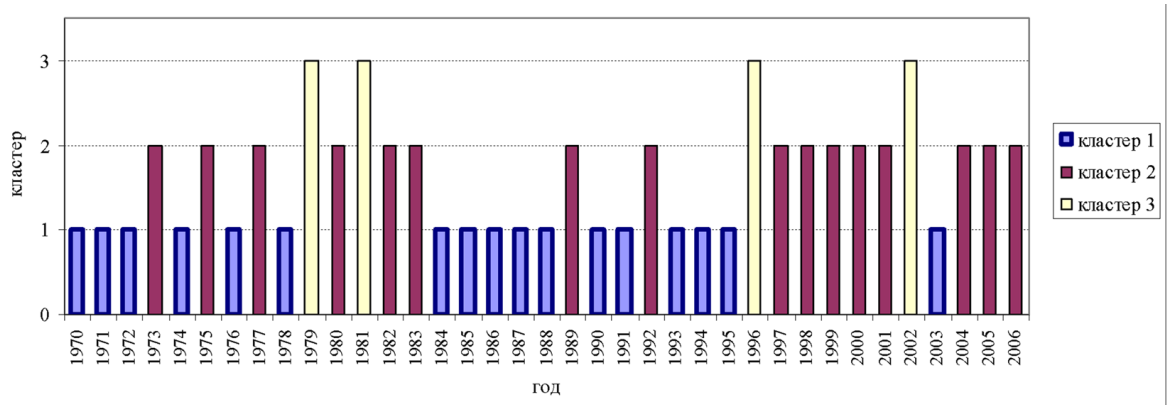


Рис. 4. Принадлежность коэффициента воспроизводства к кластерам в динамике

Теперь, когда с помощью уравнения регрессии (1) мы можем спрогнозировать общее количество потомства, следует перейти к прогнозированию потомков по возрастам. Для этого определим среднюю долю каждого возраста в общем количестве потомков (табл. 3), используя данные за весь период наблюдений.

Подход возраста 5+ мы уже определили выше в 0,431 млн экз. Рассчитаем потомков других возрастов.

Рекруты возраста 4+ в 2012 г. являются потомками родителей 2007 г. (0,911 млн экз.). Подход этой генерации в 2011 г. составил 2,82 млн экз. (возраст 3+), что намного выше среднего и сопоставимо только с подходом рыб такого же возраста в 2006 г. — 1,99 млн экз. (от родителей 2002 г. нереста). Коэффициент воспроизводства родителей 2002 года относится к третьему кластеру наблюдений, тогда, предположим что, аналогичный коэффициент у родителей 2007 г. относится также к кластеру максимальных значений (кластер 3). Подставив параметры третьего кластера (a=35,88; b=1,88) в уравнение (1), получим общее количество потомства в 5,343 млн. экз. (для количества родителей 2007 года в 0,911 млн экз.). Отсюда количество рекрутов возраста 4+:

$$R_{4+}=(5{,}343/100)\cdot 44{,}9\% = 2{,}399 \text{ млн. экз.}$$

Оставшиеся возраста рассчитаем, используя параметры для среднего кластера наблюдений (a=9,13; b=1,038): 2+ — 0,028 млн экз., 3+ – 0,897 млн экз.

Далее суммируя подходы рыбы всех возрастов, мы получим цифру общего подхода кеты в 2012 г. в 3,755 млн экз. (верхний предел — 4,226; нижний — 3,165 млн экз.).

Для того чтобы составить прогноз на последующие годы, необходимо знать также такие показатели как количество выловленной и пропущенной на нерест рыбы. Следующим шагом проведем две регрессии отношения вылова к общему подходу рыбы (рис. 6): одну регрессию за весь период наблюде-

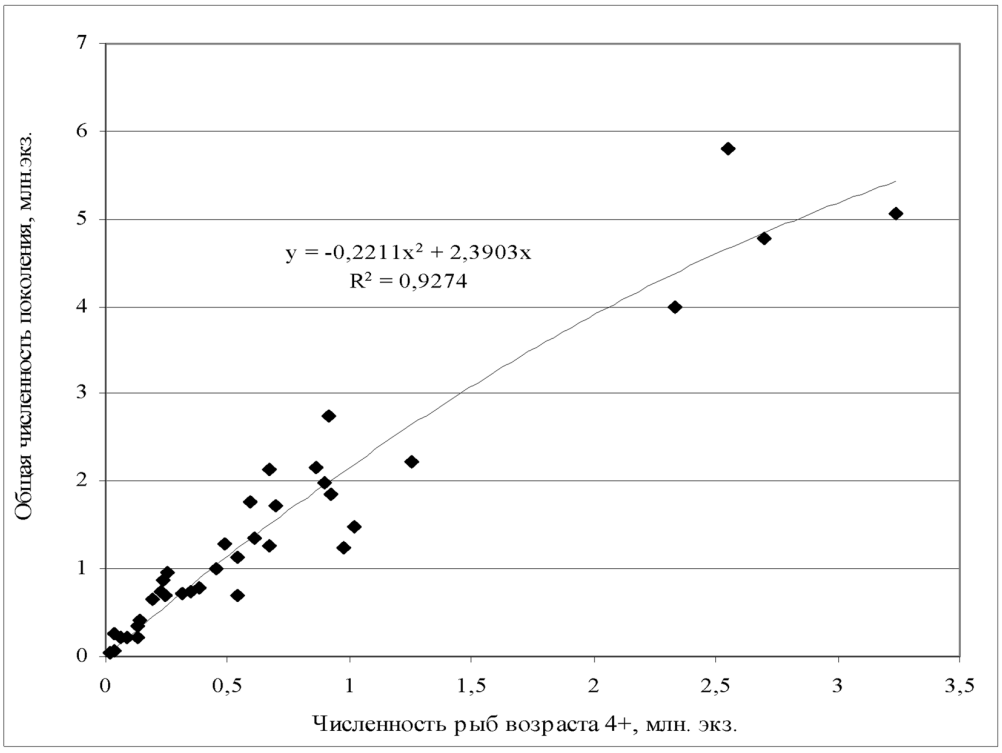


Рис. 5. Соотношение общего количества потомков (R) и количества рыб возраста 4+ (R_{4+})

Табл. 3. Вероятность подхода по возрастам, % (1970–2005 гг.)

Возраст	2+	3+	4+	5+
Среднее	1,084	45,922	44,902	8,027
Ст.ошибка	0,351	3,041	2,392	1,609

ний, вторую за последние пять лет. На рисунке хорошо прослеживается, что интенсивность вылова возросла в последнее время по сравнению со средней за весь период, и составляет до 91% от общего подхода. С помощью уравнения регрессии, показанного для наблюдений последних пяти лет, рассчитаем вылов кеты на Западном побережье Камчатки в 2012 г.:

$$C_{2012} = 0{,}51 \cdot R_{2012}^{1{,}36} = 0{,}51 \cdot 3{,}755^{1{,}36} = 3{,}084 \text{ млн экз.}$$

Таким образом, количество пропущенной на нерест кеты в 2012 г. составит:

$$S_{2012} = R_{2012} - C_{2012} = 3{,}755 - 1{,}399 = 0{,}671 \text{ млн экз.}$$

Так же как для 2012 года, для всех последующих лет рассчитываем подходы возрастных групп. Используем для всех последующих лет коэффициенты регрессии ко второму кластеру (средние значения отношения потомков к родителям). Результаты вычислений вплоть до 2018 г. представлены на рис. 7 и 8. Пропуск на нерестилища производителей кеты, как показано, начиная с 2006 г. неуклонно уменьшался, вследствие чего общие запасы кеты будут убывать вплоть до 2015 г., когда ожидается минимальный подход рыб основных возрастов 3+ и 4+. Это обусловлено тем, что пропуск родительских стад на нерест в 2010 и 2011 годах был невелик — 0,392 и 0,448 млн экз. соответственно. В последующие годы подходы возрастают, но незначительно — в среднем до 2,34 млн. экз. (6,55 тыс. т при навеске одной рыбы в 2,8 кг).

Определение оптимального пропуска производителей на нерестилища

Определим пропуск производителей, при котором улов будет максимальным. Так как объем нерестилищ мы будем считать неизменным, то и пропуск должен оставаться на одном уровне. Сформулируем задачу: максимизировать улов в прогнозируемые годы, при определенном пропуске, при этом улов будет равен:

C=N — S, где N — запас, а S — пропуск.

Обозначим пропуск в прогнозируемые годы, равным неизвестной константе (допуская, что площадь нерестилищ в короткий временной промежуток в несколько лет не меняется). С помощью процедуры

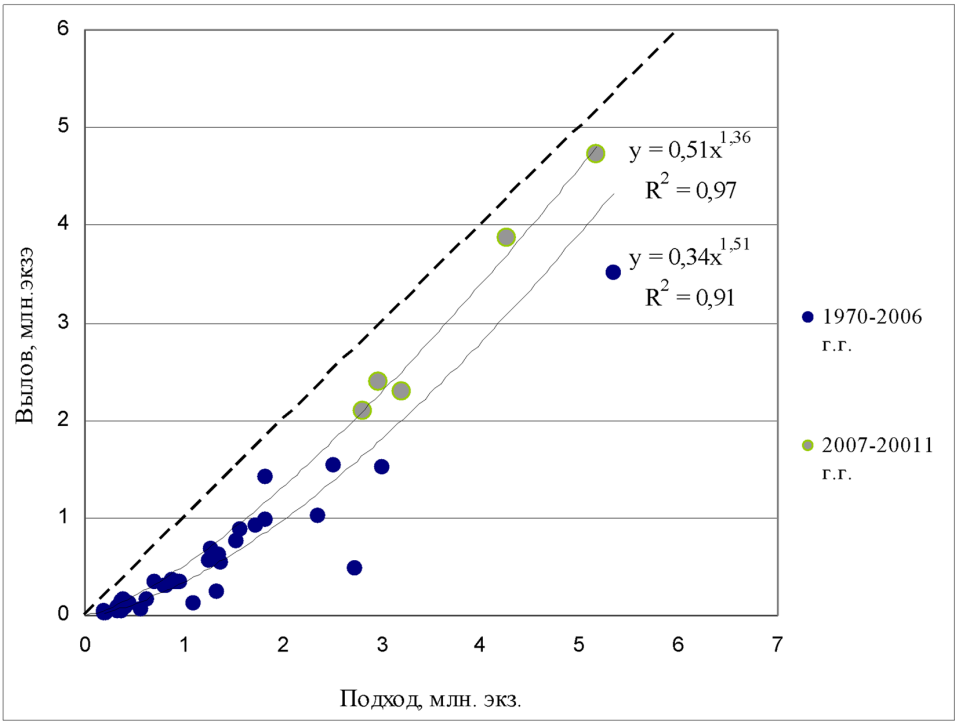


Рис. 6. Относительная интенсивность промышленного вылова за весь период наблюдений и в последние пять лет

поиск решения в MS Excel максимизируем сумму уловов, меняя значения пропуска. В итоге получаем оптимальное значение пропуска производителей кеты в 1,313 млн.экз. При этом сумма уловов за 2012–2018 гг. будет равна 11,558 тыс. тонн. В динамике результаты можно увидеть на рис. 9:

Как показано на графике (рис.9), провала по численности запаса в 2015 г. избежать не удастся, в этом году улов западнокамчатской кеты должен быть не более 250 т, однако при постоянном пропуске в 1,313 млн производителей на нерестилища, в последующие годы подходы и уловы резко возрастут и к 2018 г. составят — подход 4,35 млн экз., улов до 8,505 тыс. т.

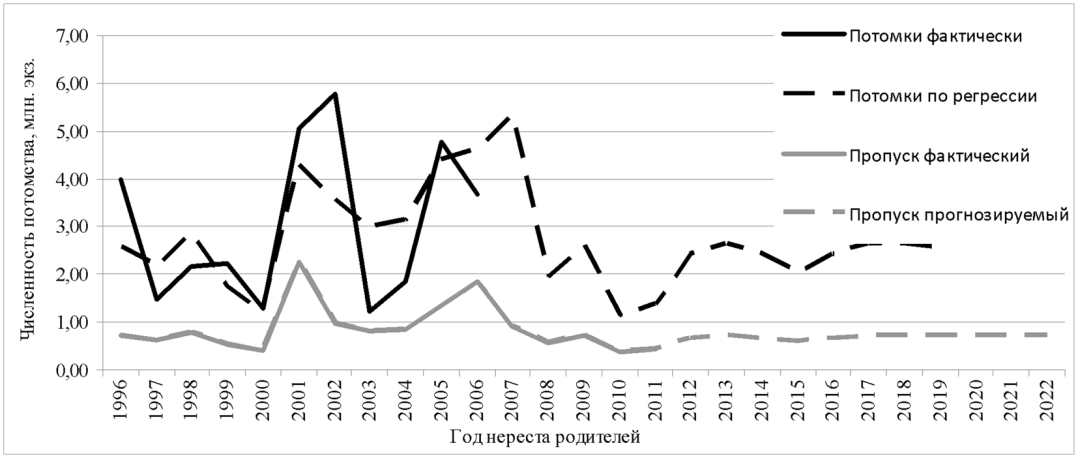


Рис. 7. Фактическое и прогнозируемое количество производителей и рекрутов

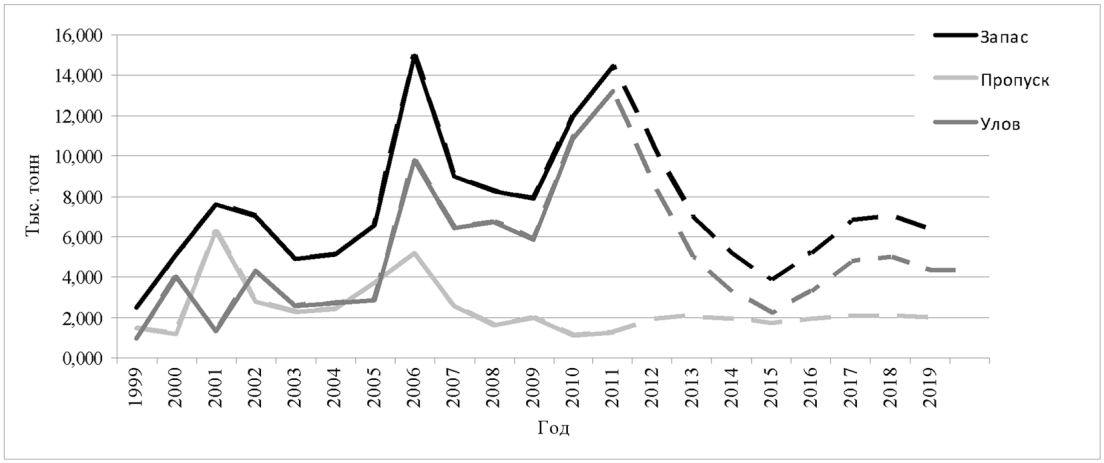


Рис. 8. Фактические и прогнозируемые показатели общего запаса кеты, ее пропуска на нерестилища и промышленного вылова

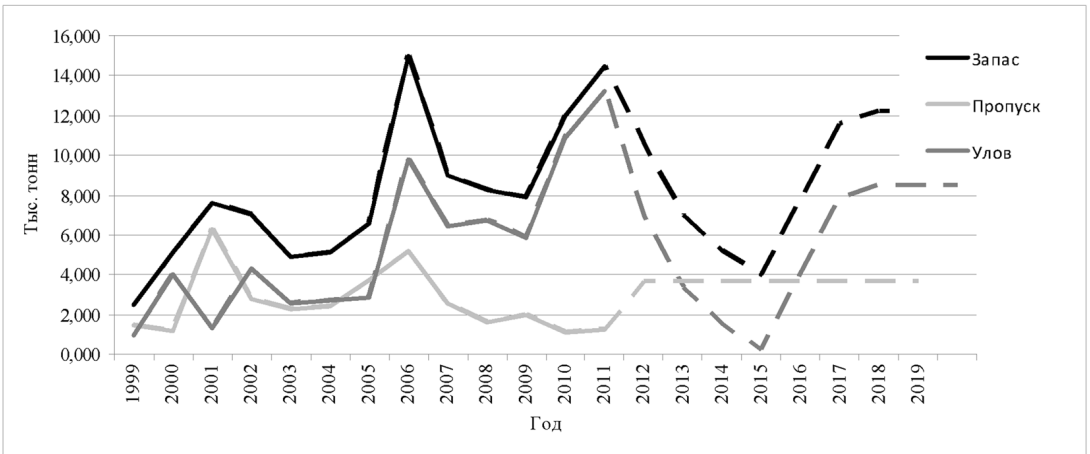


Рис. 9. Фактические и прогнозируемые показатели общего запаса, пропуска вылова кеты при постоянном пропуске на нерест 1,313 млн. производителей, начиная с 2012 г.

Заключение

Применение классификационного анализа в качестве предварительного разведочного метода перед регрессионным анализом оказывается более оправданным, чем проведение регрессии ко всему объему наблюдений: полученные регрессии к отдельным кластерам на порядок более статистически значимы и объясняют достаточно значительную долю дисперсии наблюдений в системе зависимости суммарного количества потомков от количества пропущенных на нерест производителей кеты.

Применение двух различных методов классификации — иерархического и К-средних дает практически одинаковые результаты (одно различие в наблюдении 1994 г.). Комбинация двух методов дает уверенность в справедливом разбиении данных на подмножества, разбивающие наблюдения на два периода: до 1996 г. (кластер 1) и после него (кластер 2). Начиная с 2006 г., количество потомков возрастает с 1,03 (в предыдущий период) до 2,95 на одну родительскую особь.

Интенсивность промышленного вылова за последние пять лет существенно возросла и составляет в среднем около 80% от общего запаса. Такой чрезмерный вылов, обусловил низкое заполнение нерестилищ в эти годы, и согласно модели, в будущие четыре года запасы неуклонно начнут снижаться вплоть до 2015 г., когда ожидается минимальное пополнение возрастов 3+ и 4+ (обеспечивающих в среднем 90% от подхода) от производителей 2010 и 2011 гг. — 1,38 млн экз. В дальнейшем, при сохранении современных темпов промысла, подходы возрастут, но ненамного (в среднем до 2,34 млн экз.в год).

При решении задачи по определению оптимального пропуска на нерестилища производителей, при условии максимизации промышленных уловов, был определен оптимальный пропуск кеты в 1,313 млн экз. При этом, начиная с 2015 г. подходы кеты значительно возрастут, и к 2018 г. стабилизируются на объеме в 4,35 млн экз., а промышленный вылов составит 8,5 тыс. т.

Список литературы

Остроумов А.Г. 2005. Максимальная промысловая и общая рыбопродуктивность внутренних водоемов Камчатской области // Вопр. географии Камчатки. Вып. 11. С. 40–43.

Хилборн Р., Уолтерс К. 2001. Количественные методы оценки рыбных запасов. Выбор, динамика, неопределенность. СПб: Политехника. 228 стр.

Шевляков Е.А., Заварина Л.О. 2004. Об особенностях динамики численности и методиках прогнозирования запасов кеты *Oncorhynchus keta* W. (Salmonidae) Западной Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: избранные статьи. Вып. 7. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 181–186.

Allee W.C. 1938. The social life of animals. N.Y., – 293 p.

Ward J.H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function // J. of the American Statistical Association, 236 p.

Ricker W. 1954. Stock and recruitment // Journal of the fisheries research board of Canada, Vol. 11, №5. P. 559–623.

Ricker W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations // Fish. Res. Board Canada. Bull. V.191 P. 1–382.

Rothschild B.J., Fogarty M.J. 1987. Spawning stock biomass: A source of error in recruitment-stock relationships and management advice // ICES, C.M. G. 62, 10 p.

УДК 639.2.081.7:629.7

ПРИМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНОРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЛОЩАДЕЙ НЕРЕСТА КОРФО-КАРАГИНСКОЙ СЕЛЬДИ

Шубкин С. В.[1], Бонк А. А.[1,2]

[1] ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский, shubkin.s.v@kamniro.ru
[2] ФГБОУ ВПО «КамчатГТУ», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: shubkin.s.v@kamniro.ru

Введение

Изучение биологии корфо-карагинской сельди ведется более 70 лет (Науменко, 2001; Науменко, Бонк, 2002). Во второй половине 30-х годов прошлого столетия впервые исследовался нерест сельди в заливе Корфа (Качина, 1981). Применение авиации в исследованиях нереста корфо-карагинской сельди насчитывает уже более 30 лет. Оценка нерестовых площадей является одной из основных величин при определении численности нерестовой части стада сельди (Качина, 1981; Науменко, 2001).

В 1950-1970-х годах обследование нерестилищ проводили с борта судна, с помощью катера или моторной лодки (Науменко, 2001). Применение авиации началось с промысловой разведки в конце 50-х годов XX века, когда рыбная промышленность стала использовать авиаразведку для наведения промысловых судов на скопления сельди. Позже, в конце 70-х годов, авиацию стали привлекать и в исследовательских целях. С началом авиационных работ учет нерестовых скоплений проводили с борта самолета, в последующем основную часть работ выполняли, используя вертолет. В настоящее время для авиаучетных работ используется только вертолет. Применение авиации позволяет в короткие сроки максимально охватить площади используемые сельдью для нереста.

В 1997 г. сотрудниками КамчатНИРО А.А. Бонком и Н.И. Науменко для оконтуривания нерестовых полей корфо-карагинской сельди был впервые применен приемник глобальной системы позиционирования (GPS), который широко применялся в авиации в качестве дополнительного навигационного оборудования. В последующем, GPS навигаторы стали основным прибором при оценке нерестовых площадей корфо-карагинской сельди.

Материал и методика

В 2012 г. аэровизуальное обследование нерестилищ сельди выполнялись в период с 5 по 23 мая. Общая протяженность трансект приблизительно равна 2,5 тыс. км (рис. 1). Учет осуществлялся с борта вертолета МИ-8. Скорость полета при проведении учета скоплений сельди составляла от 80 до 110 км/ч, высота полета — 70–120 м.

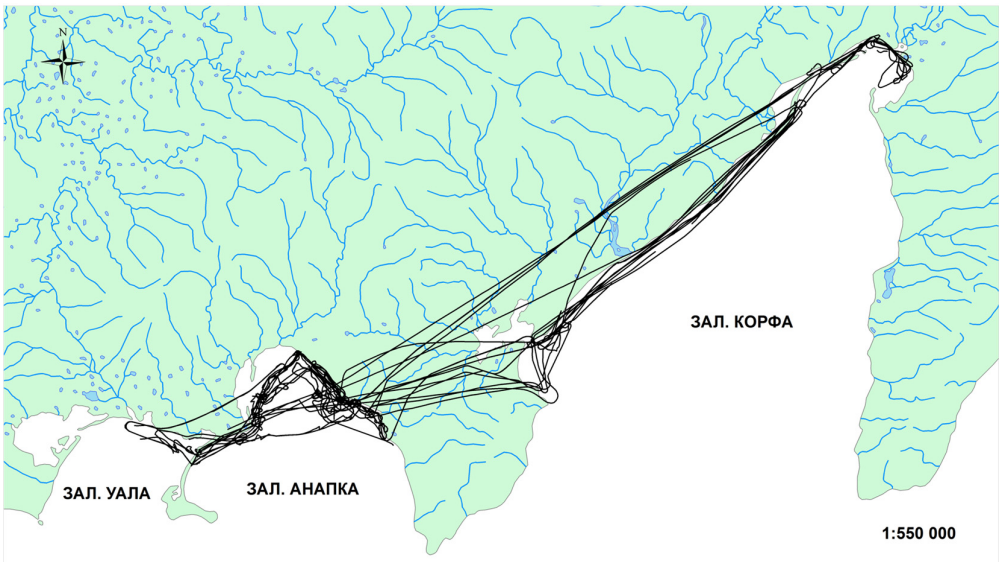


Рис. 1. Маршруты полетов по поиску и учету нерестовых скоплений корфо-карагинской сельди в мае 2012 г.

Для определения границ нерестовых площадей использовались приемники глобальной системы позиционирования (GPS) фирмы Garmin: GPS III Plus, GPSmap 62C, GPSmap 276C. Полученные во время аэровизуальных работ записи треков полетов, контуры нерестовых полей и реперные точки обрабатывали при помощи программ MapSource и ArcGIS.

Результаты и обсуждение

Нерестилища корфо-карагинской сельди расположены в Карагинском заливе (бух. Оссора, Карага, Тымлат, заливы Кичигинский, Уала, Анапка), заливе Корфа (бух. Гека, гавани Скрытая, Скобелева, Сибирь) и в бухте Ложных Вестей на западном побережье о. Карагинский. Нерест проходит в литоральной зоне на глубинах не более 2 м. Общая нерестовая площадь, где когда-либо наблюдался нерест, оценивается в 130 км^2. Ширина зоны нереста колеблется от 50 до 500 м. (Качина, 1981; Науменко, 2001). В последние десятилетия ведущую роль в воспроизводстве сельди играют нерестилища расположенные в заливе Анапка, в меньшей степени в заливе Уала и заливе Корфа (Бонк, 2004, 2008).

Подходы сельди к местам нереста происходят в мае и по срокам непродолжительны. Чаще всего массовый нерест проходит во второй декаде мая. Нерест начинается после распаления льда, когда температура прибрежных вод прогревается до 2–4 °С и длится от нескольких дней до 2–3 недель, в зависимости от численности стада (Качина, 1981; Науменко, 2001).

До применения авиации, площадь нереста корфо-карагинской сельди оценивали с борта судна, катера или моторной лодки. Границы мест размножения определяли по окрашенной от выметанных половых продуктов в молочно-белый цвет воде (рис. 2), используя в качестве реперов различные береговые ориентиры, а протяженность нерестовых площадей оценивали по скорости судна (Науменко, 2001). Учитывая, что массовый нерест сельди по времени непродолжителен, а протяженность береговой линии, вдоль которой расположены нерестилища, может достигать свыше 300 км оценить нерестовые площади с борта судна представляет определенные сложности связанные, прежде всего, со скоростью перемещения. Начало авиационных работ позволило охватить учетом всю нерестовую площадь сельди в короткие сроки. К сожалению, в последние годы из-за сокращения финансирования работ, выделяемое количество полетных часов позволяет охватить учетом только нерестилища расположенные в заливах Корфа, Анапка и Уала.



Рис. 2 . Нерест корфо-карагинской сельди в б. Гека (м. Ара), 2010 г.

Цель авиаучетных работ — выйти на количественную оценку нерестового запаса сельди. Но, не имея данных икорной съемки о плотности обыкрения рассчитать численность и биомассу невозможно (Качина, 1981; Науменко, 2001, Смирнов, 2009). Авиаучетные работы по нерестовой сельди помимо КамчатНИРО проводятся и сотрудниками МагаданНИРО по охотской и гижигинско-камчатской популяциям сельди. Но в отличие от аэровизуальных учетных работ по охотской и гижигинско-камчатской сельди, когда учитываются подходящие к берегу (нерестовые) и отходящие после нереста косяки (Смирнов, 2008, 2009), учет корфо-карагинской сельди происходит путем оценки площади нереста и связано это со спецификой размножения. В Охотском море сельдь нерестится на глубинах от 2 до 7 м и для оценки плотности обыкрения нерестового субстрата, необходимо проводить водолазные работы. Подобные работы довольно затратные, а при ежегодной тенденции сокращения финансирования не всегда осуществимы. Корфо-карагинская сельдь нерестится, в основном, на глубинах до 2 м, что позволяет проводить икорную съемку в период сизигийного отлива без привлечения специального оборудования.

Поиск косяков подходящей на нерест корфо-карагинской сельди и мест размножения ведется вдоль береговой линии на удалении не более 3 км, на высоте от 200 до 400 м. После обнаружения района нереста, дальнейшие полеты осуществляются на высоте 70–120 м, скорость полета не превышает 80–110 км/ч. Во время поисковых и учетных работ наблюдатель занимает место в кабине пилотов, что важно, т.к. в данном случае наблюдатель имеет увеличенный угол поиска и высокую точность при оконтуривании площади нереста.

Нерест сельди протекает активно и по мере подхода новых косяков, границы зоны икрометания сильно меняются (Бонк, 2004). Поэтому после того как сельдь приступила к нересту необходимо делать ежедневные вылеты и фиксировать площадь размножения, т.к. границы нереста быстро размываются под воздействием приливно-отливных течений и ветра

Контур нерестового поля фиксируется GPS приемником в виде трека. Помимо записи трека наблюдатель, находясь в кабине пилотов, определяет границы нереста постановкой реперных точек в GPS приемнике. Это делается для того чтобы избежать ошибок при расшифровке записи полета и дифференцировать треки на те, которые относятся к записи контура нерестового поля, и те которые являются результатом маневрирования вертолета во время учета. В качестве примера на рисунке 3 приведен фрагмент рабочей записи учета нерестовых скоплений корфо-карагинской сельди в заливе Анапка в мае 2012 г (точками на треке отмечены границы нереста).

В годы высокой численности могут отмечаться заморы производителей сельди, причиной которых могут быть переполнение нерестилищ, а также дефицит кислорода в воде из-за большого количества



Рис. 3. Фрагмент трека учета нерестовых скоплений корфо-карагинской сельди в заливе Анапка в мае 2012 г.

выметанных самцами половых продуктов. В этом случае учет погибшей рыбы производится путем ее подсчета, так же как и при авиаучете тихоокеанских лососей (Остроумов, 1962).

В 2012 г. комплексные учетные работы проводились в период с 5 по 23 мая и включали в себя непосредственно аэровизуальные наблюдения, биологический анализ производителей сельди, икорную, зоопланктонную и гидрологическую съемки. Были обследованы прибрежная часть залива Корфа от гавани Скобелева до бухты Гека и заливы Анапка, Уала (см. рис. 1)

Из-за холодной зимы ледовая обстановка к началу мая в районах нереста сельди оказалась сложной, в результате нерест начался на неделю позже, чем в 2011 г. Первые косяки сельди были отмечены 13 мая в северной части залива Анапака. В этом же районе 14 мая сельдь приступила к нересту, площадь нереста составила 16,4 км^2. Максимальные подходы сельди к нерестилищам отмечены 16 мая, площадь нерестового поля составила 40,7 км^2. На рисунке 4 и 5 показана динамика развития нерестовой обстановки в заливе Анапка. При дальнейших учетных работах площадь нерестового поля не увеличивалась. Суммарная площадь нереста показана на рисунке 6. За весь период работ в мае 2012 г. общая площадь в заливе Анапка на которой наблюдался нерест сельди составила 48 км^2.



Рис. 4. Распределение нерестящейся сельди в зал. Анапка 14 мая 2012 г.



Рис. 5. Распределение нерестящейся сельди в зал. Анапка 16 мая 2012 г.



Рис. 6. Суммарная площадь учтенных нерестовых площадей в зал. Анапка, май 2012 г.

Заключение

Нерест корфо-карагинской сельди проходит на большой территории в относительно сжатые сроки. Место и площади икрометания изменяются очень динамично, причем нерестилища используемые в начале нереста могут быть не задействованы в течении оставшегося нерестового периода. Следы нереста в воде исчезают спустя несколько дней и здесь очевидно преимущество воздушного наблюдения позволяющего охватить весь район размножения буквально за один день и отслеживать динамику в течении всего нерестового периода. Применение GPS навигатора позволяет с точностью до ±5 м (такова точность прибора) проводить оконтуривание мест размножения и в оперативном режиме давать результат о нерестовой обстановке.

Список литературы

Бонк А.А. 2004. Влияние некоторых биотических и абиотических факторов на выживание корфо-карагинской сельди в период раннего онтогенеза // Автореф. дис. … канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. -24 с.

Бонк А.А. 2008. Особенности воспроизводства корфо-карагинской сельди в современный период // Современное состояние водных биоресурсов: материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова. Владивосток: ТИНРО-центр, - С. 33–37.

Качина Т.Ф. 1981. Сельдь западной части Берингова моря. М.: Легкая и пищевая промышленность, 120 с.

Науменко Н.И. 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский.:Камчат. печат. двор, 330 с.

Науменко Н.И., Бонк А.А. 2002. О промысле нерестовой корфо-карагинской сельди // Рыб. хоз-во. № 5. С. 27–28

Остроумов А.Г. 1962. Опыт применения аэрометодов учета тихоокеанских лососей в реках Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Кн. редакция «Камчатской правды», 44 с.

Смирнов А.А. 2008. Аэровизуальный учет и наведение судов на скопления нерестовой гижигинско-камчатской сельди // Рыб. хоз-во. № 3. С. 48–49.

Смирнов А.А. 2009. Гижигинско-камчатская сельдь. Магадан: МагаданНИРО, 149 с.

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 597.553.2:575.2

РАСШИРЕНИЕ НАБОРА МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ МАРКЕРОВ В ЦЕЛЯХ ИДЕНТИФИКАЦИИ КЕТЫ ONCORHYNCHUS KETA (WALBAUM)

Афанасьев П. К.[1], Животовский Л. А.[2]

[1]ФГУП «ВНИРО», г. Москва
[2]ИОГен РАН, г. Москва
Контактный e-mail: afanasiev@vniro.ru

Введение

Кета является ценным промысловым видом лососевых рыб. Она широко распространена по всей северной части Тихого океана, и нерестится в реках обоих континентов: азиатского и американского. По численности на азиатской части нерестового ареала кета занимает второе место после горбуши по мощности подходов. Ежегодный вылов кеты на российском Дальнем Востоке составляет, в среднем, около 60 000 тонн (www.npafc.org). Пополнение запасов кеты идет как путем естественного воспроизводства, так и за счет искусственного разведения на лососевых рыбоводных заводах (ЛРЗ)

В связи с особенностями биологии и экологии, такими как более низкий по сравнению с горбушей уровень стрэинга, высокой полифагией, пищевой ценностью и др., кета привлекательна в качестве объекта для искусственного воспроизводства. Воспроизводство стад лососей ведется в разных странах Северной Пацифики. Наиболее активно в США и Японии. На островах Хоккайдо и Хонсю более века кета воспроизводится, по большей части, искусственно (Миякоши и др. 2010). В настоящий период времени в странах Северной Пацифики действуют свыше 800 лососевых рыбоводных заводов, среди которых многие воспроизводят кету (Макоедов и др. 2009). В России в последние годы проявляется все больший интерес к разведению именно кеты (Каев и др. 2009).

Параллельно увеличению объемов промысла и искусственного разведения возникают проблемы определения принадлежности отдельных рыб или выборок к тем или иным нерестовым группировкам. Для их решения встает задача выбора наиболее подходящих для этого генетических маркеров, способных обеспечить достаточную точность идентификации отдельных рыб или выборок по их популяционной принадлежности. Для изучения кеты российского Дальнего Востока была разработана система десяти микросателлитных маркеров (Рубцова и др. 2008), которая позволилп рассмотреть ряд проблем: определение популяционной принадлежности рыб при вылове на путях миграции и состава уловов на ставных неводах, выявление сезонных или экологических рас, изучение заводских стад и структуры перевозок оплодотворенной икры между рыбоводными заводами, решение спорных вопросов о происхождении уловов, экологическая сертификация морского промысла (Животовский и др. 2008, Афанасьев и др. 2008, Шитова и др. 2009). С каждым годом необходимость решения этих вопросов приобретает всё большую актуальность.

Указанные маркеры позволяли с большой точностью проводить индивидуальную идентификацию по части принадлежности к большим региональным группировкам, однако точность идентификации была небольшой в пределах региональных стад (Шитова и др. неопубл.). Поэтому система маркеров кеты была расширена до 16-ти маркеров в целях увеличения точности идентификации особей из географически близких группировок (Афанасьев П.К. и др. 2012). Эта публикация обобщает проведенную работу по расширенной системе микросателлитных локусов кеты.

Материал и методика

Первым этапом работы было проведение теоретического исследования возможных последствий расширения используемого набора микросателлитных локусов. Оценка проводилась на основе имеющихся в лаборатории «Генетических проблем идентификации ИОГен РАН» данных об изменчивости кеты по десяти микросателлитным маркерам, с помощью программного пакета Microsoft Excel. Ис-

пользуемые маркеры комбинировали в случайном порядке, постепенно увеличивая их число. Полученные данные о точности идентификации при различном числе микросателлитных маркеров использовали для построения графика изменения точности идентификации.

Для реализации основной цели работы, при расширении существующего набора микросателлитных локусов (табл. 1), было апробировано более 70 пар праймеров к 33 микросателлитным локусам. Список апробированных в ходе исследования микросателлитных локусов представлен в таблице 2.

Для ПЦР-амплификации использовали лиофилизированные наборы Gene Park PCR Core (ООО «Лаборатория Изоген», Россия), к которым добавляли 5 мкл смеси праймеров (конечная концентрация каждого — 0,5 мкМ) и 5 мкл исследуемой ДНК. Апробация праймеров проводилась в амплификаторе Veriti фирмы "Applied Biosystems" США при различных температурах отжига праймеров. Некоторые исследованные локусы оказались мономорфными. Из 33 апробированных в ходе работы локусов, было выбрано 6 полиморфных, наиболее удобных для дальнейшей работы. Критериями отбора локусов, помимо полиморфности, была надежность амплификации и размер продуктов амплификации, пригодный для анализа в акриламидном геле. Для дальнейшей работы нами также отбирались преимущественно локусы с тетрануклеотидными повторами, во избежание возможных ошибок при определении длин ПЦР-продуктов. Для пяти из шести отобранных локусов были разработаны новые праймеры, с целью уменьшения размеров ПЦР-продуктов и увеличения надежности амплификации. Для каждой пары праймеров были подобраны индивидуальные условия амплификации (табл. 3).

В ходе работы было проанализировано 20 выборок производителей кеты, собранные сотрудниками лаборатории генетических проблем идентификации ИОГен РАН, в период с 1994–2009 гг. в период анадромных миграций на озерах и реках Российского Дальнего Востока. В работу вошли выборки с о. Сахалин, о. Итуруп, о. Кунашир, п-ова Камчатки, Чукотки и Приморья. Список выборок представлен в таблице 4.

Для изучения ДНК-маркеров использовались кусочки различных тканей или органов, но чаще всего края плавника. Получение такого образца не портит рыбу, а сам образец фиксируется в индивидуальной пробирке с 96%-м раствором спирта и может храниться длительное время даже при комнатной температуре.

Полученные электрофореграммы визуализировали путем окрашивания бромистым этидием и просмотром на ультрахемископе.В качестве маркеров длин фрагментов использовали ДНК плазмиды pBr322, обработанную рестриктазой HpaII. Размеры аллелей по каждому локусу определяли с использованием программы 1D Image Analysis Software Version 3,5 фирмы «Кодак». В таблице 2 приведены размеры выявленных аллелей.

Точность идентификации в данной работе — это доля рыб, которых программа (GenClass), по критерию максимальной вероятности, относит к тому региону (району, реке, бассейну, ЛРЗ) из которого они были выловлены. Ошибка идентификации — это величина, дополняющая значение точности идентификации до 100%.

Таблица 1. Стандартный набор десяти микросателлитных локусов, используемых для изучения кеты в лаборатории Генетической идентификации ИОГен РАН

Локус	T (°C)	Размер ПЦР-продукта (п.н.)	Повтор	Праймеры (5'-3')	Theta-P-Показатель степени дифференциации
*Ssa*20.19	60	76–90	(AC/TG)n	Sanchez J.A., et.al.,1996	0,17
*Ots*3	48	74–118	(TC)n	Small M.P., et.al. 1998	0,05
*Ogo*2	58	178–202	(GA)n	Olsen J.B., Bentzen P., Seeb J.E. 1998	0,04
*One*103	56	111–243	(ATCT)nN16(ATCT)n	Olsen J.B. et.al., 2000	0,02
*Oki*1-1	54	176–276	(CTGT)n	Smith C.T., Koop B.F., Nelson R.J. 1998	0,02
*Oki*1-2	54	90–102	(CTGT)n	Smith C.T., Koop B.F., Nelson R.J. 1998	0,16
*Oke*3	56	210–327	(TCCCTCTCGTCTC)n	Buchholz W.G., Miller S.J., Spearman W.J. 2001	0,08
*Oke*11	54	85–103	(CA)nGA(CA)n	Buchholz W.G., Miller S.J., Spearman W.J. 2001	0,04
*Ssa*197	56	113–133	(GT)nC(TG)nTC(TG)nA(GTGA)n	Olsen J.B., Seeb J.E., 1998	0,03
*One*109	56	111–191	(TAGA)n	Olsen J.B. et.al., 2000	0,04

Образцы каждой из выборок генотипировались по микросателлитным маркерам. Полученные данные по микросателлитной изменчивости обрабатывались в программах: GDA, GenClass, и Statistica 2.0. При определении вероятности принадлежности образца к популяциям по программе GenClass мы исключали этот образец из базы данных.

Результаты и обсуждение

По результатам проведенной теоретической оценки возможного влияния расширения набора используемых микросателлитных маркеров на точность генетической идентификации был построен график, представленный на рисунке 1. По нашим экспериментальным данным видно, что точность идентификации возрастает с увеличением числа используемых микросателлитных маркеров. Как показывает теоретическая кривая, с возрастанием числа маркеров, точность идентификации увеличивается всё медленней, асимтотически приближаясь к значению в 100%. Эти результаты подтверждают необходимость расширения набора маркеров, для увеличения точности идентификации.

Точность идентификации кеты при использовании 16 микросателлитных локусов была стабильно выше той, которая характеризовала имеющийся набор из 10 микросателлитных локусов.

Таблица 2. Список дополнительных локусов, апробированных в ходе работы

Локус	ПЦР-продукт	Размер продукта	Полиморфизм	Источник информации о последовательности праймеров
*Ogo*8	–	–	–	Olsen et al. 1998
*Oke*4	+	>400	–	Gharrett et al. 2007
*Oke*8	–	–	–	Gharrett et al. 2007
*Oki*3	+	<100	M	Smith et al. 1998
*Oki*8	–	–	–	Smith et al. 1998
*Oki*9	+	<100	M	Smith et al. 1998
*Oki*10*	+	117-235	P	Smith et al. 1998
*Oki*11	–	–	–	Smith et al. 1998
*Oki*16	+	>450	–	Smith et al. 1998
*Oki*18	+	<100	M	Smith et al. 1998
*Oki*19	+	<100	M	Smith et al. 1998
*Oki*21	–	–	–	Smith et al. 1998
*Oki*23*	+	135–171	P	Gharrett et al. 2007
*Oki*100	+	160–180	P	Gharrett et al. 2007
OMM1037*	+	168–188	P	Rexroad III et al. 2002
OMM1070	+	100–250	P	Rexroad III et al. 2001
*Omy*1011	+	230–300	P	Gharrett et al. 2007
*One*100	+	>200	P	Olsen et al. 2000
*One*102	+	200–300	P	Gharrett et al. 2007
*One*104*	+	117–237	P	Gharrett et al. 2007
*One*106	+	200–300	P	Olsen et al. 2000
*One*110	+	>250	M	Olsen et al. 2000
*One*114	+	>200	P	Gharrett et al. 2007
*One*115	+	>400	P	Olsen et al. 2000
*Ots*1	+	>250	P	Banks et al. 1999
*Ots*2	+	243–257	P	Banks et al. 1999
*Ots*2.1	–	–	–	Gharrett et al. 2007
*Ots*102*	+	155–211	P	Nelson et al. 1999
*Ots*103	+	>200	P	Gharrett et al. 2007
*Ots*211	–	–	–	Greig et al. 2003
*OtsG*85*	+	122–210	P	Williamson et al. 2002
*OtsG*68	–	–	–	Gharrett et al. 2007
*Ssa*419	–	–	–	Gharrett et al. 2007

* — Локусы, выбранные для дальнейшей работы.

Таблица 3. Температуры программ амплификации исследуемых локусов

			Ots 102			
Количество циклов	1		35			1
температура	94 °C	94 °C	58 °C	72 °C	74 °C	4 °C
время	1 мин	1 мин	30 сек	30 сек	4 мин	4 мин
			One 104G			
Количество циклов	1	30	30	30	1	1
температура	94 °C	94 °C	54 °C	72 °C	72 °C	4 °C
время	1 мин	30 сек	30 сек	30 сек	4 мин	4 мин
			Oki 23			
Количество циклов	1	28	28	28	1	1
температура	94 °C	94 °C	50 °C	72 °C	72 °C	4 °C
время	2 мин	1 мин	30 сек	30 сек	4 мин	4 мин
			Oki 10G			
Количество циклов	1	35	35	35	1	1
температура	95 °C	95 °C	60 °C	72 °C	72 °C	4 °C
время	1 мин	30 сек	30 сек	30 сек	4 мин	4 мин
			Omm 1037			
Количество циклов	1	35	35	35	1	1
температура	94 °C	94 °C	60 °C	74 °C	74 °C	4 °C
время	1 мин	20 сек	20 сек	20 сек	2 мин	4 мин
			Otsg 85			
Количество циклов	1	35	35	35	1	1
температура	94 °C	92 °C	60 °C	72 °C	72 °C	4 °C
время	1 мин	20 сек	20 сек	30 сек	2 мин	4 мин

Таблица 4. Список выборок, проанализированных в ходе выполнения работы

№	Место взятия выборки	Дата взятия выборки, год	Число исследованных рыб
1	Оз. Сопочное (руч. Порожистый)	2005	50
2	Оз. Сопочное	2005	50
3	р. Курилка (устье)	2006	50
4	р. Курилка (устье)	2008	50
5	р. Рыбацкая	2006	50
6	р. Рыбацкая	2008	50
7	р. Рейдовка (устье)	2006	50
8	р. Илюшинка	2005	50
9	Оз. Танковое	2006	50
10	Калининский ЛРЗ	2003	50
11	Охотский ЛРЗ	2004	50
12	Адо-Тымовский ЛРЗ	2003	50
13	р. Камчатка	2007	50
14	р. Пенжина	2008	48
15	р. Серноводка	2005	50
16	р. Нарва	1995	50
17	р. Авакумовка	1994	26
18	р. Белая	2009	48
19	р. Марково	2009	30
20	р. Дранка	2008	50
Итого исследованных особей			952

При оценке идентификации рыб с географически удаленных районов (межрегиональная идентификация), были получены следующие результаты: с использованием набора из 10 микросателлитных локусов ошибка идентификации составила 12,7% для острова Сахалин, 18% для Камчатки, и 3,3% для Курильских островов. При использовании набора из 16 микросателлитных локусов ошибка составила 7,33%, 12% и 2,8% соответственно.

Точность внутрирегиональной идентификации при расширении набора маркеров увеличивается как для кеты о. Сахалин, так и для кеты о. Итуруп (рис. 2).

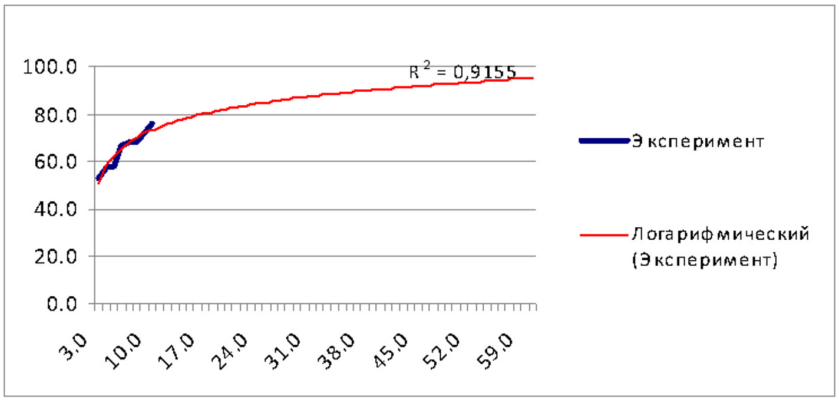


Рис. 1. График увеличения точности идентификации. По оси x — количество используемых локусов. По оси y — точность идентификации в процентах





Рис. 2. Графики изменения точности внутрирегиональной идентификации при увеличении количества локусов с 10 до 16

Из приведенных результатов видно, что при оценке точности идентификации с использованием 10 и 16 микросателлитных локусов, при одинаковом наборе выборок заметна стабильная тенденция к увеличению точности как межрегиональной, так и внутрирегиональной идентификации, с расширением набора микросателлитных маркеров. При расширении набора используемых локусов, следует также обратить внимание на то, как новые полученные данные влияют на общую картину популяционной структуры и учесть это при оценке результатов идентификации.

Заключение

В данной работе продемонстрировано изменение точности идентификации при расширении набора микросателлитных локусов с 10-и до 16-и на примере выборок кеты российского Дальнего Востока. Предположение, высказанное ранее, об увеличении точности идентификации при расширении набора маркеров, подтверждается полученными в ходе работы результатами.

При условии увеличения количества исследованных выборок, в том числе и дублированных за разные года и время нерестового хода, можно достичь высокой точности идентификации особей из группировок, принадлежащих к географически близким популяциям.

В ближайшее время, используя набор из 16 микросателлитных локусов, планируется провести анализ состава траловых уловов открытой части Берингова моря. Это позволит на практике продемонстрировать возможность применения набора микросателлитных маркеров при определении популяционной принадлежности особей кеты в смешанных уловах.

Использование разработанного набора из 16-и микросателлитных маркеров позволит как более полно представить картину популяционной структуры и миграционных процессов, характерных для кеты российского Дальнего Востока, так и рационализировать промысел этого ценного вида рыбы.

Работа частично поддержана грантом Программы Президиума РАН «Живая природа. Подпр-ма Генофонды».

Список литературы

Афанасьев К.И., Рубцова Г.А., Шитова М.В., Малинина Т.В., Животовский Л.А. 2008. Межрегиональная дифференциация кеты Сахалина и Южных Курил по микросателлитным локусам // Генетика. Т. 44, №7.

Афанасьев П.К., Рубцова Г.А., Шитова М.В., Шайхаев Е.Г., Животовский Л.А. 2011. Расширение набора микросателлитных маркеров с целью повышения точности идентификации кеты. (*Oncorhynchus keta* Walbaum) // Генетика. Москва. Т. 47. № 11. С. 1–7.

Животовский Л.А., Афанасьев К.И., Рубцова Г.А. Шитова М.В., Малинина Т.В., Прохоровская В.Д., Салменкова Е.А., Фёдорова Л.К., Борзов С.И., Погодин В.П. 2008. О создании базы ДНК-данных для решения проблем воспроизводства, идентификации и сертификации популяций тихоокеанских лососей на примере кеты о. Итуруп. // Вопр. рыболовства. Т. 9, №1 (33), С. 96–109.

Рубцова Г.И., Афанасьев К.И., Малинина Т.В., Шитова М.В., Ракицкая Т.А., Прохоровская В.Д., Животовский Л.А. 2008. Дифференциация популяций кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) по микросателлитным и аллозимным маркерам: сравнительный анализ. Генетика 44. № 7: 964–971.

Животовский Л.А., Рубцова Г.И., Шитова М.В., Шевляков Е.А., Фёдорова Л.К. и Афанасьев К.И. 2010. База микросателлитных ДНК-данных по кете Дальнего Востока России // Реализация «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей» / Под ред. В.П. Шунтова. Владивосток: ТИНРО-центр. Бюл. № 5. С. 53–63.

Животовский Л.А., Рубцова Г.И., Шитова М.В. Малинина Т.В., Ракицкая Т.А., Прохоровская В.Д., Афанасьев К.И. 2009. Генетические принципы экологической сертификации промысла тихоокеанских лососей // Реализация «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей» Под ред. В.П. Шунтова. Владивосток: ТИНРО-Центр. Бюл. № 4. С. 117–125.

Каев А.М. 2009. Состояние запасов кеты в 2009 г. в основных районах её воспроизводства в Сахалинской области // Реализация «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей» / Под ред. В.П. Шунтова. Владивосток: ТИНРО-Центр. Бюл. № 4.С. 34–38

Макоедов А.Н., Коротаев Ю.А., Антонов Н.П. 2009 г. Азиатская кета. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО.

Ясуюки Миякоши, Хироказу Урабе, Мицухиро Нагата. 2010 г. Текущее состояние диких и искусственных лососей на о. Хоккайдо // Междунар. конф. «Экологическое Взаимодействие искусственно разведенных и диких лососей» 4–7 мая Портланд (Орегон, США), 18 с.

Шитова М.В., Афанасьев К.И., Рубцова Г.А., Малинина Т.В., Сидорова С.В., Животовский Л.А. 2009. Микросателлитная изменчивость заводских популяций кеты (Oncorhynchus keta Walbaum) о. Сахалин. Вопр. рыболовства 10. № 1: 102–115.

Шитова М.В., Г.А.Рубцова, К.И.Афанасьев, Т.В.Малинина, и Л.А.Животовский. Экологическая сертификация морского рыболовства: возможности и перспективы генетических исследований (на примере кеты Сахалинской области). В сб. «Иинновации аграрной науки». Изд. Московской с/х академии им. К.А. Тимирязева, Москва (в печати)

Banks M.A., Blouin M.S., Baldwin B.A.,Rashbrook V.K., Fitzgerald H.A., Blankenship S.M. and Hedgecock D. 1999. Isolation and Inheritance of Novel Microsatellites in Chinook Salmon (*Oncorhynchus tschawytscha*) // The American Genetic Association. V. 90. P. 281–288

Buchholz W.G., Miller S.J., Spearman W.J. 2001. Isolation and characterization of chum salmon microsatellite loci use across species // Animal Genetics, V. 32. P. 160–167

Greig C., Jacobson D.P. and Banks M.A. 2003. New tetranucleotide microsatellites for fine-scale discrimination among endangered chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) // Mol. Ecol., Notes 3 (3). P. 376–379.

Gharrett A.J., Fuller S.A., Riley R.J et al. 2007. Developing DNA markers for the analysis of Bering Sea chum salmon // Arctic Yukon Kuskokwim Sustainable Salmon Initiative Project Final Product.

Nelson R.J., T D Beacham. 1999. Isolation and cross species amplification of microsatellite loci useful for study of Pacific salmon // Animal Genetics, V. 30. P. 225–244.

Olsen J.B., Seeb J.E. 1998. Genetic interpretation of broad-scale microsatellite polymorphism in odd-year pink salmon // Transactions of the American Fisheries Society. V. 127. P. 535–550.

Olsen J.B., Bentzen P., Seeb J.E. 1998. Characterization of seven microsatellite loci derived from pink salmon // Mol. Ecol. V. 7. P. 1083–1090.

Olsen J.B.,Wilson L.S., Kretschmer J.E., Jones C.K., Seeb E.J. 2000. Characterization of 14 tetranucleotide microsatellite loci derived from sockeye salmon // Mol. Ecol. V. 9. P. 2155–2234.

Rexroad III C. E., Coleman R. L., Martin A. M., Hershberger W.K., Killefer J. 2001. Thirty-five polymorphic microsatellite markers for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) // Animal Genetics. V. 32. P. 316–331.

Rexroad III C. E., Coleman R. L., Gustafson A.L., Hershberger W.K. and Killefer J. 2002. Development of Rainbow Trout Microsatellite Markers from Repeat Enriched Libraries // Mar. Bio. V. 3. P. 12–16.

Sanchez J.A., Clabby C., Ramos D., Blanco J., Flavin F., Vazquez E. and Powell R. 1996. Protein and microsatellite single locus variability in Salmo salar L. (Atlantic salmon) // Heredity. V. 77. P. 423–432.

Small M.P., Beacham T.D., Withler R.E., Nelson R.J. 1998. Discriminating coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) populations within Fraser River, British Columbia, using microsatellite DNA markers // Mol. Ecol. V.7. № 2. P. 141–155.

Smith C.T., Koop B.F., Nelson R.J. 1998. Isolation and characterization of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) microsatellites and their use in other salmonids // Mol. Ecol. V. 7. P. 1613–1621.

Williamson K.S., Cordes J.F. and Bernie May. 2002. Characterization of microsatellite loci in Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and cross-species amplification in other salmonids // Mol. Ecol. V. 2. P. 17–19.

УДК 597.553.2:575.2

МОНИТОРИНГ ГЕНЕТИЧЕСКИХ И ФЕНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕВЕРООХОТОМОРСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* (WALBAUM)

Агапова Г. А., Бачевская Л. Т.

Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан
Контактный e-mail: agapova@ibpn.ru

Введение

В реках северного побережья Охотского моря размножаются пять проходных видов тихоокеанских лососей рода Oncorhynchus, среди которых кета занимает одно из доминирующих мест. Ей, как и другим видам рода, присущи колебания численности. В течение двадцатого века для североохотоморской кеты были отмечены два долгопериодных пика численности с интервалом около 60 лет. Характерны для нее и более короткие периоды изменчивости промысловых запасов (Волобуев, Голованов, 2001). Динамика подходов и флюктуации численности этого вида могут быть обусловлены рядом факторов, среди которых можно выделить резкие изменения экологических условий, искусственное воспроизводство, пресс промысла и браконьерского изъятия. Последний, по данным С.Л. Марченко (2009), составляет не менее 50% от официального вылова. Для поддержания запасов североохотоморской кеты в 90-х годах прошлого столетия были введены в действие лососевые рыбоводные заводы (ЛРЗ), расположенные на реках Ола, Армань, Яна и Тауй (Тауйская губа Охотского моря). Для обеспечения полной мощности ЛРЗ на инкубацию закладывается икра, полученная от производителей «родного» водоема и из рек-доноров.

При этом искусственное воспроизводство сочетается с естественным, когда на нерест пропускается необходимое для размножения количество производителей. Таким образом, популяции кеты рек Тауйской губы представляют собой смешанные стада по типу воспроизводства и по генетическому составу. В таких популяциях наиболее часто происходит утрата внутрипопуляционного разнообразия, в то время как именно генетическое разнообразие определяет возможности микроэволюционных процессов, с которыми связана адаптация к меняющимся условиям среды обитания.

Генетические и фенетические исследования нерестовых популяций кеты указанного региона, были начаты в период, когда они воспроизводились исключительно естественным путем и продолжены на смешанных популяциях, включающих рыб искусственного и естественного воспроизводства. Накоплен многолетний материал, характеризующий их внутрипопуляционную структуру (Викторовский и др., 1986; Бачевская, 1992; 2003; Макоедов, Бачевская, 1992; Макоедов и др., 1994; Макоедов, 1999; Велижанин, Пустовойт, 2002; Агапова и др., 2002; 2010; Волобуев и др., 2005; Бачевская и др., 2007; Салменкова и др., 2007; Бачевская, Агапова, 2009; 2010).

В этот период наблюдалась динамика численности подходов кеты в указанные реки Тауйской губы. Заметный подъем уровня запасов североохотоморской кеты начался с 80-х годов прошлого века. После урожайного 1995 г. прогнозировалось дальнейшее увеличение ее подходов на нерест. Однако, наметившаяся тенденция к росту численности в 1995–2000 гг. была сведена до минимума (Волобуев, Голованов, 2001). Несмотря на увеличение интенсивности деятельности ЛРЗ в этот период запасы кеты североохотоморского побережья не увеличивались и находились в депрессивном состоянии до 2003 г. С 2004 г. по 2009 г. наблюдался рост ее численности и выход на среднемноголетний уровень (Марченко, 2009). Генетический и фенетический мониторинг популяций рек Тауйской губы не прекращался в период указанных демографических событий.

Полученные результаты и их анализ позволяют дать ответ на вопрос о том, насколько отличаются показатели внутрипопуляционного генетического и фенетического разнообразия до и после воздействия искусственного воспроизводства и какова динамика этих показателей в различные периоды численности исследованных популяций. Общеизвестно, что отклонение от исторически сложившегося оптимального для каждой популяции уровня генного разнообразия в сторону уменьшения или увеличения оказываются неблагоприятными для ее нормального функционирования (Алтухов, 1994). В связи с этим, целью настоящей работы стало обобщение многолетних материалов и оценка состояния генетического и фенетического разнообразия североохотоморских популяций кеты, испытывающих влияние искусственного воспроизводства, в различные периоды их численности.

Материал и методика

Популяционно-генетические и фенетические исследования североохотоморской кеты рек Ола, Армань, Яна, Тауй проводились в период с 1981 по 2010 гг. В предлагаемой публикации приведены среднемноголетние значения генетического и фенетического разнообразия, рассчитанные по совокупности анализируемых локусов и фенов (табл.). Для вычисления этих показателей использованы собственные ранее опубликованные данные по распределению частот генов и фенов, полученные в указанный период (Бачевская, 1992; 2003; Макоедов и др., 1994; Бачевская, Пустовойт, 1996; Агапова и др., 2002; 2010; Бачевская, Велижанин, 2003; Бачевская и др., 2007; Бачевская, Агапова, 2009; 2010).

С помощью электрофореза в полиакриламидном геле было исследовано 10 ферментных систем (12 локусов): малатдегидрогеназа (дуплицированные изолокусы MDH-B1,2*), аспартатаминотрансфераза (дуплицированные изолокусы s-AAT-1,2*), 6-фосфоглюконатдегидрогеназа (локус PGDH*), лактатдегидрогеназа (локус LDH-A1*), малик-энзим (локус MEP-2*), эстераза Д (локус ESTD*), супероксиддисмутаза (локус SOD-1*), PGM* (локус фосфоглюкомутаза), G3PDH-1* (локус глицерол-3-фосфатдегидрогеназа), изоцитратдегидрогеназа (локус m-IDHP-1*). Окраску ферментов в полиакриламидных блоках проводили по методикам Г.П. Манченко (Manchenko,1994).

В популяционно-фенетических исследованиях учитывали дискретные варианты пятнистости на верхней части головы и на плавниках рыб. На выделенных участках: рыло (ПГ), межглазничный (МГ) и заглазничный отделы головы (ЗГ), спинной плавник (СП), жировой плавник (ЖП), верхняя (ВЛ) и нижняя (НЛ) лопасти хвостового плавника определяли наличие (фен «пятна есть») или отсутствие (фен «пятен нет») четко различимых черных пятен. Основным считали фен «пятна есть» (Макоедов, Овчинников, 1992). Внутрипопуляционное разнообразие оценивалось с использованием μ-критерия.

Результаты и обсуждение

Р. Ола. Многолетние наблюдения свидетельствует о значительных колебаниях запасов кеты р. Ола (Волобуев, Голованов, 2001). Для поддержания численности ольской популяции в 1983 г. введена в действие Ольская ЭПАБ. Для инкубации закладывалась икра, полученная от производителей из р. Ола, а также из рек-доноров — Тауй, Туманы и Яма. Начиная с 1990 г. для рыбоводных целей использовали икру только от ольских и ямских производителей (Хованский, 2004). Таким образом, до предполагаемого момента первого возврата (1987 г.) ольская кета имела естественный тип размножения. В настоящий момент она представляет собой смешанное стадо, как по типу воспроизводства, так и по генетическому составу.

Фенетическое разнообразие. В результате мониторинга фенетических характеристик кеты р. Ола обнаружены различия между выборками разных лет, а также между производителями разных сроков анадромной миграции (Агапова и др., 2002; Бачевская и др., 2010). Один из параметров, по которым оценивалось состояние ольской популяции — фенетическое разнообразие. У кеты р. Ола в период с 2000 по 2010 гг. наиболее высокие значения μ-критерия были по фену «пятна есть», локализованному на ЖП, а самые низкие — на НЛ. Аналогичные данные получены для ольской кеты, исследованной в 1994–1997 гг. (Велижанин, Пустовойт, 2002).

Выборки мигрирующих производителей ольской кеты из исследованных генераций отличались по фену пятнистости разных зон. Так, например, в 2008 г. различия по значениям показателя разнообразия проявились между выборками по фену «пятна есть» на СП и ВЛ ($0,05>p>0,01$) (Бачевская и др., 2010), в 2009 г. — на ПГ и СП ($0,05>p>0,01$), а в 2010 г. — только на СП ($p<0,05$). При этом по средним для семи зон значениям μ-критерия в 2009 и 2010 гг. ольская кета не различалась. Различия между генерациями чаще всего проявлялись по фену пятнистости, локализованному на хвостовом плавнике, крайне редко — на ЖП. Для кеты р. Ола самое низкое значение фенетического разнообразия (по совокупности фенов на семи зонах) отмечено у производителей, зашедших на нерест в 2000 г., а максимальное — в 2009 г. (табл.). Между генерациями 2000, 2003, 2004 и 2008–2010 гг. различий не обнаружено, остальные — достоверно отличались друг от друга ($0,05 > p > 0,01$). Значения показателя разнообразия в 2000, 2003 и 2004 гг. были ниже, а в 2008, 2009 и 2010 гг. — выше среднемноголетнего уровня ($p < 0, 001$). В ольской популяции с 2000 г. по 2009 г. наблюдался рост значений показателя фенетического разнообразия. В этот период отмечено снижение численности ольской популяции до

Таблица. Средние значения показателей генетического и фенетического разнообразия (μ) в популяциях североохотоморской кеты

Река, год	Генетическое разнообразие			Год	Фенетическое разнообразие		
	Объем выборки	μ	S_μ		Объем выборки	μ	S_μ
Р. Ола, 1981	95	1,577	0,038	–	–	–	–
1982	80	1,429	0,036	–	–	–	–
1983	80	1,514	0,040	–	–	–	–
1991	287	1,485	0,018	–	–	–	–
1992	100	1,398	0,029	–	–	–	–
1993	250	1,454	0,018	–	–	–	–
1994	287	1,450	0,018	1994	215	1,902	0,010
1995	210	1,479	0,021	1995	360	1,730	0,013
1996	166	1,616	0,022	1996	204	1,718	0,017
1997	84	1,555	0,032	1997	83	1,796	0,024
1998	106	1,623	0,028	–	–	–	–
1999	96	1,654	0,028	–	–	–	–
2000	408	1,608	0,018	2000	100	1,685	0,026
2002	99	1,576	0,038	–	–	–	–
2003	190	1,617	0,021	2003	78	1,711	0,029
2004	50	1,632	0,044	2004	50	1,734	0,035
2006	94	1,501	0,044	2006	92	1,833	0,021
2008	451	1,574	0,017	2008	290	1,893	0,010
2009	300	1,608	0,020	2009	350	1,925	0,008
2010	171	1,655	0,022	2010	191	1,900	0,012
Р. Армань	–	–	–	1992	262	1,844	0,013
1993	50	1,514	0,048	1993	311	1,898	0,010
–	–	–	–	1994	199	1,893	0,012
–	–	–	–	1995	64	1,932	0,019
1996	119	1, 607	0,028	1996	131	1,843	0,019
2004	60	1,491	0,035	–	–	–	–
2007	100	1,542	0,027	–	–	–	–
2009	100	1,593	0,026	2009	91	1,867	0,019
2010	98	1, 571	0,038	2010	55	1,836	0,027
Р. Яна, 1994	75	1,506	0,044	1994	65	1,784	0,027
1995	96	1,560	0,038	1995	300	1,696	0,014
–	–	–	–	1996	56	1,802	0,029
2000	197	1,608	0,024	–	–	–	–
2002	138	1,621	0,033	–	–	–	–
2003	80	1,506	0,038	2003	89	1,830	0,022
2004	296	1,538	0021	2004	145	1,810	0,017
2005	678	1,572	0,012	2005	602	1,729	0,009
2006	594	1,544	0,013	–	–	–	–
2007	600	1,592	0,013	2007	331	1,562	0,010
2008	98	1,584	0,037	2008	111	1,769	0,022
2009	293	1,565	0,017	2009	493	1,828	0,008
2010	96	1,574	0,037	–	–	–	–
Р. Тауй, 1981	122	1,606	0,030	–	–	–	–
1982	249	1,603	0,021	–	–	–	–
1984	94	1,554	0,036	–	–	–	–
1985	300	1,510	0,020	–	–	–	–
1994	229	1,509	0,023	1994	102	1,796	0,022
1995	184	1,577	0,025	1995	287	1,798	0,013
1996	200	1,548	0,031	1996	198	1,759	0,016
1997	74	1,590	0039	1997	96	1,908	0,016
1999	595	1,629	0,012	–	–	–	–
2000	400	1,606	0,018	2000	400	1,826	0,010
2001	549	1,586	0,011	–	–	–	–
2002	630	1,540	0,031	2002	78	1,870	0,021

Продолжение таблицы

Река, год	Генетическое разнообразие			Год	Фенетическое разнообразие		
	Объем выборки	μ	$S_μ$		Объем выборки	μ	$S_μ$
Р. Тауй, 2003	267	1,575	0,019	2003	197	1,708	0,018
2004	340	1,521	0,017	2004	300	1,925	0,008
2005	100	1,577	0,027	–	–	–	–
2006	100	1,636	0,024	–	–	–	–
2010	200	1,577	0,021	2010	165	1,807	0,017
р. Яма, 1981	78	1,625	0,038	–	–	–	–
1982	192	1,587	0,018	–	–	–	–
1983	208	1,460	0,019	–	–	–	–
1984	354	1,530	0,014	–	–	–	–
1985	350	1,520	0,014	–	–	–	–
1986	698	1,537	0,010	–	–	–	–
1987	388	1,563	0,013	–	–	–	–
1988	100	1,565	0,026	–	–	–	–
1991	300	1,551	0,015	–	–	–	–
2006	144	1,511	0,018	–	–	–	–
2007	100	1,550	0,026	–	–	–	–

Примечание. Достоверность различий показателей генетического и фенетического разнообразия определяли с помощью t-критерия Стьюдента (Животовский, 1991).

минимальных значений в 2003 г., которое сменилось ее увеличением в 2004–2008 гг. и выходом на среднемноголетние показатели.

Генетическое разнообразие. Результаты генетического мониторинга аналогичны полученным с помощью фенетических исследований, т. е. были обнаружены различия между выборками ольской кеты из разных генераций, а также между производителями во время анадромной миграции. Внутрипопуляционная гетерогенность чаще всего проявлялась по четырем полиморфным локусам: LDH-A1*, ESTD*, m-MEP-2*, s-AAT-1,2* (Бачевская, Агапова, 2010). В период проводимых работ исследовали не одинаковое количество локусов (от 8 до 12). Для корректности сравнительного анализа при расчете средних значений показателя генетического разнообразия использованы данные по пяти полиморфным маркерам, которые представлены на всех этапах изучения популяционной структуры кеты р. Ола. Как видно из таблицы, самое низкое значение генетического разнообразия отмечено у кеты естественного воспроизводства в 1982 г. Производители нативных генераций 1981–1983 гг. были неоднородны. По средним значениям μ-критерия отмечены различия между выборками кеты 1981 и 1982 гг. При этом последняя отличалась от целого ряда исследованных ($0,05 > p > 0,01$), за исключением выборок 1983, 1991,1993–1995, 2006 гг. Несмотря на интенсивную перевозку икры в 1984–1990 гг., полученной от производителей кеты из рек Яма и Тауй, характеризующихся более высоким генетическим разнообразием (Бачевская, Пустовойт, 1996), в ольской популяции не обнаружено повышения уровня этого показателя. Более того, было зафиксировано некоторое снижение средней величины μ-критерия в 1991–1995 гг. относительно среднемноголетних значений, наблюдаемых в нативной ольской популяции (μ=1,450; Sμ=0,008 и, соответственно, μ=1,510; Sμ=0,016). Отмеченный факт показывает, что вклад тауйской и ямской кеты незначителен и не соответствует масштабам осуществляемых перевозок оплодотворенной икры. Он подтверждает сделанные выводы о низкой эффективности рыбоводных процессов, осуществляемых на Ольской ЭПАБ (Макоедов и др., 1994; Бачевская, Пустовойт, 1996; Салменкова и др., 2007). Все эти события происходили в период естественного роста численности нерестовых подходов ольской кеты, для которой 1995 г. был наиболее урожайным. На фоне активного роста численности стада примесь производителей искусственного воспроизводства оказалась мало заметной. Возможно, в годы низкой численности их присутствие было бы более ярко выражено. Кета, зашедшая на нерест в 1991-1995 гг., представляла собой смешанное (по типу воспроизводства и по генетическому составу) нерестовое стадо, характеризующееся самым низким уровнем генетического разнообразия. Она отличалась от большинства исследованных выборок ($0,05 > p > 0,01$). Исключение составила ольская кета 1982, 1983 и 2006 гг. Не отличались также между собой выборки 1995 и 1997 гг. Ранее показано, что с 1996 г. начался возврат производителей, полученных только из икры кеты «родной» реки и из р. Яма (Бачевская и др., 2001). Кета последующего периода возврата характеризовалась ростом показателей генетического разнооб-

разия, которое достигло максимальных значений в 2010 г. (табл.). В этот время зафиксирована динамика подходов от минимального в 2000 г. с выходом на среднемноголетние показатели в 2004–2008 гг. (Марченко, 2009) и снижением численности к настоящему времени. Несмотря на отмеченную динамику численности ольской кеты, наблюдалась относительная стабильность высоких значений показателей генетического разнообразия. Его снижение было значимым только в 2006 г. ($p<0,01$). Тем не менее, следует обратить внимание на показатели генетического разнообразия обсуждаемого периода (1996–2010 гг.). Они достигли высокого уровня и статистически достоверно отличаются ($p<0,01$) от наблюдаемых в годы естественного размножения ольской кеты. Можно предположить, что это обусловлено воздействием искусственного воспроизводства, когда используется лишь небольшая часть генофондов популяций-доноров. Нельзя также исключить, что это может быть связано с постоянно уменьшающимся размером репродуктивного стада, на структуру которого серьезное влияние оказывает селективный промысел и браконьерский вылов, при котором из нерестового стада изымается большая часть крупных самцов и самок, а репродуктивный успех имеют мелкие (гетерозиготные) самцы.

Р. Армань. Начиная с 1986 г. популяция кеты р. Армань находится под воздействием рыбоводных мероприятий. Первые предполагаемые возвраты рыб искусственного воспроизводства планировались с 1988–1989 гг. Эта популяция, как и ольская, относится к числу смешанных по типу воспроизводства и генетическому составу. Для инкубации на Арманском ЛРЗ осуществляется перевозка искусственно оплодотворенной икры из различных рек-доноров. Значительное ее количество получают от производителей из относительно удаленного водоема — р. Яма. В отдельные годы доля завезенной икры достигает 100%. По подходам производителей на нерест р. Армань является одной из самых неблагополучных североохотоморских популяций кеты. Например, по сравнению с кетой р. Ола ее численность в пять раз меньше (Сафроненков, 2006). Показатели стабильности развития популяции кеты р. Армань, косвенно оцениваемые по уровню флуктуирующей асимметрии, в многолетнем аспекте неустойчивы (Бойко, Рябуха, 2004).

Фенетическое разнообразие. Среди рассматриваемых популяций кета р. Армань наименее изучена с помощью методов биохимической генетики и фенетики. Результаты фенетических исследований арманской кеты, проводимые в 1992–2010 гг., показали ее неоднородность. На основе анализа данных, полученных по фенетическим маркерам, дана оценка разнообразия арманской популяции. Его наиболее высокие значения отмечены по фену «пятна есть», локализованному на СП, а самые низкие — на ПГ (Агапова и др., 2010). В популяции кеты р. Армань, так же, как в других исследованных, в период анадромной миграции выборки различались по значениям показателя разнообразия. В качестве дифференцирующих в каждой генерации выступали фены, локализованные на разных участках тела рыб (кроме СП), но чаще всего отличия наблюдались по фену «пятна есть» на хвостовом плавнике ($0,05>p>0,01$). На примере сравнения выборок кеты, взятых для анализа во время нерестового хода в 1992 и 1993 гг., было показано, насколько радикально может меняться характер фенетических отличий между ними в разные годы (Агапова и др., 2010). Кета, зашедшая на нерест в 1993 г., была более неоднородной, по сравнению с выборками 1992 г. Ранее у ямской кеты неоднократно отмечались отличия между мигрирующими производителями по фену «пятна есть» на жировом плавнике. По данному маркеру в 1993 г. обнаружены различия и у кеты р. Армань. Возможно, определяющую роль в этом сыграло искусственное воспроизводство, так как в период 1988–1996 гг. происходили весьма интенсивные перевозки икры из популяции кеты р. Яма. Наибольший уровень неоднородности арманской кеты проявлялся между выборками, собранными в период нарастания численности заходящих на нерест производителей, что также наблюдалось и в ямской популяции (Макоедов, Бачевская, 1992; Макоедов и др., 1994).

Межгодовые отличия кеты р. Армань, так же как и внутригодовые, чаще всего отмечались по фену «пятна есть» на хвостовом плавнике. При этом по фену пятнистости, локализованному на ПГ, производители были мономорфны. Анализ значений показателя фенетического разнообразия арманской кеты, рассчитанных для разных генераций (табл.), показал их межгодовую динамику. В 1995 г. значение μ-критерия было максимальным за период наблюдений. Производители, пойманные в этот год, отличались от рыб, зашедших на нерест в 1992 ($t=3,826$, $p<0,01$), 1996 ($t=3,309$, $p<0,01$), 2009 ($t=2,407$, $p<0,05$) и 2010 гг. ($t=2,909$, $p<0,01$). В указанные годы уровень разнообразия кеты был не высок и выборки из этих генераций не различались. Между парами выборок, взятых на анализ в1992–1993, 1992–1994, 1993–1996, 1993–2010 и 1994–2010 гг. отличия достигли достоверного уровня ($0,05>p>0,01$). Отметим,

что каждое поколение кеты характеризовалось своеобразием в распределении частот фенов. Указанные особенности могут определяться разными факторами, но нельзя исключать, что они были вызваны возвратом рыб, появившихся из икры производителей донорских популяций. Важно отметить, что в этот период естественное воспроизводство характеризовалось низким и нестабильным уровнем (Рогатных и др., 1994). Численность арманской кеты в 1988 г. (условно будем ее считать родительским поколением) находилась в состоянии депрессии. В этот период интенсивно осуществлялись перевозки икры из донорской популяции р. Яма, фенетическое разнообразие которой было весьма высоким (Макоедов, Бачевская, 1992). Можно было бы ожидать повышения значений указанного параметра в дочернем поколении арманской кеты 1992 г. и далее в 1996 г. Однако, этого не произошло. Более того, средние значения μ в этих генерациях оказались самыми низкими за период исследований, что может косвенно свидетельствовать о малом проценте возврата выпускаемой молоди с Арманского ЛРЗ. Несмотря на отмеченную динамику средних значений показателя фенетического разнообразия в популяции кеты р. Армань, лишь в 1993 и 1995 гг. эти параметры оказались выше среднемноголетней величины ($t=2,049$, $p<0,05$; $t=2,921$, $p<0,01$, соответственно), а в остальные годы были с ней сопоставимы.

Генетическое разнообразие. Внутрипопуляционная гетерогенность кеты р. Армань, чаще всего проявлялась по двум полиморфным локусам: ESTD* и m-MEP-2*. Кроме того, в 1993 г. она обнаружена по LDH-A1*. В этот год у арманской кеты по указанному локусу было самое высокое значение показателя генетического разнообразия ($\mu=1,708$; $S\mu=0,099$). Между выборкой производителей 1993 г. и всеми остальными зарегистрированы отличия ($0,05>p>0,01$). Кета, пришедшая на нерест в 2004 г., отличалась от выборок из других генераций (за исключением 2007 г.) значениями показателя μ, рассчитанными для m-MEP-2* ($p<0,05$). Кроме того, производители этого года отличались от подавляющего большинства выборок по ESTD*. По этому маркеру арманская кета в 2004 г. характеризовались самым низким (за весь период изучения) показателем генетического разнообразия ($\mu=1,357$; $S\mu=0,100$). На основании анализа полученных данных проведена оценка средних значений разнообразия (табл.). Как видно из таблицы, у кеты р. Армань в 2004 г. по совокупности маркеров отмечено наиболее низкое значение μ-критерия. Несмотря на некоторую межгодовую динамику значений этого показателя, достоверные различия выявлены только между парами выборок 2004–1996 и 2004–2010 гг. ($t=2,697$; $t=2,318$, $p<0,05$, соответственно). К сожалению, мы не располагаем данными о генетическом разнообразии арманской кеты в период ее естественного размножения и не можем сопоставить их с современными результатами. Тем не менее, сравнение среднемноголетних показателей генетического разнообразия кеты р. Армань ($\mu=1,535$; $S\mu=0,013$) и ее основного донора - ямской кеты ($\mu=1,545$; $S\mu=0,011$) показало отсутствие различий между ними. Возможно, обнаруженное сходство обусловлено интенсивной перевозкой икры из р. Яма. Некоторым подтверждением этому предположению могут служить данные, полученные при исследовании мтДНК кеты из указанных популяций. Молекулярно-генетический анализ ямской и арманской кеты показал наличие шести общих гаплотипов из восьми, выделенных в данных популяциях. В то же время отмечено, что уровень генетического сходства кеты рр. Армань и Яма, Ола, Яна меньше, чем обнаруженный между тремя последними (Бачевская, Переверзева, 2010).

Р. Яна. Янский ЛРЗ начал выпуск молоди кеты в 1995 г. Для рыбоводных целей, в основном, использовалась икра, полученная от производителей, зашедших на нерест в р. Яна. Кроме того на инкубацию закладывалась икра от кеты из р. Тауй. До 1998 г. янская популяция кеты была природной с естественным типом воспроизводства. В 1999 и 2001 гг. основную часть нерестовых подходов кеты в р. Яна составляли рыбы естественного происхождения, и лишь небольшая их часть была представлена потомками, полученными в 1995–1996 гг. из икры производителей кеты р. Тауй. В дальнейшем янская популяция считается смешанной только по типу воспроизводства, так как для рыбоводных целей использовали икру от производителей «родной» реки (Хованский, 2004). Для янской кеты отмечены одинаковые (с другими североохотоморскими популяциями) периоды снижения или роста численности. При этом следует подчеркнуть, что данная популяция более стабильная по нерестовым подходам, чем, например, арманская. Динамика ее численности, в большей степени, отражает состояние естественного, а не искусственного воспроизводства (Сафроненков, 2006).

Фенетическое разнообразие. Фенетические исследования популяции кеты р. Яна проводились в период с 1994 по 2009 гг. На протяжении этого времени осуществлялся мониторинг ее фенетического разнообразия. Наиболее высокими его значения были для фена «пятна есть» на ЗГ, СП и ЖП, а минимальными — на хвостовом плавнике.

В янской популяции, так же как и в других североохотоморских, обнаружены отличия между выборками разного времени нерестового хода (Бачевская и др., 2007; Бачевская, Агапова, 2009). Фен «пятна есть», определяющий такие различия, в отдельных генерациях мог быть локализован на разных участках тела рыб (за исключением ПГ), но чаще всего на хвостовом плавнике. Кроме того, в 2007 г. зашедшие на нерест производители различались по фену пятнистости на МГ ($p<0,001$), а в 2009 г. — на МГ и ЗГ ($0,05>p>0,001$). Следует отметить, что концу хода фенетическое разнообразие рыб возрастало, но четкой дифференциации выборок, характеризующих начало и конец хода, по исследованным маркерам не наблюдалось.

Различия между отдельными генерациями янской популяции кеты отмечались как по фену «пятна есть» на отдельных участках тела рыб (чаще всего на СП), так и по средним для семи зон значениям. Лишь между выборками производителей, зашедших на нерест в 1994 и 2004 гг., различий не обнаружено. Анализ средних значений фенетического разнообразия кеты р. Яна показал его межгодовую динамику, которая проявлялась как в годы естественного размножения, так и в период смешанного типа воспроизводства. Например, разнообразие янских производителей в 1994 и 1996 гг. не отличалось, а в 1995 г. — было ниже среднемноголетнего уровня ($t=4,067$, $p<0,001$). Начиная с 2003 г. средние значения μ-критерия либо возрастали (2003, 2004, 2009 гг.; $0,01>p>0,001$), либо снижались (2005, 2007 гг.; $0,05>p>0,001$) относительно средней величины. Сопоставимо с ней оказалось лишь разнообразие кеты, зашедшей на нерест в 2008 г.

Генетическое разнообразие. Кета р. Яна представлена выборками периодов естественного и смешанного воспроизводства (табл.). Как и в других исследованных локальностях в популяции кеты р. Яна отмечена внутригодовая генетическая гетерогенность. Анализ внутрипопуляционной неоднородности показал следующее. Гетерогенность, по исследованным биохимическим маркерам, не имела четко выраженной связи со сроками нерестовой миграции производителей янской кеты. Значения генетического разнообразия по большинству исследованных маркеров варьировали, но чаще всего динамика наблюдалась по трем локусам: s-AAT-1,2*, m-MEP-2* , ESTD*.

Например, в 2005 г. отличия между выборками были отмечены по локусу m-MEP-2*, а в 2006 г. — по ESTD* ($p<0,05$). Гетерогенность янской кеты наблюдалась также и в другие годы. Многие исследованные генерации представлены большим количеством выборок, которые отражают весь период нерестового хода. Несмотря на это, внутригодовые отличия средних значений генетического разнообразия (по совокупности локусов) обнаружены только в 2007 г. (Бачевская и др., 2007; Бачевская, Агапова, 2010). Для кеты данной популяции отмечена межгодовая динамика показателя генетического разнообразия. Она проявлялась не только по отдельным маркерам, но и по их совокупности. Например, выборка кеты 1994 г., характеризующая янских производителей в период их естественного воспроизводства, отличалась от выборки 2002 г. средними значениями μ-критерия, рассчитанными для пяти полиморфных локусов ($t=2,17$, $p<0,05$). Отличия наблюдались также между выборками одного срока нерестового хода в 2004 и 2007 гг. ($t=2,17$, $p<0,05$). Подобных примеров можно привести достаточно много. Напротив, по средним за год значениям μ-критерия (табл.) производители янской популяции отличались редко. Выборки 1994 и 2003 гг. были сходны по генетическим маркерам, но при этом каждая из них достоверно отличалась от рыб из выборок 2000 и 2002 гг. ($t=2,05$, $p<0,05$; $t=2,09$, $p<0,05$). Сравнительный анализ среднемноголетних показателей генетического разнообразия производителей до рыбоводных процессов и в период его воздействия показал отсутствие статистически значимых различий. По-видимому, непродолжительные перевозки икры тауйской кеты на Янский ЛРЗ не оказали значительного влияния на генетическую структуру янской популяции. Тем не менее, было отмечено некоторое смещение значений в сторону его увеличения ($\mu=1,533$; $S\mu=0,012$ и, соответственно, $\mu=1,570$; $S\mu=0,008$). Несмотря на относительную стабильность нерестовых подходов кеты в р. Яна обращают на себя внимание результаты молекулярно-генетических исследований. Тест Таджимы (Tajima,1989) на селективную нейтральность показал отклонение от нейтрального равновесия в этой популяции (Бачевская, Переверзева, 2010). Подобное проявление может быть обусловлено демографическими перестройками в популяции кеты р. Яна.

Р. Тауй. В 1996 г. был введен в действие Тауйский ЛРЗ. Первый выпуск заводской молоди кеты в р. Тауй был осуществлен в 1997 г., т. е. возврат рыб искусственного воспроизводства можно было ожидать в 2000–2001 гг. С этого периода популяция кеты р. Тауй является смешанной по типу воспроизводства. Среднемноголетний объем выпускаемой Тауйским ЛРЗ молоди кеты значительно

ниже, чем Ольской ЭПАБ и Арманским ЛРЗ. Предполагается, что искусственное разведение не оказывает существенного влияния на воспроизводство лососей в этой реке (Хованский, 2004).

Фенетическое разнообразие. Мониторинговые исследования фенетических характеристик популяции кеты р. Тауй проводились с 1994 по 2010 гг. и охватывали два периода: до и после начала рыбоводной деятельности. Самые высокие значения показателя разнообразия зафиксированы для фена пятнистости, локализованного на СП и ЖП, наиболее низкие — на хвостовом плавнике кеты. В процессе исследования тауйской кеты было отмечено, что для этой популяции так же как и для ряда других характерна генетическая и фенетическая неоднородность, которая наблюдается в период нерестовой миграции. Отличия чаще всего отмечались по фену «пятна есть» на ВЛ ($0,05 > p > 0,01$) и проявлялись как между производителями начала и конца анадромной миграции, так и между выборками кеты, относящимися к одному ее периоду. Крайне редко тауйская кета разного времени нерестового хода различалась по фену пятнистости на ЗГ. Наибольший вклад в межгодовые различия тауйской кеты вносил фен «пятна есть» на (ВЛ) и (НЛ). Реже всего кета различалась по фену пятнистости на ЖП. При этом отдельные генерации тауйской кеты отличались по фену «пятна есть», локализованному на разных участках тела рыб. Например, кета 1995–2010 гг. достоверно отличались по фену пятнистости на МГ, ЗГ, СП, ВЛ и НЛ ($t=2,194–7,625$; $0,05>p>0,001$), 2002–2010 гг. — на СП ($t=4,31$, $p<0,001$) и ЖП ($t=2,636$, $p<0,01$). Отметим, что производители, зашедшие на нерест в р. Тауй в 1997 г., отличались от рыб из всех других генераций значениями показателя μ, рассчитанным для всех семи зон локализации пятен ($0,05>p>0,001$). Лишь две пары генераций не различались по исследованным маркерам: 1994–1995 и 2000–2002 гг. Анализ средних значений показателя фенетического разнообразия кеты р. Тауй показал их динамичность. Так, в 1994, 1995, 2000 и 2010 гг. значения μ-критерия были на уровне среднемноголетнего показателя, в 1997 ($t=5,059$, $p<0,001$), 2002 ($t=2,181$, $p<0,05$) и 2004 ($t=10,098$, $p<0,001$) гг. — выше, а в 1996 ($t=3,706$, $p<0,01$) и 2003 ($t=6$, $p<0,001$) гг. — ниже среднего. В 2003 г. разнообразие тауйской кеты было самым низким за период исследований, а в 2004 г. — наиболее высоким (табл.).

Генетическое разнообразие. В процессе исследований было показано, что популяционно-генетическая структура кеты р. Тауй определяется наличием двух сезонных рас — ранней и поздней. Ранняя кета, представленная выборками одного года, однородна. Поздняя кета, напротив, обнаруживает генетическую гетерогенность (Бачевская, Велижанин, 2003; Волобуев и др., 2005). Кроме того, обнаружены межгодовые различия по значениям μ-критерия, рассчитанным для каждого из исследованных маркеров, а также по средним (для пяти полиморфных локусов). Например, производители, зашедшие на нерест в р. Тауй в 1997 и 2002 гг., отличались от особей, выловленных в 2006 г. по LDHA-1* ($t=2,00$, $t=2,804$; $p<0,05$). По локусу m-MEP-1,2* отмечены статистически достоверные отличия тауйской кеты из нерестовых подходов 1994–1997 и 1997–2004 гг. ($t=2,906$, $t=2,908$; $p<0,05$). Межгодовые различия обнаружены также по локусу ESTD*. Тауйская кета 1994 г. характеризовалась наименьшими за весь период исследований средними значениями генетического разнообразия (табл.). Она отличалась от большинства выборок естественного (1995, 1997, 1999 гг.) и смешанного типа воспроизводства (2000, 2006, 2010 гг.) ($t=2,03–3,91$, $p<0,05$). В период, когда тауйская популяция была нативной, отмечалась динамика ее численности. Так в 1981–1982 гг. ее запасы (за десятилетний период) достигли своего максимального уровня, который был сведен к минимуму в 1986 г. (Сафроненков, 2006). В это время наблюдалась флюктуация значений μ-критерия (табл.). По этому показателю кета из нерестовых скоплений 1981 и 1982 гг. отличались от целого ряда выборок, относящихся к периоду естественного воспроизводства ($0,05>p>0,01$). При этом наиболее высокий уровень генетического разнообразия по исследованным маркерам отмечен в годы высокой численности. Динамика нерестовых подходов тауйской кеты отмечалась и в период, когда данную популяцию уже относили к смешанным (по типу воспроизводства). Отмечено, что в годы низкой численности (2000–2003 гг.) и в годы выхода на среднемноголетних уровень (2004–2008 гг.), значения показателя разнообразия практически не различались, за исключением 2004 г. В этом году производители кеты имели самый низкий показатель μ-критерия среди смешанных генераций. Для искусственного воспроизводства на Тауйский ЛРЗ закладывалась икра, полученная от производителей р. Челомджа (приток р. Тауй), которая характеризуется наиболее высоким уровнем генетического разнообразия (Бачевская, Велижанин, 2003). При достаточно высокой эффективности возврата следовало ожидать увеличения генетического разнообразия тауйской кеты. При сопоставлении рассчитанных нами среднемноголетних показателей генетического разнообразия тауйской кеты до искусственного воспроизводства ($\mu=1,569$; $S\mu=0,009$) и в период его воздействия ($\mu=1,577$; $S\mu=0,007$)

отмечено лишь некоторое его возрастание. Полученные результаты могут свидетельствовать о незначительных возвратах производителей кеты искусственного воспроизводства в р. Тауй.

Во всех исследованных популяциях, за исключением арманской, прослеживается тенденция к повышению среднемноголетних значений показателя генетического разнообразия в сторону его увеличения относительно значений, характерных для них в период естественного размножения. Для кеты р. Армань данные о ее генетическом разнообразии в этот период отсутствуют. Несколько иная ситуация наблюдается в популяции кеты р. Яма, которая для многих рассматриваемых является донором. В ней обнаружена тенденция к снижению среднемноголетних значений μ-критерия относительно показателя, характеризующего ее до начала массовых перевозок икры.

Заключение

В популяциях кеты рек Ола, Армань, Яна и Тауй была отмечена гетерогенность по генетическим и фенетическим маркерам в пределах одной генерации и между ними. В основе внутрипопуляционной неоднородности лежат различные причины. При организации промысла и рыбоводной деятельности необходимо не просто учитывать такую особенность как гетерогенность эксплуатируемых популяций, но и тщательно разрабатывать модели для проведения в конкретных локальностях указанных видов деятельности, опираясь на данные, характеризующие природу причин вызывающих неоднородность.

Во всех рассматриваемых популяциях, за исключением популяции-донора, отмечена тенденция к увеличению генетического разнообразия относительно естественного периода размножения. Подобные изменения уровня фенетического разнообразия наблюдались лишь в отдельных локальностях. Вполне возможно, это связано с сокращением репродуктивных стад, на структуру которых серьезное влияние оказывает не только селективный промысел, но и браконьерский вылов. В задачи искусственного воспроизводства входит поддержание и увеличение численности промысловых видов, а также сохранение их генетического и фенетического разнообразия - одной из важнейших характеристик, определяющих их адаптивные возможности.

У кеты из рек Ола, Армань, Яна и Тауй не обнаружено общих закономерностей динамики показателей генетического и фенетического разнообразия. В некоторых популяциях его изменение в сторону увеличения наиболее рельефно проявилось на фоне снижающейся численности, в других - в годы высокой численности. Тем не менее, в условиях снижения запасов кеты в реках Тауйской губы необходимо не просто фиксировать происходящие изменения, но и учитывать их в практической деятельности. Проведенные исследования показали, что в тех случаях, когда проводились межпопуляционные перемещения оплодотворенной икры, вклад популяций-доноров в структуру реципиентов оказался незначительным и не соответствовал масштабам осуществляемых перевозок.

Список литературы

Агапова Г.А., Бачевская Л.Т., Евсеева И.А. 2010. Внутрипопуляционное фенетическое разнообразие кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) р. Армань (Тауйская губа Охотского моря) // Вестник СВНЦ. № 3. С. 44–50.

Агапова Г.А., Велижанин Е.С., Пустовойт С.П. 2002. Внутрипопуляционная изменчивость и межпопуляционная дифференциация североохотоморских популяций кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) // Экология. № 4. С. 278–285.

Алтухов Ю.П. 1994. Генетические последствия селективного рыболовства // Генетика. Т. 30. № 1. С. 5–21.

Бачевская Л.Т. 1992. Генетическая дифференциация кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) североохотоморского побережья и некоторых рек Камчатки // Популяционная биология лососей Северо-Востока Азии. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 42–52.

Бачевская Л.Т. 2003. Генетическое разнообразие кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) рек североохотоморского побережья // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 2. С. 500–506.

Бачевская Л.Т., Агапова Г.А. 2009. Генетическое и фенетическое разнообразие и внутрипопуляционная гетерогенность кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) реки Яна (материковое побережье Охотского моря) // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 157. С. 80–93.

Бачевская Л.Т., Агапова Г.А. 2010. Мониторинг генетического и фенетического разнообразия кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) рек Тауйской губы Охотского моря // Изв. Самарского науч. центра Российской академии наук. Т. 12 (33). № 1(4). С. 1097–1102.

Бачевская Л.Т., Агапова Г.А., Иванова Г.Д. 2010. Генетическое и фенетическое разнообразие кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) реки Ола (Тауйская губа Охотского моря) в 2008 г. // Материалы науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия на охраняемых и иных территориях» (Сибай, март, 2010). Уфа: РИЦ БашГУ. С. 179–182.

Бачевская Л.Т., Агапова Г.А., Усталкова Н.Н. 2007. Генетическая и фенетическая изменчивость кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) реки Яна (материковое побережье Охотского моря) // Вопр. рыболовства. Т. 8. № 2(30). С. 313–325.

Бачевская Л.Т, Велижанин Е.С. 2003. Динамика популяционно-генетической структуры кеты реки Тауй (северное побережье Охотского моря) // Вопр. рыболовства. Т. 4. № 3(15). С. 504–514.

Бачевская Л.Т., Велижанин Е.С., Пустовойт С.П., Хованский И.Е. 2001. Генетическая изменчивость популяций кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) рек северного побережья Охотского моря в условиях искусственного воспроизводства // Вопросы рыболовства. Т. 2. № 5. С. 125–139.

Бачевская Л.Т., Переверзева В.В. 2010. Внутривидовой полиморфизм фрагмента гена цитохрома b митохондриальной ДНК кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) из рек восточной камчатки и северного побережья Охотского моря // Вестник ВОГиС. Том 14. № 3. С. 537–544.

Бачевская Л.Т., Пустовойт С.П. 1996. Генетическое разнообразие популяций кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) и его изменение в условиях естественного и искусственного воспроизводства // Вопр. ихтиологии. Т. 36. № 5. С. 600–606.

Бойко И.А., Рябуха Е.А. 2004. Популяции лососей базовых рек рыбоводных заводов северного побережья Охотского моря в условиях антропогенного воздействия // Материалы II регион. науч.-практ. конф. «Северо-Восток России: прошлое, настоящее, будущее» (Магадан, 27–28 ноября 2003 г.). Магадан: Кордис. Т. II. С. 22-25.

Велижанин Е.С., Пустовойт С.П. 2002. Фенофондологическое исследование популяций кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) р. Ола (северное побережье Охотского моря) // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 127. С. 35–43.

Викторовский Р.М., Бачевская Л.Т., Ермоленко Л.Н., Рудминайтис Э.А., Рябова Г.Д., Макоедов А.Н., Шевченко Н.Г., Гутин Л.И. 1986. Генетическая структура популяций кеты Северо-Востока СССР и проблемы рационального использования её запасов // Биология моря. № 2. С. 51–60.

Волобуев В.В., Бачевская Л.Т., Волобуев М.В., Марченко С.Л. 2005. Популяционная структура кеты *Oncorhynchus keta* континентального побережья Охотского моря // Вопр. ихтиологии. Т. 45. № 4. С. 489–501.

Волобуев В.В., Голованов И.С. 2001. Запасы тихоокеанских лососей Магаданской области // Состояние и перспективы рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря. Сб. науч. тр. Магадан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Магадан: МагаданНИРО. Вып. 1. С. 123–133.

Животовский Л.А. Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991, 269 с.

Макоедов А.Н. 1999. Кариология, биохимическая генетика и популяционная фенетика лососевых рыб Сибири и Дальнего Востока. М.: УМК «Психология», 291 с.

Макоедов А.Н., Бачевская Л.Т. 1992. Генетические и фенетические особенности кеты разного времени нерестового хода // Биология моря. № 3-4. С. 62–68.

Макоедов А.Н., Бачевская Л.Т., Рогатных А.Ю., Пустовойт С.П., Яковлев К.А., Бойко И.А., Акиничева Е.Г. 1994. Влияние рыбоводных мероприятий на состояние популяций кеты рек северного побережья Охотского моря // Биологические основы развития лососеводства в Магаданском регионе. СПб: ГосНИОРХ. Вып. 308. С. 243–256.

Макоедов А.Н., Овчинников К.А. 1992. Внутрипопуляционная дифференциация кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) р.Хайрюзова (охотоморское побережье Камчатка) // Популяционная биология лососей Северо-Востока Азии. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 53–71.

Марченко С.Л. 2009. Лососи — 2009 (путинный прогноз). Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 68–70.

Рогатных А.Ю., Яковлев К.А., Бойко И.А., Акиничева Е.Г., Бачевская Л.Т., Макоедов А.Н. 1994. Проблемы и перспективы рационального сочетания искусственного и естественного воспроизводства

тихоокеанских лососей в Магаданской области // Биологические основы развития лососеводства в Магаданском регионе. СПб: ГосНИОРХ. Вып. 308. С. 257–264.

Салменкова Е.А., Омельченко В.Т., Политов Д.В., Афанасьев К.И., Рубцова Г.А. 2007. Генетическое разнообразие североохотоморских популяций кеты с естественным и искусственным воспроизводством // Биол. моря. Т. 33. №. С. 299–308.

Сафроненков Б.П. 2006. Современное состояние и перспективы искусственного разведения тихоокеанских лососей в Магаданской области // Материалы междунар. науч.-практ. семинара «Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока» (Петропавловск-Камчатский, 30 ноября-1 декабря 2006 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 127–138.

Хованский И.Е. 2004. Эколого-физиологические и биотехнологические факторы эффективности лососеводства. Хабаровск: Хабаровское книжное издательство, 417 с.

Manchenko G.P. 1994. Detection of enzymes on electrophoretic gels: A handbook // CRC Press. Inc., Boca Raton, FL., 440 p.

Tajima F. 1989. Statistical method for testing the neutral mutation hypothesis by DNA polymorphism // Gen. Soc. of Am. P. 585–595.

УДК 597.553.2:591.15

ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ, ЗАХОДЯЩИХ НА НЕРЕСТ В РЕКИ СЕВЕРНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО И БЕРИНГОВА МОРЕЙ

Бачевская Л. Т., Переверзева В. В.

Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, г. Магадан
Контактный e-mail: gekki54@ mail.ru

Введение

Важное экономическое значение тихоокеанских лососей (Oncorhynchus Suckley, 1861) во многом определило научный интерес к изучению генетических механизмов, обеспечивающих их экологический успех в ряде регионов. Исследования показали, что тихоокеанские лососи имеют сложную популяционно-генетическую структуру (Алтухов, 1997). Изучение их внутривидовой организации не теряет своей актуальности. В настоящее время ставятся задачи более точного определения уровня межпопуляционной дифференциации ценных промысловых видов. Немаловажно иметь четкое представление о современном состоянии популяций тихоокеанских лососей, находящихся под усиливающимся антропогенным воздействием. Для изучения внутривидовой структуры тихоокеанских лососей большую популярность приобрел анализ ДНК. Наряду с исследованием микросателлитных маркеров (Животовский и др., 2008; Афанасьев и др., 2011) изучение изменчивости митохондриальной ДНК занимает одно из ведущих мест. Это обусловлено некоторыми ее свойствами, такими как материнский тип наследования мтДНК без рекомбинаций, высокая скорость фиксации нуклеотидных замен. Перечисленные особенности мтДНК позволяют получить информацию о структуре популяций, необходимую для сохранения генетического разнообразия и обоснованного промысла тихоокеанских лососей. В настоящей работе приведены новые данные о генетической структуре кеты горбуши кижуча и нерки, полученные в результате оценки изменчивости нуклеотидных последовательностей гена цитохрома b мтДНК некоторых популяций указанных видов, заходящих на нерест в реки российского Дальнего Востока.

Материал и методика

Биологический материал для популяционно-генетических исследований был собран в период анадромной миграции тихоокеанских лососей в 2008–2011 гг. Количество выборок, их географическая локализация отражены в таблицах 1–4. Методики, с помощью которых проводились выделение и очистка ДНК, полимеразная цепная реакция, определение нуклеотидных последовательностей амплифицированных фрагментов гена цитохрома b мтДНК подробно описаны ранее (Бачевская, Переверзева, 2010). Для статистической обработки полученных данных использовали пакет программ MEGA-4 (Tamura

et al., 2007) и ARLEQUIN 3.0. (Excoffier et al., 2005). Оценка соответствия характера нуклеотидных замен гипотезе нейтральности (для использованного маркера) в популяциях проводили с помощью теста D Таджимы (Tajima,1989). Медианную сеть, связывающую гаплотипы, строили с помощью Network 4.5.1.0 (Bandelt et al., 1999).

Результаты и обсуждение

У тихоокеанских лососей нами изучено различное количество (420–1020) пар нуклеотидных последовательностей гена цитохрома b мтДНК. С целью корректного сравнительного анализа данных в целом было использовано 414 пн, обнаруженных у всех четырех исследованных видов. Изученный фрагмент гена cytb кеты соответствует положению 14374–14786 пн полного генома мтДНК этого вида (GenBank, AP010773 Garvin,. et al., 2010). У горбуши, кижуча и нерки он соответствует 15504–15916, 15378–15790, 15377–14789 пн их полного генома мтДНК (GenBank, EF455489, EF126369, EF055889 (Lee, et al., 2007; Hsieh, et al., 2006; Hsieh, et al., 2007). Нуклеотидные последовательности гена цитохрома b мтДНК, полученные в результате исследования кеты, горбуши, кижуча и нерки, депонированы GenBank. В процессе изучения внутривидовой полиморфизм гена цитохрома b мтДНК отмечен только у трех видов тихоокеанских лососей (Бачевская, Переверзева, 2010; Бачевская и др., 2011; Иванова и др., 2011). В наших исследованиях кета представлена более широко (в географическом плане) по сравнению со всеми остальными видами. Несмотря на это, она менее разнообразна (26 гаплотипов), чем горбуша, которая уже на первых этапах изучения характеризуется 39 вариантами фрагмента гена cytb мтДНК. В выборках кижуча отмечено всего шесть гаплотипов. Использование материалов GenBank позволило отметить еще три варианта гена cytb мтДНК у кижуча, носителями которых были особи из Канады (Dq449933) и Тайвань (EF126369; NC009263). Анализ образцов нерки из трех рек (Ола, Тауй, Анадырь) не позволил обнаружить внутривидовую изменчивость фрагмента гена cytb мтДНК у этого вида (табл. 1). Изученные нами особи нерки не отличались нуклеотидными последовательностями от образцов GenBank (Hsieh, et al., 2006). При использовании рестрикционного анализа мтДНК этого вида из р. Камчатка также отмечалось отсутствие полиморфизма (Олейник, Полякова, 1994). Дальнейшее исследование мтДНК (ген цитохрома b и D петля) показали полиморфизм изученного фрагмента митохондриального генома, на основании анализа которого был отмечен низкий уровень дивергенции исследованных популяций нерки (Брыков и др., 2005). Изменчивость молекулярных (митохондриальных) маркеров характеризуется такими параметрами как нуклеотидная (π) и гаплотипическая (h) изменчивость. Нами рассчитаны показатели нуклеотидного и гаплотипического разнообразия рассматриваемых видов (табл. 1).

Самым высоким уровнем этих показателей обладает горбуша. Выше отмечено, что среди исследованных видов наиболее изучена кета. В процессе молекулярно-генетического анализа выборок этого вида показано, что сахалинская кета из р. Ясноморка мономорфна, а производители Охотского ЛРЗ характеризуются низкими значениями нуклеотидного и гаплотипического разнообразия (табл. 2). Подобное соотношение показателей генетического разнообразия может быть следствием рыбоводных процессов, когда для искусственного воспроизводства используется лишь незначительная часть генофонда. Напротив, кета из руч. Порожистый, в отличие от географически близких ей сахалинских популяций, имеет высокие значения показателей генетического разнообразия, что, вероятнее всего, свидетельствует о ее стабильном состоянии.

Таблица 1. Показатели разнообразия гена цитохрома *b* мтДНК у исследованных видов тихоокеанских лососей

Виды	Объем выборки	π +/– sd	h +/- sd	S
Горбуша	427	0,001979 +/– 0,001575	0,6010 +/– 0,0169	27
Кета	846	0,001431 +/– 0,001270	0,4635 +/– 0,0199	24
Кета*	847	0,001453 +/– 0,001283	0,4646 +/– 0,0198	28
Кижуч	223	0,000333 +/– 0,000545	0,0903 +/– 0,0301	6
Кижуч*	227	0,000488 +/– 0,000672	0,1205 +/– 0,0337	10
Нерка	60	0,000000+/– 0,000000	0,000000+/– 0,000000	0

Примечание: p π C — нуклеотидное разнообразие; h — гаплотипическое разнообразие; s — число вариабельных сайтов; *— с использованием вариантов GB; sd — стандартное отклонение.

Таблица 2. Нуклеотидное и гаплотипическое разнообразие гена цитохрома *b* мтДНК исследованных популяций кеты

Локальность	Объем выборки (шт.)	π +/– s	h +/– s	S	D
Р. Анадырь	30	0,001104 +/– 0,001138	0,4561 +/– 0,0852	1	1,09508
Р. Андриановка	23	0,000421 +/– 0,000643	0,0870 +/– 0,0778	2	–1,51496*
Р. Козыревка	29	0,000000 +/– 0,000000	0,0000 +/– 0,0000	0	0,0000
Р. Кирганик	10	0,000484 +/– 0,000737	0,2000 +/– 0,1541	2	–1,11173
Р. Клюквенная	10	0,000861 +/– 0,001028	0,3556 +/– 0,1591	1	0,01499
Р. Гижига	31	0,001812 +/– 0,001530	0,5140 +/– 0,0927	3	–0,00793
Р. Яма	87	0,001253 +/– 0,001180	0,4392 +/– 0,0612	6	–1,30015
Р. Кулькуты	70	0,001850 +/– 0,001523	0,5859 +/– 0,0588	8	–0,92271
Р. Ола	151	0,001373 +/– 0,001244	0,4442 +/– 0,0480	8	–1,38079
Р. Армань	65	0,002133 +/– 0,001679	0,6639 +/– 0,0532	8	–1,24285
Р. Яна	50	0,001455 +/– 0,001308	–0,5224 +/– 0,0801	8	–1,81080*
Р. Кава	65	0,001213 +/– 0,001161	0,4356 +/– 0,0703	5	–1,20648
Р. Челомджа (Р. Молдот)	51	0,001610 +/– 0,001397	0,5451 +/– 0,0618	3	–0,00520
Р. Челомджа (Р. Хурен)	50	0,002058 +/– 0,001646	0,6106 +/– 0,0700	6	–0,93077
Р. Охотский ЛРЗ	47	0,000399 +/– 0,000610	0,1619 +/– 0,0703	3	–1,15275
Р. Ясноморка	49	0,000000 +/– 0,000000	0,0000 +/– 0,0000	0	0,00000
Руч. Порожистый	39	0,002895 +/– 0,002103	0,7274 +/– 0,0437	4	0,63365

Примечание: π — нуклеотидное разнообразие; h — гаплотипическое разнообразие; S — число вариабельных сайтов; D — коэффициент теста Tajima; *— $p<0,05$; sd — стандартное отклонение.

Не исключено, что причиной отмеченного факта может быть также вторичный контакт исторически разделенных популяций. Исследованные нами камчатские популяции кеты характеризуются низким уровнем генетического разнообразия (табл. 2). Предположительно, популяции с низкими значениями h и π являются исторически более молодыми. Но вполне вероятно также, что они в течение длительного времени испытывали существенное снижение численности (эффект «горлышка бутылки») (Nei,1987), которое было обусловлено не только естественными причинами, но и, возможно, перепромыслом эксплуатируемых популяций. Среди исследованных локальностей наиболее полно представлена североохотоморская кета. Все популяции этого вида, кроме кеты р. Гижига, более 20 лет находятся под воздействием искусственного воспроизводства. Для поддержания их численности проводилась перевозка оплодотворенной икры, полученной от производителей из других рек. Например, для ольской популяции донором служила кета из рек Яма, Тауй (Челомджа). Уже на первых этапах отмечалась низкая эффективность воспроизводства, основанного на перемещении оплодотворенной икры североохотоморской кеты из одной реки в другую (Макоедов и др., 1994).

Проведенные исследования гена cytb мтДНК кеты показывают, что из трех рек — Тауй (Челомджа), Ола, Яма наибольшим уровнем нуклеотидного и гаплотипического разнообразия характеризуется выборка кеты из р. Челомджа (табл. 2), но достоверных отличий между указанными популяциями не обнаружено. Тем не менее, отмечено, что каждая из них имеет характерные особенности, которые проявляются в виде уникальных гаплотипов, встречающихся только в одной из перечисленных локальностей. При этом следует заметить, что в ольской кеты не обнаружено уникальных гаплотипов, встречающихся в популяциях-донорах, несмотря на крупномасштабные и многолетние перевозки половых продуктов кеты из рек Яма и Тауй (Челомджа). Последний факт, в некоторой степени, подтверждает правильность ранее сделанного вывода о низкой эффективности проводимых Ольской ЭПАБ рыбоводных мероприятий.

Обращают на себя внимание относительно низкие (среди североохотоморских популяций) значения генетического разнообразия, характеризующие кету р. Кава. Одной из причин этого может быть снижение ее численности в течение длительного периода времени. Известно, что в популяциях, подверженных подобным демографическим процессам, наблюдается отклонение от нейтральности. Проведенный тест Таджимы (Tajima,1989) на селективную нейтральность показал отсутствие отклонения от нейтрального равновесия в кавинской популяции кеты (табл. 2). В связи с этим отмеченное сочетание низких значений

гаплотипического и нуклеотидного разнообразия кеты из р. Кава, вероятнее всего, определяется другим фактором — эффектом «основателя» (Avise, 1994).

Рассчитанные показатели генетического разнообразия кеты р. Анадырь сопоставимы с вычисленными значениями для некоторых североохотоморских популяций. Тем не менее, следует отметить, что анадырская кета характеризуется лишь двумя гаплотипами, а североохотоморские популяции имеют более разнообразный гаплотипический состав. (Бачевская и др., 2011). На основании бипараметрической модели дистанций Кимуры построено филогенетическое дерево (рис. 1).

Для филогенетического анализа дополнительно привлечены нуклеотидные последовательности гена cytb мтДНК корейской кеты (GenBank, AF125212). В качестве внешней группы была использована нуклеотидная последовательность гена cytb мтДНК горбуши GenBank (JF313905). На рисунке 1 можно выделить несколько кластеров. При этом все исследованные нами популяции вошли в четыре клады. Первая из них включает сахалинские, камчатские и некоторые североохотоморские популяции, вторая — объединяет оставшуюся североохотоморскую кету и выборку из руч. Порожистый (о. Итуруп). В третью и четвертую кладу входит кета рр. Анадырь и Гижига. В то же время, наблюдаются значительная дифференциация всех исследованных нами популяций от кеты GenBank, AF125212 (Корея). Несмотря на отмеченные межпопуляционные отличия, четкой дивергенции по географической принадлежности анализируемых групп не просматривается. Более того, обращает на себя внимание дифференциация исследованных выборок кеты, характеризующих популяции, заходящие на нерест в различные притоки одной речной системы. Например, рр. Кава, Хурен (приток Челомджа), Молдот (приток р. Челомджа) одновременно все являются притоками р. Тауй. В рассматриваемой ситуации кета рр. Кава и Молдот нашли свое место в одном кластере, а выборка из р. Хурен вошла в другой (рис. 1). В связи с отмеченными фактами промысел и рыбоводная деятельность должны проводиться со строгим учетом их генетической дифференциации.

Выше отмечено, что изученные популяции горбуши представлены 39 гаплотипами. Они не одинаково распределялись в выборках четных и нечетных поколений. Например, у горбуши из р. Ола (нечетное



Рис. 1. Филогенетическое дерево (NJ-дендрограмма), основанное на данных об изменчивости фрагмента гена *cytb* мтДНК кеты

поколение) выявлено всего лишь три варианта гена cytb, а в выборке четного поколения — семь гаплотипов. Таким образом, нечетное поколение горбуши, генетически менее разнообразно по сравнению с производителями вида из четной линии лет. Горбуша линии нечетных лет, доминирующая по численности (Марченко и др., 2004), испытывает наиболее высокий уровень промысловой нагрузки, что неизбежно приведет к снижению (и так уже низкого в настоящий момент) генетического разнообразия и, как следствие, к ее деградации. По принципу минимального числа нуклеотидных замен построена медианная сеть гаплотипов горбуши. Она отображает мутационные различия между ними (рис. 2). Из рисунка 2 видно, что обнаруженные варианты фрагмента гена cytb мтДНК формируют две ярко выраженные филогенетические группы. Гаплотипы G1 и G2 являются наиболее распространенными, что не исключает возможности их более древнего происхождения в истории становления популяций. Для всех изученных локальностей вида отмечена общая особенность, заключающаяся в следующем. Вариант G2 чаще встречался в выборках из линии нечетных лет, в то время как G1 наиболее распространен в смежном поколении горбуши. Следует подчеркнуть, что некоторые варианты изученного фрагмента гена cytb обнаружены только в четном или нечетном поколении исследованной горбуши (рис. 2). Частота распределения гаплотипов G1 и G2 варьирует в широких пределах (0,480–0,115 и, соответственно, 1,000–0,365). Остальные варианты гена cytb являются редкими или уникальными, т. е. обнаружены только в одной конкретной популяции вида, отражая ее своеобразие. Например, несмотря на географическую

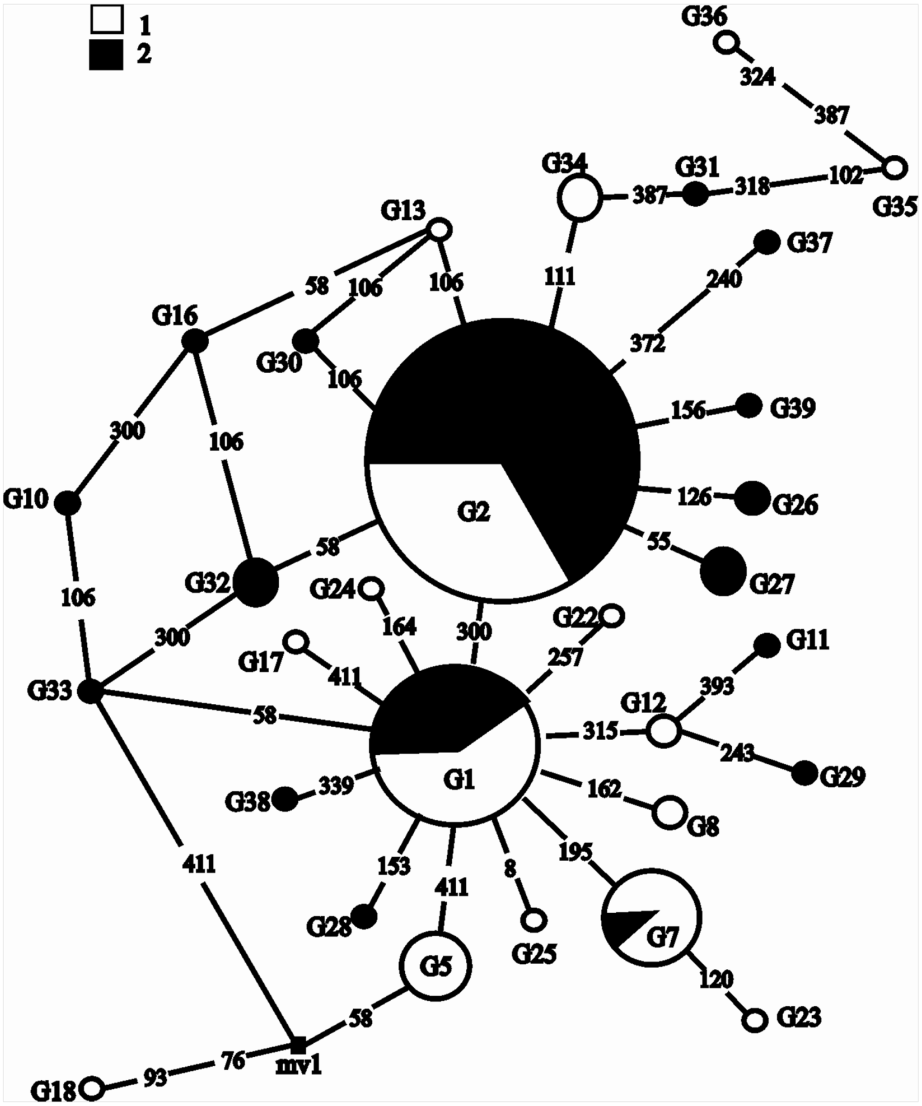


Рис. 2. Медианная сеть гаплотипов фрагмента гена *cytb* мтДНК в популяциях горбуши. Цифрами обозначены сайты мутаций. Размер кругов пропорционален частоте вариантов *cytb* мтДНК. 1 — гаплотипы, встречающиеся в поколении четной линии, 2 — в нечетной линии лет

близость с горбушей рр. Тауй и Армань, в выборке производителей из р. Яна отмечено 13 гаплотипов, из которых 6 были уникальными, т. е. обнаружены только в этой популяции. Уникальные варианты, являясь дискриминирующими, могут служить для идентификации особей из конкретных локальностей. Это имеет важное прикладное значение. Интересным является также то, что обе выборки, характеризующие камчатские популяции, оказались мономорфными и представлены исключительно вариантом G2. Анадырская горбуша характеризуется всего двумя гаплотипами. Среди них также наиболее распространен вариант G2, а G1, широко представленный у горбуши из рек материкового побережья Охотского моря, в анадырской выборке отсутствовал. Возможно, отмеченный факт является особенностью структуры указанных популяций горбуши, хотя, не исключено, что это связано с малочисленностью исследованных выборок. Нами рассчитаны показатели нуклеотидного (π) и гаплотипического (h) разнообразия горбуши из изученных локальностей (табл. 3).

Среди всех североохотоморских популяций наиболее высокими показателями генетического разнообразия обладает горбуша р. Тауй, а самые низкие — отмечены для ольской выборки. Вероятно, это связано с тем, что ольская горбуша находится в менее благополучном состоянии по сравнению со всеми остальными эксплуатируемыми популяциями. Известно, что горбуша р. Ола неоднократно происходила смена доминирующего по численности поколения. Причем численность смежных линий вида различалась в десятки раз. Очередная смена доминант у ольской горбуши была зарегистрирована на рубеже прошедшего и нынешнего столетий (Марченко и др., 2004). Ранее показано, что при резком сокращении численности популяции изменчивость мтДНК в большей мере подвержена дрейфу генов и «эффекту горлышка бутылки» (Алтухов, 2003; Хедрик, 2003). Вполне вероятно, что флуктуации численности ольской горбуши привели к снижению ее генетического разнообразия по сравнению с остальными исследованными популяциями, которые не претерпели столь ярко выраженной динамики численности.

Тем не менее, проведенный тест Таджимы (Tajima,1989) на селективную нейтральность не показал отклонения от нейтрального равновесия в суммарной выборке из ольской популяции. В то же время, несмотря на сочетание высоких значений гаплотипического и нуклеотидного разнообразия, у горбуши из р. Яна отмечено отклонение от нейтрального равновесия (табл. 3). Янская горбуша, как и все остальные исследованные нами североохотоморские популяции, находится под воздействием искусственного воспроизводства. При этом для поддержания численности янской горбуши перевозки оплодотворенной икры из других рек не проводятся (Сафроненков и др., 2005), а используются половые продукты, полученные только от производителей, заходящих на нерест в р. Яна.

При достаточно высоком уровне эффективности рыбоводных мероприятий, возможно увеличение доли редких и уникальных гаплотипов за счет генетического дрейфа, на что указывают данные, полученные в результате проведенного теста Таджимы. Если популяция отклоняется от равновесного состояния и количество сайтов (S), сегрегирующих для различных нуклеотидов будет расти быстрее, чем нуклеотидное разнообразие (π), то значение коэффициента D становится отрицательным (Fu, 1997; Хедрик, 2003), что мы наблюдаем в данном случае (табл. 3). Тем не менее, следует помнить, что статистическая сила проводимого теста может ограничиваться за счет вкладов отбора и демографических событий, которые трудно дифференцировать (Fu, 1997).

Таблица 3. Нуклеотидное и гаплотипическое разнообразие гена цитохрома *b* мтДНК исследованных популяций горбуши

Локальность	Объем выборки (шт.)	π +/– s	h +/– s	S	D
Р. Анадырь	15	0,000643 +/– 0,000838	0,1333 +/– 0,1233	2	–0,97256
Р. Кирганик	11	0,000000 +/– 0,000000	0,0000 +/– 0,0000	0	0,00000
Р. Клюквенная	21	0,000000 +/– 0,000000	0,0000 +/– 0,0000	0	0,00000
Р. Ола	151	0,001685 +/– 0,001421	0,5944 +/– 0,0211	6	–0,74184
Р. Армань	50	0,001749 +/– 0,001476	0,5820 +/– 0,0561	7	–1,42262
Р. Тауй	52	0,002577 +/– 0,001922	0,6425 +/– 0,0440	9	–1,29421
Р. Яна	105	0,002216 +/– 0,001714	0,6452 +/– 0,0334	15	–1,87286**
Р. Рассвет	22	0,002966 +/– 0,002186	0,7229 +/– 0,0865	5	–0,31746

Примечание: π — нуклеотидное разнообразие; h — гаплотипическое разнообразие; S — число вариабельных сайтов; D — коэффициент теста Tajima; **— $p < 0,001$; sd — стандартное отклонение.

Анализ нуклеотидных последовательностей гена цитохрома *b* мтДНК кижуча из рек материкового побережья Охотского моря показал, что он представлен всего шестью гаплотипами. У этого вида, также как у горбуши и кеты, обнаружены уникальные гаплотипы, встречающиеся только в конкретных популяциях. Например, в выборке, характеризующей кижуча р. Тауй, обнаружен гаплотип К3. У кижуча из р. Армань отмечен вариант К5, а в выборке из руч. Рассвет выявлен гаплотип К4, который не обнаружен в других популяциях. Нами построена генеалогическая сеть гаплотипов, основанная на принципе минимального числа нуклеотидных различий между ними (рис. 3). Из рисунка 3. видно, что все производные варианты происходят от одного или немногих родственных. Они формируют единую филогенетическую группу. При построении гаплотипической сети использовали варианты нуклеотидных последовательностей гена цитохрома *b* мтДНК кижуча из рек Канады (GenBank, AJ314563; DQ449933) и о. Тайвань (GenBank, EF126369; NC009263). Наиболее распространенный в североохотоморских популяциях кижуча вариант К1 идентичен канадскому варианту AJ314563. Гаплотипы гена цитохрома *b* мтДНК, характерные для кижуча из рек о. Тайвань, в североохотоморских популяциях не обнаружены. Рассчитанные величины генетического разнообразия для кижуча из исследованных локальностей представлены в табл. 4. Наиболее высокий уровень показателей разнообразия наблюдается в выборке кижуча р. Яна (табл. 4). Отмеченное соотношение показателей нуклеотидной и гаплотипической изменчивости свидетельствует в пользу относительно стабильного состояния янского кижуча. Наблюдается отличие (на порядок) значений нуклеотидного разнообразия изученного фрагмента мтДНК кижуча р. Яна и выборок из некоторых других популяций (табл. 4), что вероятно, связано с историей формирования исследованных популяций. Обращает на себя внимание отличие (в разы) гаплотипического разнообразия, характеризующего различные выборки кижуча. Одной из причин низкого уровня гаплотипического разнообразия может быть существенное снижение его численности в течение длительного времени.

Следует также отметить, что кижуч из географически близко расположенных рек Ойра и Армань отличается показателями генетического разнообразия. То же самое можно сказать о тауйском и игонджинском кижуче, при этом подчеркнуть, что р. Игонджа является притоком р. Тауй. Вполне вероятно, что дальнейшее исследование и накопление материалов повлекут изменение полученных результатов. Тем не менее, при организации рыбоводной деятельности и добычи этого ценного промыслового вида, необходимо обратить внимание на отмеченные популяционно-генетические особенности. В целом для кижуча отмечен низкий уровень генетического разнообразия фрагмента гена цитохрома b

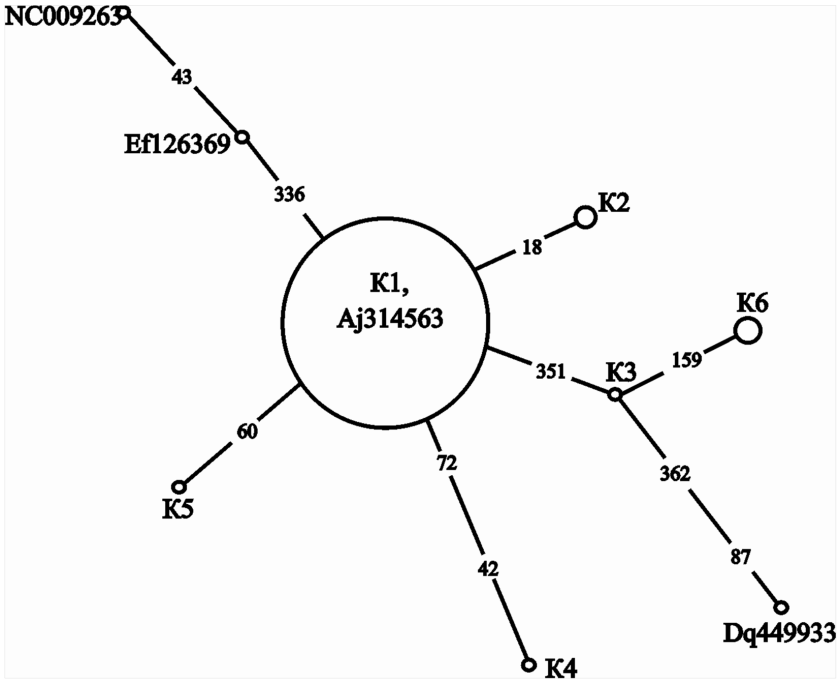


Рис. 3. Медианная сеть гаплотипов фрагмента гена *cytb* мтДНК в популяциях кижуча. Цифрами обозначены сайты мутаций. Размер кругов пропорционален частоте вариантов *cytb* мтДНК

Таблица 4. Нуклеотидное и гаплотипическое разнообразие гена цитохрома *b* мтДНК исследованных популяций кижуча

Локальность	Объем выборки (шт.)	π +/– s	h +/– s	S	D
Р. Игонджа	24	0,000000 +/– 0,000000	0,0000 +/– 0,0000	0	0,00000
Р. Армань	31	0,000469 +/– 0,000675	0,1269 +/– 0,0798	3	–1,73075**
Р. Ола	57	0,000131 +/– 0,000340	0,0541 +/– 0,0505	1	–1,13092
Р. Тауй	51	0,000281 +/– 0,000504	0,0776 +/– 0,0512	2	–1,31190
Р. Ойра	20	0,000000 +/– 0,000000	0,0000 +/– 0,0000	0	0,00000
Р. Яна	30	0,001453 +/– 0,001422	0,3778 +/– 0,1813	3	–1,56222
Руч. Рассвет	10	0,000969 +/– 0,001103	0,2000 +/– 0,1541	2	–1,40085

Примечание: π — нуклеотидное разнообразие; h — гаплотипическое разнообразие; S — число вариабельных сайтов; D — коэффициент теста Tajima; **—$p < 0{,}001$; sd — стандартное отклонение.

мтДНК. Возможно, это являться его видовой особенностью. Для уточнения сделанного предположения необходимо расширение географии исследований этого вида.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования гена cytb мтДНК в качестве маркера для внутривидовой дифференциации у трех видов тихоокеанских лососей: кеты, горбуши, кижуча. Учитывая литературные данные (Брыков и др., 2005), можно предполагать, что увеличение длины изученного фрагмента цитохрома b мтДНК нерки позволит выявить полиморфизм в исследуемых популяциях этого вида. Для трех видов было отмечено, что генетические различия между популяциями чаще всего имеют региональный характер. Несмотря на это, четкой дивергенции по географической принадлежности не просматривается. Более того, в некоторых случаях отмечена значительная дифференциация рассматриваемых выборок производителей, заходящие на нерест в различные притоки одной речной системы. Большинство популяций исследованных видов характеризовались наличием уникальных гаплотипов. Редкие и уникальные варианты, являясь дискриминирующими, могут служить молекулярными маркерами для особей из соответствующих локальностей, что имеет важное прикладное значение. База данных, полученная в результате настоящего исследования, может быть основой для дальнейшего расширения представлений о популяционной структуре, необходимых при организации промысла, проведении рыбоводных мероприятий и акклиматизации тихоокеанских лососей.

Список литературы

Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. 1997. Популяционная генетика лососевых рыб. М.: Наука, 288 с.

Алтухов Ю.П. 2003. Генетические процессы в популяциях. М.: Академкнига, 431 с.

Афанасьев К.И., Рубцова Г.А., Шитова М.В, Малинина Т.В., Ракитская Т.А., Прохоровская В.Д., Шевляков Е.А., Заварина Л.О., Бачевская Л.Т., Черешнев И.А., Брыков В.А., Шевляков В.А.,Сидорова С.В., Борзов С.И., Погодин В.П., Федорова Л.К., Животовский Л.А. 2011. Популяционная структура кеты *Oncorhynchus keta* российского Дальнего Востока, выявленная по микросателлитным маркерам // Биология моря. Т. 37. № 1. С. 39–47.

Бачевская Л.Т., Переверзева В.В. 2010. Внутривидовой полиморфизм фрагмента гена цитохрома b митохондриальной ДНК кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) из рек восточной камчатки и северного побережья Охотского моря // Вестник ВОГиС. Том 14. № 3. С. 537–544.

Бачевская Л.Т., Переверзева В.В., Малинина Т.В. 2011. Генетическая структура популяций кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) по данным об изменчивости нуклеотидных последовательностей гена цитохрома b митохондриальной ДНК // Генетика Т. 47. № 11. С. 1481–1490.

Брыков В.А., Полякова Н.Е., Подлесных А.В., Голубь Е.В., Жданова О.Л. 2005. Влияние биотопов размножения на генетическую дифференциацию популяций нерки // Генетика. Т. 41. № 5. С. 635-645.

Животовский Л.А., Афанасьев К.И., Рубцова Г.Д., Шитова М.В., Малинина Т.В., Ракицкая Т.А., Прохоровская В.Д., Салменкова Е.А., Фёдорова Л.К., Борзов С.И., Погодин В.П. 2008. О создании базы ДНК- данных для решения проблемы воспроизводства, идентификации и сертификации тихоокеанских лососей на примере кеты о. Итуруп // Вопр. рыболовства. Т. 9. № 1 (33). С. 96–109.

Иванова Г.Д., Переверзева В.В., Бачевская Л.Т. 2011. Генетическое разнообразие кижуча (*Oncorhynchus kisutch* Walbaum) из рек Тауйской губы Охотского моря // Матер. дальневосточной региональной конф., посвящ. памяти А.П. Васьковского «Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России» (Магадан, 22–24 ноября 2011 г.). Магадан: СВНЦ ДВО РАН. С. 135–137.

Макоедов А.Н., Бачевская Л.Т., Рогатных А.Ю., Пустовойт С.П., Яковлев К.А., Бойко И.А., Акиничева Е.Г. 1994. Влияние рыбоводных мероприятий на состояние популяций кеты рек северного побережья Охотского моря // Биологические основы развития лососеводства в Магаданском регионе. СПб: ГосНИОРХ. Вып. 308. С. 243–256.

Марченко С.Л., Голованов И.С., Хованский И.Е. 2004.Эффективность воспроизводства горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) р. Ола (северное побережье Охотского моря) // Сб. науч. тр. Магадан. НИИ рыбн. хоз-ва. и океанографии. Магадан: Магадан НИРО, Вып. 2. С. 227–236.

Олейник А.Г., Полякова Н.Е. 1994.Рестриктазный анализ митохондриального генома лососевых рыб семейства Salmonidae // Генетика. Т. 30. № 9. С. 1202–1214.

Сафроненков Б.П., Хованская Л.Л., Волобуев В.В. 2005. Состояние лососеводства в Северном Охотоморье и пути его развития на ближайшую перспективу // Рыб. хоз-во. № 1. С. 43–47.

Хедрик Ф. 2003.Генетика популяций. М.: Техносфера, 592 с.

Avise J.C. 1994. Molecular Markers, Natural History and Evolution. N.Y.; London: Chapman and Hall, 511 p.

Bandelt H.-J., Forster P., Rőhl A. 1999. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies // Mol. Biol. Evol. V. 16. P. 37–48.

Excoffier L., Laval G., Schneider S. 2005. Arlequin ver. 3.0: An integrated software package for population genetics data analysis // Evol. Bioinformatics Online. V. 1. P. 47–50.

Fu Y.X. 1997. Statistical tests of neutrality of mutations against population growth, hitchhiking and background selection // Genetics. V.147. P. 915–925.

Garvin M.R., Saitoh K., Churikov D.Y., Brykov V.A., Gharrett A.J. 2010. Single nucleotide polymorphisms in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) mitochondrial DNA derived from restriction site haplotype information // Genome V. 53 (7). P. 501–507.

Hsieh C.C., Tsai C.-L., Tsai C.Y., Chang H.-W., Chou Y.C. 2006. // EF126369. GenBank.

Hsieh C.C., Tsai C.-L., Chang H.-W., Gwo J.-C., Chou Y.C. 2007. // EF055889. GenBank.

Lee Y.I., Gwo J.-C., Mayama H., Fang S.Y., Tsai C.-L., Chen, .F., Chou Y.C. 2007. // EF455489. GenBank.

Nei M. Molecular Evolutionary Genetics. N. Y.: Columbia Univ. Press, 1987, 495 p.

Tamura K., Dudley J. et al. 2007. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0 // Mol. Biol. Evol. V. 24. P. 1596–1599.

Tajima F. 1989. Statistical method for testing the neutral mutation hypothesis by DNA polymorphism // Gen. Soc. of Am. P. 585–595.

УДК 597.553.2:575.2

ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ АЗИАТСКИХ СТАД КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* В ПЕРИОД ПРЕДНЕРЕСТОВЫХ МИГРАЦИЙ В ИЭЗ РФ В 2010–2011 ГГ.

Бугаев А. В.[1*], Шапорев Р. А.[1], Огородников В. С.[2], Шубин А. О.[2], Коинов А. А.[2], Хохлов Ю. Н.[3], Золотухин С. Ф.[4], Кульбачный С. Е.[4], Подорожнюк Е. В.[4]

[1] ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
[2] ФГУП «СахНИРО»
[3] ФГУП «ЧфТИНРО-Центр», г. Анадырь
[4] ФГУП «ХфТИНРО-Центр», г. Хабаровск
Контактный e-mail: bugaev.a.v@kamniro.ru

Введение

Известно, что в северной части Тихого океана кета является наиболее широко распространенным видом тихоокеанских лососей. Ее ареал простирается от Китая до Чукотки в Азии и от Аляски до Калифорнии в Северной Америке. Кроме Северной Пацифики кета распространена и в арктических водах России и США. Широта видового ареала подразумевает сложную популяционную организацию кеты. Причем, внутривидовая дифференциация происходит не только на пространственном уровне, но на темпоральном, поскольку у данного вида лососей нередко формируются четко выраженные эколого-генетические сезонные расы.

Популяционным исследованиям кеты в Азии и Северной Америке посвящено значительное количество научных работ. В рамках данной статьи нет смысла приводить подробный тематический список литературных источников. Он слишком разнообразен и широк. Отметим лишь, что в странах тихоокеанского бассейна популяционно-биологические исследования кеты уже ведутся с 1960-х гг. Соблюдая хронологическую последовательность, можно выделить две основные методические линии проведения подобных работ — фенотипические и генетические. Оба эти направления активно используются для популяционных исследований, как кеты, так и других видов тихоокеанских лососей.

В качестве дифференцирующего признака в работе используются фенотипы чешуи кеты. Применение чешуйных критериев для идентификации запасов тихоокеанских лососей неплохо себя зарекомендовало в течение последних 10–15 лет морских экспедиционных исследований региональных НИИ Дальнего Востока России. Непосредственно по кете был выполнен ряд работ, давших нам представление о распределении комплексов локальных стад в экономической зоне России во время нагульных и преднерестовых миграций этого вида (Бугаев и др, 2006, 2007а, 2009; Zavarina et al., 2005).

Целью настоящей работы является идентификация региональных комплексов стад кеты в период преднерестовых миграций в экономической зоне России в 2010–2011 гг. и сравнительный анализ их многолетнего распределения с архивными данными 1997–2003 гг.

Материал и методика

Материалом в качестве смешанных выборок послужили чешуйные пробы кеты, собранные сотрудниками ФГУП «КамчатНИРО» и ФГУП «ТИНРО-Центр» из дрифтерных уловов в беринговоморских, охотоморских и тихоокеанских водах ИЭЗ РФ в мае–августе 2010–2011 гг. (рис. 1). Сбор материала осуществляли научные наблюдатели на промысловых судах РМС «Кадет-701», СРТМ-К «Братцево» и СРТМ-К «Леонид Ходыко». В работе использовали стандартную классификацию промысловых районов, принятую Главрыбводом РФ. Пробы были собраны в пяти промрайонах: 1) Западно-Беринговоморская зона — 61.01, 2) Карагинская подзона — 61.02.1, 3) Петропавловск-Командорская подзона – 61.02.2, 4) Тихоокеанская подзона — 61.03.1, 5) Камчатско-Курильская подзона — 61.05.4. Последние 20 лет эти районы являются традиционными местами ведения легального российского дрифтерного промысла в ИЭЗ РФ. Общее количество биоанализов составило — 1254 экз. в 2010 г. и 2290 экз. в 2011 г.

Сбор проб производили из промысловых дрифтерных сетей (длина 1 сети ~ 50 м, высота стенки ~ 9 м, ячея — 65 мм). Биологические анализы кеты выполняли по стандартной методике принятой для дрифтер-

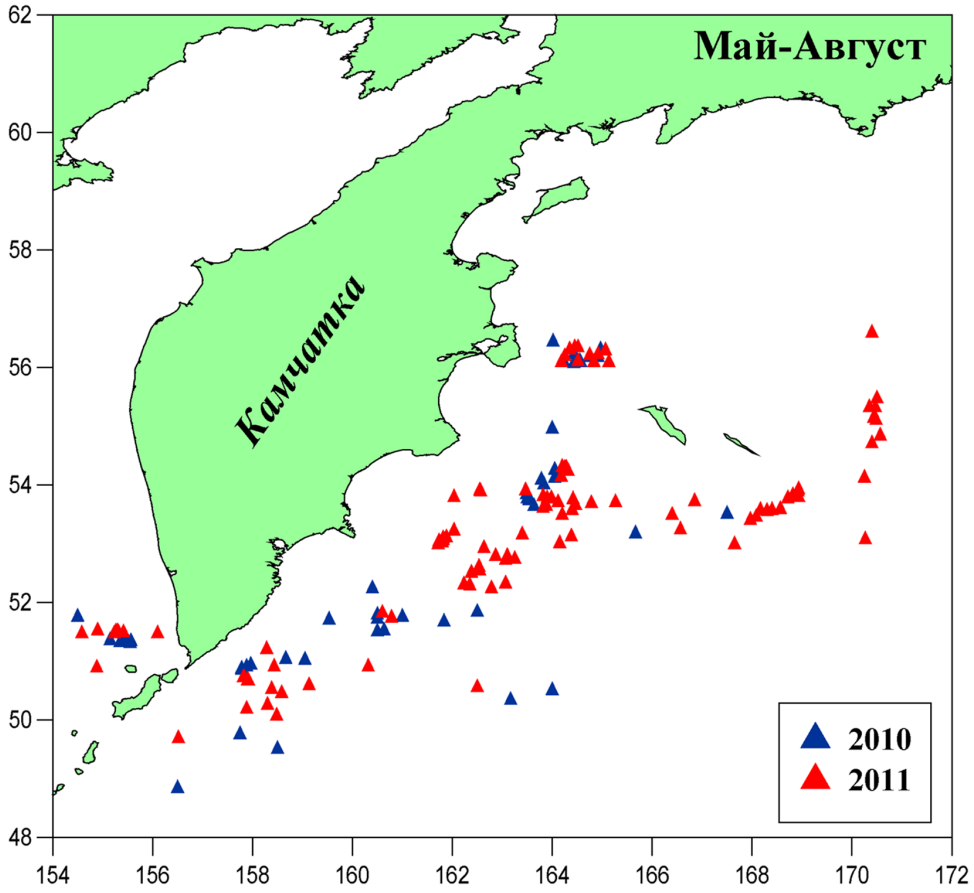


Рис. 1. Локализация мест сбора проб кеты из дрифтерных уловов 2010 и 2011 гг.

ных экспедиционных исследований (Ерохин, 2007). Дифференциацию половозрелых и неполовозрелых рыб производили по методике, предложенной японскими специалистами (Ishida et al., 1961; Takagi, 1961). Сбор чешуи осуществляли по общепринятой для тихоокеанских лососей схеме в «предпочтительной зоне» выше боковой линии между спинным и жировым плавниками (Davis et al., 1990). Возраст определяли по чешуе с помощью бинокуляра по стандартной методике, используемой для тихоокеанских лососей (Ito, Ishida, 1998).

Реперные чешуйные пробы кеты были собраны сотрудниками ФГУП «КамчатНИРО», ФГУП «СахНИРО», ФГУП «ХфТИНРО-Центр», ФГУП «ЧфТИНРО-Центр», ФГУ «Севвострыбвод», а также «Национального лососевого ресурсного центра» (г. Саппоро, Япония) из речных и прибрежных уловов Дальнего Востока России и северной части Японии в июне–ноябре 2010 г. (рис. 2). Все использованные в работе реперы представляют только азиатский регион. Это обоснованно тем, что дрифтерный промысел ориентирован только на зрелую часть стад, то есть рыб мигрирующих к побережью для захода в нерестовые водоемы. Учитывая сроки лова и географическую удаленность побережья Северной Америки от районов дрифтерного промысла, а также высокую численность азиатской кеты, мы пренебрегаем возможностью присутствия рыб американского происхождения в период преднерестовых миграций в ИЭЗ РФ. Всего в качестве реперов было использовано 11184 экз. чешуи кеты (возраст 0.3+0.4) из 38 азиатских локальных стад.

Создание фотографических имиджей чешуи из реперных и смешанных выборок производили с помощью оптической записывающей системы LEICA DM1000. Математическую обработку чешуйных критериев выполняли с помощью авторского программного пакета Р.А. Шапорева (2007).

При формировании реперной базы данных использовали статистический пакет STATISTICA 6.0. Дифференциацию региональных комплексов стад кеты осуществляли методом многомерного шкалирования на основе квадрата расстояний Махаланобиса по изменчивости структуры чешуи. Разрешающую способность реперной модели определяли методом зависимой симуляции. Все идентификационные расчеты выполнены с помощью программы R 2.14.1.

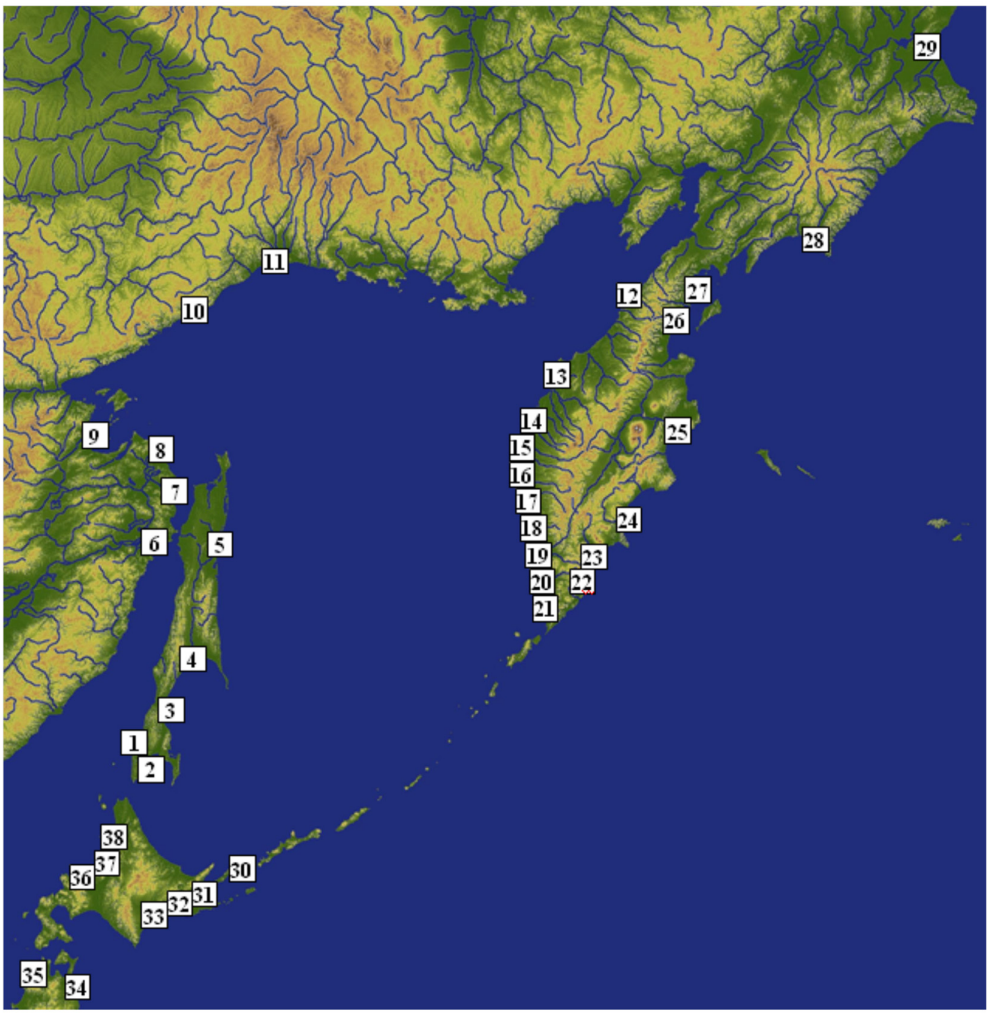


Рис. 2. Схема расположения нерестовых водоемов локальных стад кеты, чешуя производителей которых использована для формирования реперной базы 2010 г.: А) *Сахалин* — р. Калининка (1), р. Таранай (2), р. Найба (3), р. Поронай (4), р. Тымь (5); Б) *р. Амур* (6); В) *Материковое побережье Охотского моря* — р. Тумнин (7), р. Коль (8), р. Тугур (9), р. Охота (10), р. Кухтуй (11), Г) *Западная Камчатка* – р. Палана (12), р. Хайрюзова (13), р. Ича (14), р. Крутогорова (15), р. Колпакова (16), р. Воровская (17), р. Кихчик (18), р. Утка (19), р. Большая (20), р. Опала (21); Д) *Восточная Камчатка* — р. Паратунка (22), р. Авача (23), р. Жупанова (24), р. Камчатка (25), р. Карага (26), р. Кичига (27), р. Апука (28); Е) *Чукотка* — р. Анадырь (29); Ж) *Курильские о-ва (о. Итуруп)* — р. Рейдовая (30); З) *Япония (о-ва Хоккайдо и Хонсю)* — р. Нишибецу (31), р. Абашири (32), р. Токачи (33), р. Цугаруиши (34), р. Гакко (35), р. Юраппу (36), р. Токушибецу (37), р. Ишикари (38)

Результаты и обсуждение

Реперная база данных

У кеты Северной Пацифики в период полового созревания доминируют особи двух возрастных групп — 0.3 и 0.4. Их суммарная доля в среднем составляет около 90% от всех производителей Азии и Северной Америки (Salo, 1991). Поэтому подбор чешуйных реперов осуществляли путем комбинирования двух доминирующих возрастных групп 0.3+0.4. Это позволило значительно повысить репрезентативность реперного материала, что крайне важно, поскольку не из всех регионов Дальнего Востока РФ можно получить достаточное количество чешуи для полноценного анализа.

Анализ, проведенный методом многомерного шкалирования, позволили нам выделить шесть основных комплексов стад кеты: 1) западная Камчатка, 2) восточная Камчатка, 3) Сахалин, 4) материковое побережье (МП) Охотского моря + р. Амур, 5) Чукотка, 6) Япония (рис. 3). Из графика видно, что центроид представляющий фенотип чешуи Курильских о-вов (о. Итуруп) занимает промежуточное положение между реперами Сахалина и Японии. Понятно, что в этом случае потенциально заложена его слабая идентификационная способность. Из проблемных моментов также необходимо отметить раз-

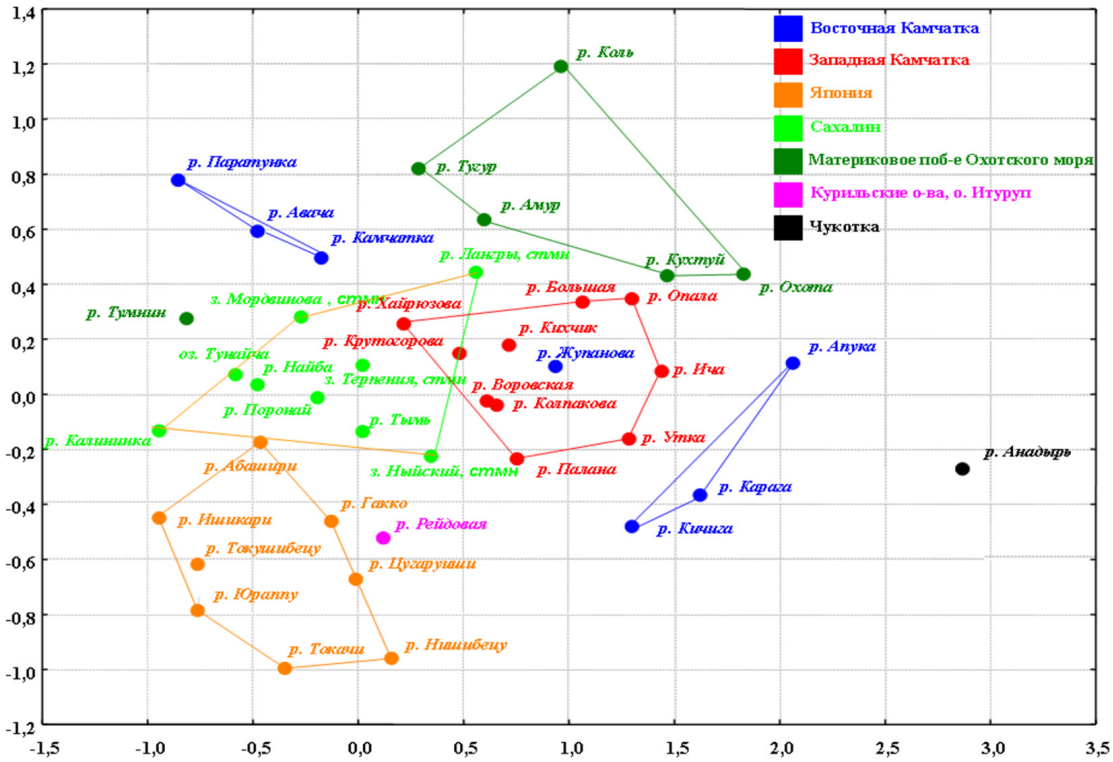


Рис. 3. Распределение центроидов чешуйных критериев популяций азиатской кеты (возраст 0.3 + 0.4), характеризующее сходство региональных комплексов стад Камчатки, Сахалина, материкового побережья Охотского моря, Курильских островов, Чукотки и Японии

брос центроидов западной и восточной Камчатки, расположение которых имеет прерывистый характер. В принципе, с географической точки зрения мы видим здесь выделение северо-восточного и юго-восточного комплексов стад Камчатки. Но учитывая, что западнокамчатские реперы занимают промежуточное положение, это может привести к оттягиванию части смешанных выборок в пользу того или иного регионального комплекса.

В целом распределение центроидов чешуйных реперов азиатских стад кеты, полученное по материалам 2010 г., в значительной степени соответствует таковому по данным предыдущих лет. Родственные комплексы стад по структуре чешуи были выделены еще в 1960–1970-х гг. (Куликова, 1970, 1975), а также в более поздний период 1990–2000-х гг. ((Бугаев и др, 2006, 2007а, 2009, 2012; Zavarina et al., 2005). Единственным принципиальным отличием можно считать переход репера из р. Амур в 2010 г. от сахалинского кластера стад к группировке стад материкового побережья Охотского моря. С позиции идентификации данное расхождение не представляет серьезной проблемы, поскольку рыбы всех этих стад мигрируют из тихоокеанских вод в Охотское море в системе единого фронта. Тем не менее, отметим этот факт. Возможно, что это одно из проявлений межгодовой изменчивости чешуйных критериев.

Рассматривая результаты фенотипической дифференциации внутривидовой структуры кеты в многолетнем плане, еще раз обращаем внимание на достаточную стабильность состава макрокомплексов стад этого вида в азиатской части ареала по чешуйным критериям. Несомненно, это явление имеет системный характер, что говорит о временной устойчивости формирования фенотипов чешуи на данном уровне пространственной изоляции.

Таким образом, в результате была сформирована реперная база данных, отражающая фенотипы чешуи кеты из основных регионов воспроизводства азиатских стад. Следующим этапом идентификационных работ является определение разрешающей способности полученной реперной модели. Для этого мы использовали зависимую симуляцию, которую выполнили путем расчета максимальной вероятности встречаемости заданного комплекса стад в имитации смешанной выборки (табл. 1). Результаты симуляции показали, что разрешающая способность модели составила 79,24%. В принципе, уровень точности вполне удовлетворительный для идентификации по чешуйным критериям. Но, как отмечалось выше, в базе имеется проблемный репер из р. Рейдовая (о. Итуруп). По большому счету это точка

выброса в данной реперной модели. Его низкая идентификационная способность объясняется тем, что японские реперы перехватывают часть заданной стандартной выборки при симуляции. Без учета точки выброса разрешающая способность модели заметно возрастает — до 85,54%.

Таблица 1. Средневзвешенная оценка разрешающей способности региональных комплексов стад реперной базы кеты, выполненная методом бутстрепа (100 повторений), MLE

Параметры	Западная Камчатка	Восточная Камчатка	Япония	МП Охотского моря	Курильские о-ва	Сахалин	Чукотка
MLE	**0,8315**	**0,8868**	**0,9346**	**0,9168**	**0,4145**	**0,6817**	**0,8809**
SD	0,0110	0,0101	0,0092	0,0108	0,0382	0,0140	0,0242
-CI-95%	0,8099	0,8670	0,9165	0,8957	0,3397	0,6542	0,8335
+CI-95%	0,8530	0,9065	0,9527	0,9379	0,4892	0,7092	0,9283
Разрешающая способность, %							**79,24**

Смешанные морские выборки

Подготовка смешанных морских выборок для идентификации созревающей части стад кеты по чешуйным критериям включает два этапа. Во-первых, это разделение половозрелых и неполовозрелых особей в уловах. Во-вторых, определение возрастного состава зрелых рыб. Оба эти действия необходимы для получения более объективных идентификационных оценок в дальнейшем.

Понятно, что в дрифтерных уловах, учитывая размеры ячеи (65 мм) промысловых сетей, не может быть большого прилова малоразмерных неполовозрелых особей. Обычно их встречаемость колебался в пределах 5–25% в зависимости от периода и района лова (Заварина, 2004; Бугаев и др., 2007б). Но, отметим, что эти оценки приводились на основе данных контрольных сетей с ячеей 55 мм, которыми были вооружены все суда, работающие по программам региональных НИИ в период 1993–2008 гг. Начиная с 2010 г., после отмены системы научного квотирования, ситуация изменилась. Сейчас суда работают только промысловыми сетями, поэтому логично предположить, что доля незрелых рыб в дрифтерных уловах сократится еще заметнее. В таблице 2 приводятся результаты дифференциации половозрелых и неполовозрелых особей в основных промысловых районах.

Полученные результаты показали, что встречаемость неполовозрелых рыб в дрифтерных уловах заметно ниже среднемноголетнего уровня (1997–2008 гг.), который составлял около 10%. В целом по ИЭЗ РФ в 2010 г. доля незрелой кеты составляла 2,1%, а в 2011 г. — 0,8%. Несомненно, тут ключевую роль играет размер ячеи промысловых сетей. Но нельзя этого утверждать однозначно, поскольку тенденция на снижение доли неполовозрелой кеты в дрифтерных уловах наблюдалась приблизительно с 2005 г. Возможно, что здесь имеют место и пока неизвестные биологические причины.

Таблица 2. Соотношение половозрелых (ПЗ) и неполовозрелых (ПЗ) особей кеты в дрифтерных уловах в 2010 и 2011 гг.

Год	Район	N, экз.	ПЗ	НПЗ
2010	61.02.1	157	100	0
	61.02.2	710	96,8	3,2
	61.03.1	249	99,2	0,8
	61.05.4	138	99,3	0,7
	ИЭЗ РФ	1254	97,9	2,1
2011	61.01	167	100	0
	61.02.1	205	99,5	0,5
	61.02.2	1228	99,1	0,9
	61.03.1	445	99,1	0,9
	61.05.4	245	99,2	0,8
	ИЭЗ РФ	2290	99,2	0,8

После дифференциации зрелых и незрелых особей был определен возрастной состав половозрелой кеты (табл. 3). Это необходимо для сопоставления возраста рыб из реперной базы и смешанных морских выборок. В первом случае, как упоминалось выше, были включены особи доминирующих в речных и прибрежных уловах две возрастные группы 0.3 и 0.4. В дрифтерных уловах, судя по представленным оценкам, явно доминируют рыбы эти же возрастов. Суммарная доля половозрелой кеты в возрасте 0.3 +0.4 в ИЭЗ РФ в 2010 г. составляла 96,0%, а в 2011 г. — 93,6%. Исходя из полученных данных, понятно, что возможные искажения идентификационных оценок из-за межгодовой изменчивости будут минимальными.

Распределение региональных комплексов стад

Результаты идентификации региональных комплексов стад азиатской кеты в период преднерестовых миграций в ИЭЗ РФ в 2010 и 2011 гг. показаны на рисунке 4. Из полученных схем видно, что в 2010 г. в большинстве промысловых районов доминирующее положение занимал камчатский комплекс стад. Причем, наблюдалась характерная четко выраженная широтная зональность распределения восточнокамчатских и западнокамчатских группировок. В юго-западной части Берингова моря (Карагинская подзона — 61.02.1) преобладали стада восточной Камчатки — 68,1%. Доля западнокамчатской кеты здесь не превышала 3,6%. Южнее в прикамчатских водах северо-западной части Тихого океана (Петропавловск-Командорская подзона — 61.02.2) присутствие восточнокамчатских рыб заметно снизилось до 36,7%, а доля стад западной Камчатки наоборот возросла до 15,6%. В акватории северных Курильских островов (Тихоокеанская подзона — 61.03.1) произошла смена доминанты в сторону преобладания кеты западной Камчатки — 28,6%. В восточной части Охотского моря (Камчатско-Курильская подзона — 61.05.4) в уловах могли присутствовать только западнокамчатские рыбы. Их доля здесь составляла 64,4%.

Следующими по встречаемости в уловах были рыбы из водоемов материкового побережья Охотского моря + р. Амур. По аналогии с кетой западной Камчатки доли этого комплекса стад возрастали при смещении с севера на юг — в беринговоморских водах — 9,4%, в прикамчатских водах — 22,6% и в прикурильских водах — 46,7%. В восточной части Охотского моря доля стад материкового побережья была заметно ниже — 19,7%. Присутствие кеты сахалинского комплекса стад во всех районах дрифтерного промысла изменялись достаточно стабильно — в пределах 7,3–10,6%. Встречаемость кеты японских стад также было относительно невелика. Ее доля в беринговоморских водах составляла 11,6%, в прикамчатских водах — 13,2%, в прикурильских водах — 2,9% и в охотоморских водах — 7,8%. Рыбы других региональных комплексов стад в уловах этого года встречались значительно реже.

В 2011 г. общие тенденции широтного распределения региональных комплексов стад сохраняются. Но, как видно из представленных схем, непосредственно внутривидовая структура дрифтерных уловов кеты претерпела значительные изменения. В беринговоморских и тихоокеанских водах доминирующее положение занял комплекс стад материкового побережья Охотского моря + р. Амур. Доли рыб этого комплекса во всех трех районах были преобладающими и варьировали весьма слабо, колеблясь в пределах 46,3–49,7%. В восточной части Охотского моря, как и в 2010 г., встречаемость кеты охотоморского континентального побережья была несколько ниже — 36,5%. Камчатский комплекс стад по уровню присутствия в уловах занимал вторую позицию. Доли восточнокамчатской кеты варьировали от 31,0%

Таблица 3. Возрастной состав половозрелой кеты в дрифтерных уловах в 2010 и 2011 гг.

Год	Район	N, экз.	ВОЗРАСТ, %				
			0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
2010	61.02.1	154	0,3	50,8	45,4	3,5	–
	61.02.2	680	0,4	52,1	43,2	4,3	–
	61.03.1	234	–	49,2	49,3	1,5	–
	61.05.4	134	0,2	47,7	48,3	3,7	0,1
	ИЭЗ РФ	1202	0,2	47,7	48,3	3,7	0,1
2011	61.01	167	–	43,7	46,7	9,6	–
	61.02.1	204	–	31,4	54,4	13,7	0,5
	61.02.2	1217	0,3	44,9	49,0	5,7	0,1
	61.03.1	441	1,6	56,7	38,5	3,2	–
	61.05.4	243	0,4	57,2	40,8	1,6	–
	ИЭЗ РФ	2272	0,5	47,2	46,4	5,8	0,1

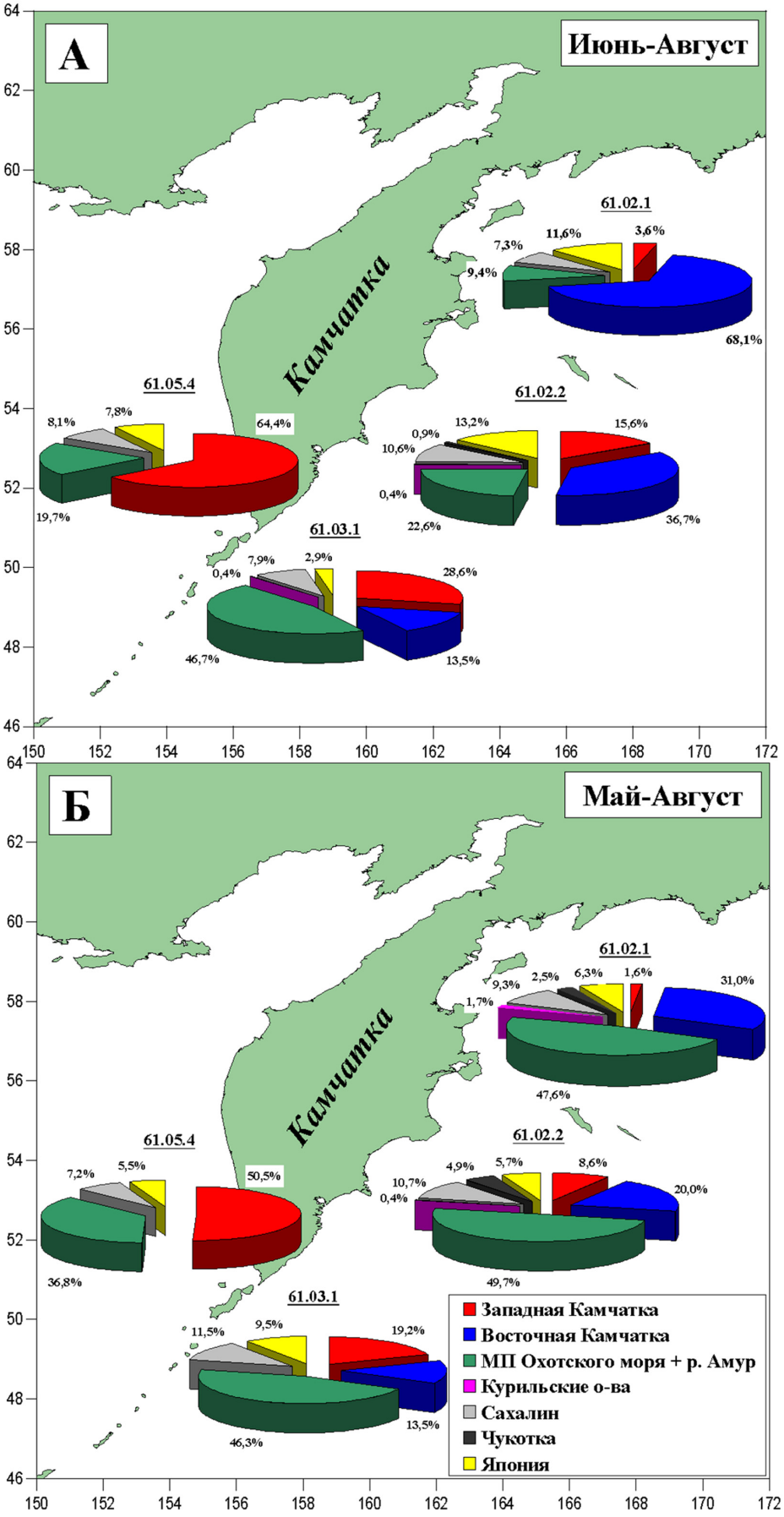


Рис. 4. Распределение региональных комплексов стад половозрелой кеты в период преднерестовых миграций в беринговоморских, тихоокеанских и охотоморских водах ИЭЗ РФ: А — 2010 г., Б — 2011 г.

на севере и до 13,5% на юге. Соответственно, встречаемость рыб западнокамчатской группировки стад составляла 1,6–19,2%. В охотоморских водах ее доля увеличивалась до 50,5%. Сахалинские стада в этом году стали чаще встречаться в уловах. Их доли колебались в пределах 7,2–11,5%. Присутствие рыб японского комплекса стад, наоборот, незначительно уменьшилось от 5,5 до 9,5%. Из других комплексов стад, можно отметить, некоторое увеличение встречаемости в уловах чукотской кеты — 2,5–4,9%.

В сравнительных целях был проведен анализ многолетних трендов встречаемости основных региональных комплексов азиатских стад кеты в беринговоморских и тихоокеанских водах ИЭЗ РФ в мае–августе 1997–2011 гг. (рис. 5). Исходя из представленных данных, можно выделить, некоторые общие закономерности:

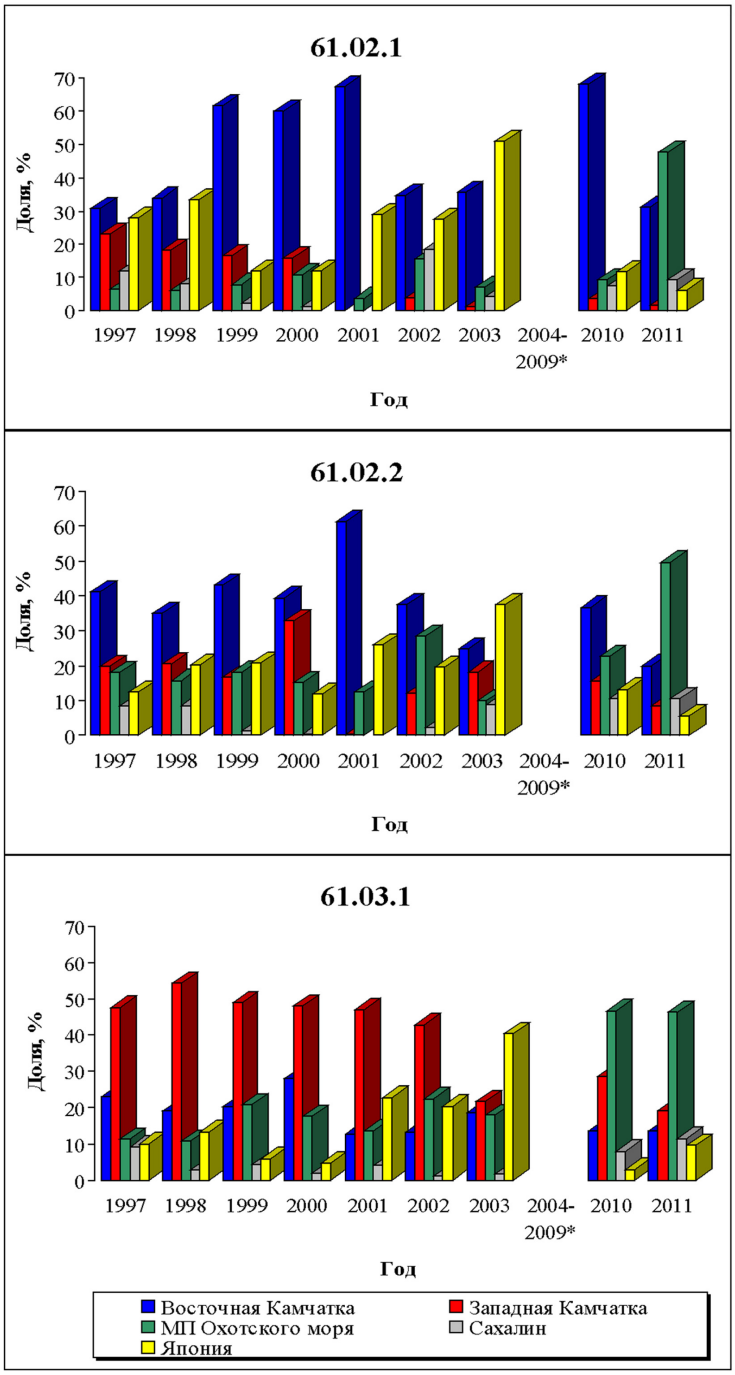


Рис. 5. Динамика встречаемости основных региональных комплексов стад азиатской кеты в период преднерестовых миграций в беринговоморских и тихоокеанских водах ИЭЗ РФ в 1997–2011 гг. Примечание. * — в 2004–2009 гг. мониторинг внутривидовой идентификации уловов кеты из дрифтерных уловов не велся. Данные за 1997–2003 гг. представлены по архивным источникам ФГУП «КамчатНИРО» (по данным Бугаев и др., 2012)

1) Существует четко выраженная тенденция уменьшения доли стад восточной Камчатки при смещении с севера на юг. При этом, соответственно, наблюдается увеличение встречаемости западнокамчатской кеты. Понятно, что подобный тип широтного пространственного распределения стад Камчатки обусловлен географией мест и сроками нереста, указанных комплексов стад;

2) По аналогии с западнокамчатскими стадами по мере смещения к югу возрастает и доля кеты материкового побережья Охотского моря. В обоих случаях это обусловлено образованием единого миграционного фронта для захода в охотоморские воды;

3) Среднемноголетние доли южноохотоморских стад (Сахалин и Япония) более высоки в беринговоморской части ИЭЗ РФ, по сравнению с прикамчатскими и прикурильскими водами северо-западной части Тихого океана.

Анализируя полученные результаты, на наш взгляд, наиболее интересным представляется общее взаимодействие стад кеты Дальнего Востока России и Японии. Если говорить о тенденциях их распределения, то логичнее, чтобы встречаемость японской кеты в ИЭЗ РФ заметно возрастала при смещении к югу. В принципе, это так и происходит, но значительно восточнее основных районов концентрации дрифтерных судов. Этому есть две причины:

1) Дрифтерный промысел целенаправленно ориентирован на облов более дорого объекта промысла — нерки. Соответственно, локализация районов работ судов подчинена стратегии преднерестовых миграций этого вида в ИЭЗ РФ. Учитывая, что более 95% запасов азиатской нерки воспроизводится в реках Камчатки (Бугаев, 1995, 2011), дрифтерный лов в основном осуществляется ближе к территориальным водам полуострова. Соответственно, локализация промысла влияет и на сбор проб кеты;

2) По данным генетических исследований японских специалистов в весенне-летний период основные преднерестовые скопления стад кеты о-вов Хоккайдо и Хонсю формируются на границах беринговоморской и тихоокеанской частей ИЭЗ РФ (Sato et al., 2009; Urawa et al., 2009). Это значительно восточнее мест локализации дрифтерных судов. По-сути, дрифтерами облавливается лишь западное крыло миграционного фронта половозрелой японской кеты. Тем не менее, широта рассредоточения и плотность скоплений может заметно варьировать относительно основного ядра мигрирующих рыб. На что нам указывает и межгодовая изменчивость встречаемости японского комплекса стад кеты в дрифтерных уловах. Кроме этого, отметим, что из-за физико-географических особенностей азиатского побережья, формирующего линию 200-мильной ИЭЗ РФ, максимальное приближение ядра миграционного фронта японской кеты к Камчатке будет происходить именно в юго-западной части Берингова моря. Поэтому здесь и возникает эффект повышенной встречаемости рыб стад Японии в дрифтерных уловах. По мере расширения акватории при смещении к югу в тихоокеанские воды их доля условно уменьшается, поскольку позиция судов заметно удаляется от основного ядра преднерестовых скоплений мигрирующей японской кеты.

Тем не менее, несмотря на тот факт, что дрифтерами облавливается лишь незначительная часть японской кеты, ее доля в уловах может быть весьма существенной. Примером, пиковой встречаемости данного комплекса стад может служить 2003 г. В этот год японская кета составляли в уловах в среднем 40–50%. Даже с учетом потенциальной ошибки идентификации понятно, что в данный период ее встречаемость была повышенной. В принципе, это вполне объяснимо, если оценить реальные объемы промыслового изъятия кеты Дальнего Востока России и Японии. Исходя из данных промысловой статистики, среднемноголетнее соотношение вылова российской и японской кеты составляло 15 и 85%, соответственно. Но в 2009 и 2010 гг. ситуация заметно изменилась. В этот период доля японской кеты в общих азиатских уловах не превышала 65%. Разумеется, подобное увеличение численности российской кеты не могло не сказаться и на ее распределении в районах дрифтерного промысла. Возможно, это повлияло на низкую встречаемость японской кеты в ИЭЗ РФ в 2010 и 2011 г.

Заключение

В результате проделанной работы был выполнен очередной этап популяционно-биологических исследований кеты с применением фенотипических методов. В качестве дифференцирующего признака использованы чешуйные критерии. Анализ фенотипов чешуи кеты сбора 2010 г. позволил выделить шесть основных региональных комплексов стад: 1) западная Камчатка, 2) восточная Камчатка, 3) Сахалин, 4) материковое побережье (МП) Охотского моря + р. Амур, 5) Чукотка, 6) Япония. Это позволило сформировать чешуйную реперную базу, включающую производителей кеты в возрасте 0.3 и 0.4. Оцененная разрешающая способность реперной модели составила около 80%.

На ее основе проведены работы по идентификации региональных комплексов стад азиатской кеты из дрифтерных уловов в период преднерестовых миграций (май–август) 2010 и 2011 гг. Дополнительно были привлечены аналогичные архивные данные 1997–2003 гг. Анализ многолетних тенденций формирования внутривидовой структуры дрифтерных уловов половозрелой кеты показал доминирующая роль стад Камчатки и материкового побережья Охотского моря. Следующими по встречаемости были стада Японии. Но в последние годы наблюдается значительное снижение присутствия японской кеты в дрифтерных уловах. На наш взгляд, это связано с динамикой численности стад Дальнего Востока России и Японии.

Список литературы

Бугаев А.В., Заволокина Е.А., Заварина Л.О., Шубин А.О., Золотухин С.Ф., Капланова Н.Ф., Волобуев М.В., Киреев И.Н. 2006. Идентификация локальных стад кеты *Oncorhynchus keta* в западной части Берингова моря по данным траловых съемок НИС «ТИНРО» в сентябре–октябре 2002–2003 гг. // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 146. С. 3–34.

Бугаев А.В., Заволокина Е.А., Заварина Л.О., Шубин А.О., Золотухин С.Ф., Капланова Н.Ф., Волобуев М.В., Киреев И.Н. 2007а. Популяционно-биологические исследования по программе BASIS. Часть 1 — кета *Oncorhynchus keta* // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 151. С. 115–152.

Бугаев А.В., Заварина Л.О., Шубин А.О., Старовойтов А.Н., Тепнин О.Б., Сорокина Т.Х. 2007б. Биологическая характеристика кеты в Беринговом море и северо-западной части Тихого океана в период преднерестовых миграций 1997–2003 гг. // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 149. С. 64–98.

Бугаев А.В., Е.А. Заволокина, А.В. Заволокин, Л.О. Заварина, И.Н. Киреев, А.О. Шубин, Ю.И. Игнатьев, С.Ф. Золотухин, Н.Ф. Капланова, М.В. Волобуев. 2009. Происхождение и распределение локальных стад кеты *Oncorhynchus keta* в западной части Берингова моря по данным траловых съемок НИС «ТИНРО» в 2004 и 2006 гг. // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 157. С. 3–33.

Бугаев А.В., Шапорев Р.А., Савин В.А., Чистякова А.И. 2012. Результаты камчатских фенотипических исследований тихоокеанских лососей *Oncorhynchus spp.* в 1990–2010 гг. // Сб. науч. Тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 25 (в печати)

Ерохин В.Г. 2007. Дрифтерные исследования морского периода жизни тихоокеанских лососей в прикамчатских водах ИЭЗ России в 1993–2006 гг. // Вопр. рыболовства. Т. 8. № 3 (31). С. 484–524.

Заварина Л.О. 2004. Некоторые данные о неполовозрелой кете *Oncorhynchus keta (Walbaum)* в летне-осенний период нагула в открытых водах Тихого океана // Материалы V науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 22–24 ноября 2004 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 212–215.

Куликова Н.И. 1970. Структура чешуи и характер роста кеты различных стад // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 74. С. 81–93.

Куликова Н.И. 1975. Определение локальных стад кеты в море по структуре чешуи и некоторым морфологическим признакам // Тр. ВНИРО. 1975. Т. 106. С. 49–51.

Шапорев Р.А., Варнавская Н.В., Савин В.А., Степанов В.Г., Бажин А.Г. 2007. Методика комплексного анализа изменчивости строения слоистых структур чешуи тихоокеанских лососей на примере кеты Камчатки // Сб. науч. Тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 9. С. 131–142.

Davis N.D., Myers K.W., Walker R.V., Harris C.K. 1990. The Fisheries Research Institute's high-seas salmonid tagging program and methodology for scale pattern analysis // Amer. Fish. Soc. Symp. №7. P. 863–879.

Ishida R., Takagi K., Arita S. 1961. Criteria for the differentiation of mature and immature forms of chum and sockeye salmon in northern seas // Bull. INPFC. № 5. P. 27–48.

Ito S., Ishida Y. 1998. Species Identification and Age Determination of Pacific Salmon (*Oncorhynchus spp.*) by Scale Patterns // Bull. of the National Res. Inst. of Far Seas Fisheries. № 35. P. 131–153.

Salo E.O. 1991. Life history of chum salmon (*Oncorhynchus chum*) / C. Groot and L. Margolis (ed.). Pacific salmon life histories. Canada, Vancouver, UBC press. P. 233–309.

Sato S., Moriya S., Azumaya T., Nagoya H., Abe S., Urawa S. 2009. Stock distribution patterns of chum salmon in the Bering sea and north Pacific ocean during the summer and fall of 2002–2004 // Bull. NPAFC. № 5. P. 29–37.

Takagi K. 1961. The seasonal change of gonad weight of sockeye and chum salmon in the North Pacific Ocean, especially with reference to mature and immature fish // Bull. Hokkaido Regional Fish. Res. Lab. № 23. P. 17–34.

Urawa S., Sato S., Crane P.A., Agler B., Josephson R., Azumaya T. 2009. Stock-specific ocean distribution and migration of chum salmon in the Bering sea and north Pacific ocean // Bull. NPAFC. №5. P. 131–146.

Zavarina L.O., Antonov N.P., Bugaev A.V. 2003. Scale criteria identify chum salmon, *Oncorhynchus keta* (Walbaum) stocks in gillnet catches within economic zone of Russia // Thesis of NPAFC International Workshop. Stock identification in defining marine distribution and migration of salmon (November 1–2, Honolulu, Hawaii, USA). Technical report. № 5. P. 79–81.

УДК 597.562:575.2

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ ТРЕСКИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ И ТИХООКЕАНСКИХ ВОД КАМЧАТКИ

Кустова А. С., Шпигальская Н. Ю., Терентьев Д. А.,
Пильганчук О. А., Савенков В. В., Сараванский О. Н.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: kustova.a.s@kamniro.ru

Введение

Тихоокеанская треска Gadus macrocephalus — один из основных объектов отечественного и иностранного промысла. В Азии распространена от Анадырского залива вдоль шельфа и материкового склона в водах Берингова моря, Тихого океана, Охотского моря, включая прибрежные воды Курильских островов (Богданов, 2006). Нерест трески проходит на глубинах 100–400 м с марта по апрель. Характер нереста единовременный. Пик нереста трески в юго-западной части Берингова моря приходится на вторую половину марта – начало апреля, а в северо-западной - на апрель. В восточнокамчатском районе треска нерестится в феврале–апреле. У западного побережья Камчатки пик нереста приходится на конец февраля–март. Сроки массового икрометания в каждом конкретном районе различаются и зависят от его географического месторасположения, а также от гидрометеорологических условий в конкретном году (Вершинин, 1984; Токранов, Винников, 1991).

На сегодняшний день данные, на основании которых складывается представление о популяционной однородности трески в прикамчатских водах, в большей степени неполные, а по некоторым районам вообще отсутствуют. Однако, по мнению некоторых исследователей, западноберинговоморская треска образует несколько группировок, приуроченных к районам, отличающимся по геоморфологическому строению и гидрологическим условиям (Вершинин, 1987). Существует несколько мнений о популяционной структуре трески, обитающей в водах Восточной Камчатки, в соответствии с которыми треска образуется единое стадо (Полутов, 1970) или подразделяется на несколько стад, отличающихся морфометрическими и биологическими признаками и условиями среды обитания (Полутов, 1948, 1955, 1970; Световидов, 1948; Моисеев, 1953, 1960; Петрова-Тычкова, 1958; Вершинин, 1984, 1987). А.В. Винниковым и В.А. Давыденко (1998) по результатам кластерного анализа по отолитометрии показано, что минимальным сходством обладали выборки Наваринского и Карагинского районов, в свою очередь еще более отличающиеся от выборок с тихоокеанской стороны Северных Курил и западного побережья Камчатки.

Генетическим исследованиям тихоокеанской трески посвящено относительно небольшое количество работ. Так, при исследовании 11 выборок, собранных на обширной акватории от Японского моря до о. Ванкувер, по 41 белковому локусу, выявлены две группы стад: западнотихоокеанское и восточнотихоокеанское, включая рыб из Берингова моря (Борец, 1997). Проведенные в недавнее время молекулярно-генетические исследования популяционной структуры трески, показали, что уровень сходства между выборками из бассейна Атлантического океана и выборками бассейна Тихого океана ниже, чем сходство группировок внутри бассейнов (Строганов и др., 2009а). Следует отметить, что исследования генетической подразделенности тихоокеанской трески затрагивают, прежде всего, изменчивость на макрогеографическом уровне, когда анализ различий проводится между крупными регионами воспроизводства (Строганов и др., 2009а,б; Бурякова и др., 2009). В то же время, не вызывает сомнений актуальность исследований внутрирегиональной изменчивости, которая обусловлена, в первую очередь, зада-

чами промыслового прогнозирования и рационального распределения промысловых нагрузок на внутривидовые структурные компоненты — популяции. Углубление исследовательских работ по тихоокеанской треске позволит уточнить популяционную структуру и повысить рационализацию эксплуатации запасов данного вида (Строганов и др., 2006).

Целью настоящего исследования является апробация и подбор наиболее информативных популяционно-генетических маркеров, а также оценка уровня их изменчивости в выборках тихоокеанской трески из западной части Берингова моря и тихоокеанских вод Камчатки.

Материал и методика

Материалом послужили выборки тихоокеанской трески из промысловых уловов в Беринговом море и тихоокеанских водах Камчатки, собранные в период с 2010 по 2011 гг. (табл. 1, рис. 1). Общий объем исследованного материала составил 7 выборок (355 экз.). В среднем, соотношение полов в выборках оказалось близким к 1:1. Во всех выборках преобладали особи со стадией зрелости II–III, III и VI–II в единичных случаях встречались — IV и V. В целом, материал был собран в нерестовый период.

Тотальную ДНК выделяли из ткани сердечной мышцы стандартным способом с использованием метода протеиназного гидролиза в присутствии додецилсульфата натрия с последующим высаливанием белков, удалением их вместе с клеточными обломками центрифугированием и осаждением ДНК из супернатанта изопропанолом (Маниатис и др., 1984; Sambrook et al., 1989).

Таблица 1. Характеристика собранного материала

№ выборки	Дата сбора материала	Район промысла	Координаты с. ш., в. д.	Глубина уловов, м	Кол-во исследованных экз.
1	16.01–30.03.2010 г.	61054	50°29'; 55°37'	145–340	28
2	05.03–20.04.2010 г.	61022	51°43'; 158°16'	130	80
3	23.02.2010 г.	61031	50°00'; 156°32'	309	49
4	24.02.2010 г.	61031	50°18'; 156°22'	200	48
5	01.03.2010 г.	61031	51°07'; 157°40'	183	50
6	28.05.2011 г.	6101	61°19'; 179°15'	153	50
7	17.06.2011 г.	6101	60°29'; 171°48'	170	50
Всего					355

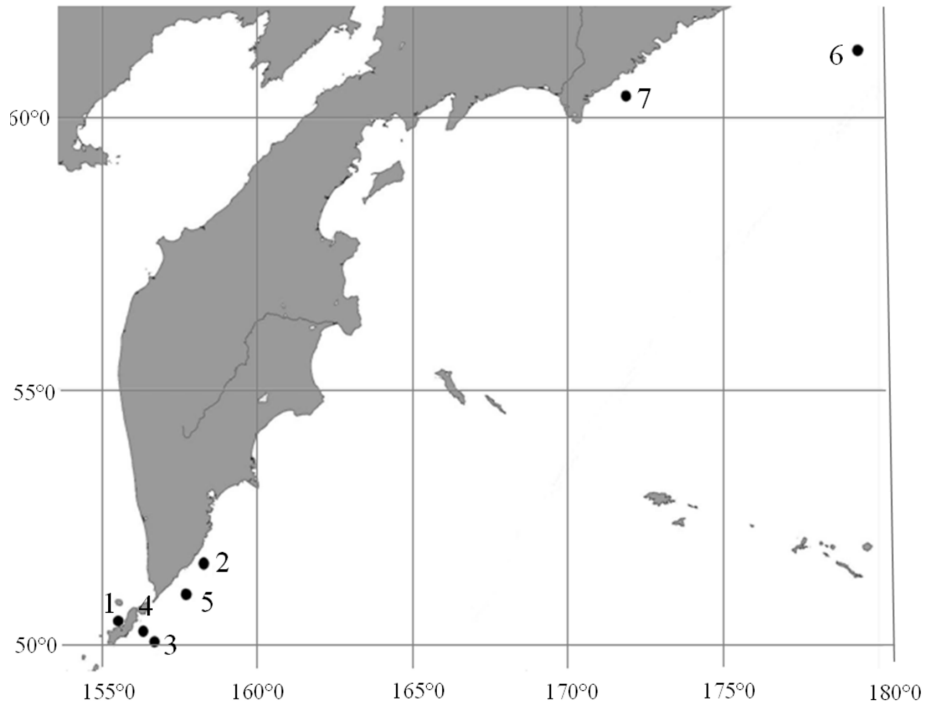


Рис. 1. Локализация исследованных выборок тихоокеанской трески

Амплификацию проводили с использованием готовых лиофилизированных смесей для ПЦР GenePakPCR Core фирмы «ИзоГен» (Россия). Схема ПЦР для микросателлитных локусов тихоокеанской трески — Gmo35, Gmo34, Gmo8, Gmo19, PGmo32 (Miller et al., 2000) включала: денатурацию в течение 4 мин при 95°С, затем 29 циклов, включающих 20 с денатурации ДНК-матрицы при 94°С, 1 мин отжига праймеров при Х°С и синтез новых цепей в течение 1 мин при 72°С, затем следовала завершающая элонгация 5 мин при 72°С; или для локусов *Gma*101, *Gma*102, *Gma*106, *Gma*107, *Gma*108 (Canino et al., 2005): денатурацию в течение 2 мин при 95°С, затем 5 циклов, включающих 1 мин денатурации ДНК-матрицы при 95°С, 1 мин отжига праймеров при 60°С (-1°С/цикл) и синтез новых цепей в течение 1 мин при 72°С, затем 20 циклов, включающих 30 с денатурации ДНК-матрицы при 95°С, 30 с отжига праймеров при Х°С и синтез новых цепей в течение 30 с при 72°С (Х° — температура отжига для индивидуальной пары праймеров варьировала в пределах 45–60°С).

Продукты амплификации разделяли путем электрофореза в вертикальном блоке 6%-ного неденатурирующего акриламидного геля в 0,5х ТВЕ-буфере, pH 8,0 при напряжении 270–300 В в течение 2,0–2,5 ч (Маниатис и др., 1984). В качестве маркеров длин фрагментов использовали ДНК плазмиды pBR322, обработанную рестриктазами HpaII или HaeIII. Электрофореограммы визуализировали в результате окрашивания этидиумбромидом и фотографировали в проходящем УФ-свете.

Степень дифференциации выборок на основе частот аллелей микросателлитных локусов оценивали величиной θ_{st} (аналог F_{st}) в пакете программ GDA (Lewis, Zaykin, 2001) и Arlequin2000 (Schneider et al., 2000). Как мера количественных различий между популяциями были вычислены генетические расстояния с использованием метода Неи (Nei, 1972). Полученная матрица количественных значений дивергенции между выборками была использована для кластерного анализа (программы UPGMA и NJ, пакеты программ NTSYS и GDA). Для оценки генетического сходства популяций был применен метод многомерного шкалирования NTSYS 2.02i (Rohlf, 1998).

Результаты и обсуждение

Для выявления популяционно-генетической изменчивости были апробированы двенадцать микросателлитных локусов, десять из них отобраны для дальнейших исследований (*Gmo*8, *Gmo*19, *PGmo*32, *Gmo*34, *Gmo*35, *Gma*101, *Gma*102, *Gma*106, *Gma*107, *Gma*108), два локуса мсДНК — *Gmo*3, *Gmo-G*12 оказались мономорфными, т. е. непригодными для популяционного анализа. *Gmo*35 и *PGmo*32 имеют три-нуклеотидные повторы, остальные локусы характеризуются тетра-нуклеотиными повторами.

Число обнаруженных аллелей в исследованных локусах колебалось от 5 до 55, причем наибольшее число аллелей обнаружено по локусу *Gmo*8, а наименьшее — по *Gmo*35 (табл. 2). Наиболее полиморфными являются локусы *Gmo*34, *Gmo*8, *Gmo*19, *Gma*101, имеющие 26, 55, 30 и 29 аллельных вариантов, соответственно.

Всего в семи выборках выявлено 217 аллельных вариантов, из них 37 аллелей являются уникальными — встречаются только в какой-либо одной из исследованных выборок. По локусу *Gmo*8 и *Gma*101 выявлено наибольшее количество уникальных аллелей — 15 и 12, соответственно (табл. 3).

Таблица 2. Характеристика микросателлитных локусов тихоокеанской трески исследованных выборок (п. н. — пары нуклеотидов)

Локус	Число обнаруженных аллелей/число исследованных особей	Размер фрагмента, п.н.	Температура отжига, °С
*Gmo*8	55/348	150–422	58
*Gmo*19	30/325	120–244	54
*PGmo*32	9/347	104–131	52
*Gmo*34	26/345	100–208	45
*Gmo*35	5/355	113–125	50
*Gma*101	29/313	136–260	48
*Gma*102	16/309	192–252	52
*Gma*106	16/324	136–216	57
*Gma*107	15/322	164–220	53
*Gma*108	15/327	190–250	50

Оценки дифференциации (θ_{st}) выборок по микросателлитным локусам представлены в таблице 4. Максимальный вклад в изменчивость внес локус *Gmo*35, при пяти выявленных аллелях значение θst оказалось равным 12,37%. Отрицательный вклад в оценку внесли локусы Gma102 и PGmo32, по которым изменчивость внутри выборок, вероятно, выше, чем между исследованными выборками. В среднем, изменчивость (θ_{st}) по всем локусам является статистически значимой — 0,91% (95%-ный бутстреп-интервал положительный, нижняя граница 0,18).

Анализ генетической изменчивости всей совокупности выборок по 10 локусам выявил внутривыборочную изменчивость на уровне 99,12%, межвыборочную — 0,88%.

При исключении из анализа локусов *Gmo*8, *PGmo*32, *Gmo*101 и *Gmo*102 средняя величина изменчивости (θ_{st}) стала равна 1,56% (95%-ный бутстреп-интервал положительный, нижняя граница 0,41), т. е. статистически достоверной на более высоком уровне значимости. Внутривыборочная изменчивость оказалась на уровне 98,1%, а межвыборочная — 1,9%. Из дальнейшего анализа локусы, которые являются наименее информативными и, по которым значения θ_{st} имели отрицательную или близкую к нулю величину, были исключены.

При попарном сравнении семи выборок по аллельным частотам шести микросателлитных локусов из 21-го случая попарных сравнений, выявлены достоверные различия у 11 пар выборок. Выборка № 4 во всех случаях попарных сравнений достоверно отличалась от остальных. Выборка № 3 также отлична от всех, кроме выборки № 6. В десяти случаях попарных сравнений уровень различий не достиг статистической значимости (табл. 5).

Таблица 3. Число аллелей в исследованных выборках ($N_{y.a.}$ — число уникальных аллелей)

Локус	Выборка 1		Выборка 2		Выборка 3		Выборка 4		Выборка 5		Выборка 6		Выборка 7		Всего $N_{y.a.}$
	Всего	$N_{y.a.}$	Всего	$N_{y.a.}$	Всего	$N_{y.a.}$	Всего	$N_{y.a.}$	Всего	$N_{y.a.}$	Всего	$N_{y.a.}$	Всего	$N_{y.a.}$	
*Gmo*35	1	0	2	0	4	0	4	5	1	0	3	0	2	0	5
*Gmo*34	20	0	23	1	21	0	19	0	19	0	21	0	18	0	1
*Gmo*8	22	1	35	4	33	1	34	1	30	0	35	3	39	5	15
*PGmo*32	5	0	5	0	5	0	7	1	4	0	5	0	5	0	1
*Gmo*19	19	0	22	0	22	0	23	2	21	1	19	0	25	1	4
*Gma*101	14	0	20	4	17	1	17	2	17	0	15	0	20	5	12
*Gma*102	10	0	13	0	12	0	15	0	14	0	13	0	12	0	0
*Gma*106	11	0	13	1	11	1	12	0	11	0	10	0	11	0	2
*Gma*107	14	0	14	0	12	0	13	0	14	0	13	1	13	0	1
*Gma*108	7	0	10	1	9	0	9	0	8	1	10	0	9	1	3

Таблица 4. Изменчивость популяций (u_{st}) тихоокеанской трески (в %) по десяти микросателлитным локусам

Gmo35	Gmo34	Gmo8	PGmo32	Gmo19	Gma101	Gma102	Gma106	Gma107	Gma108	Среднее	95%-ный бутстреп-интервал	
											нижний	верхний
12,37	0,31	0,11	-0,42	0,31	0,16	-0,11	0,64	0,55	5,03	0,91	0,18	2,24

Таблица 5. Оценки уровня попарных различий между выборками тихоокеанской трески по шести микросателлитным локусам: F_{st} — над диагональю, под диагональю — уровень статистической значимости (+ — различия статистически значимы, P<0,05)

Выборки	1	2	3	4	5	6	7
1		0,002	0,004	0,058	0,012	0,002	0,011
2	-		0,001	0,052	0,001	-0,001	0,002
3	-	-		0,026	0,012	-0,001	0,01
4	+	+	+		0,063	0,042	0,059
5	+	-	+	+		0,009	0,007
6	-	-	-	+	+		0,002
7	-	-	+	+	+	-	

Графическое отражение полученных результатов исследования изменчивости семи выборок на основе генетических дистанций Неи представлены на рис. 2. Можно отметить своеобразие выборок № 4 и № 3.

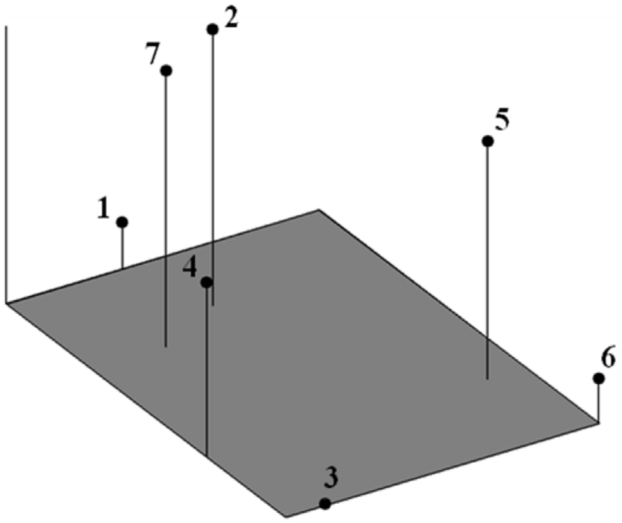


Рис. 2. Результаты многомерного шкалирования выборок тихоокеанской трески по шести микросателлитным локусам (генетические дистанции Неи (Nei, 1972)

Заключение

Таким образом, в соответствии с полученными предварительными результатами по изменчивости десяти микросателлитных локусов в выборках тихоокеанской трески, можно отметить высокий уровень полиморфизма данных популяционно-генетических маркеров. У 355 экз. выявлено 217 аллельных вариантов и только по двум из десяти исследованных микросателлитных локусов был обнаружен основной аллель. Наибольшая дифференцирующая способность оказалась свойственна двум локусам — *Gmo*35 и *Gma*108, по остальным оценки изменчивости не достигали 1%.

В связи с выявленной очень высокой аллельной изменчивостью, когда в выборках, объемом около 50 экз., по отдельным локусам присутствует более 20 аллельных вариантов, достаточно объективная оценка уровня генетических различий, основанная на закономерностях распределения частот генетических признаков — аллелей, пока не представляется возможной.

При продолжении исследований в данном направлении необходимо, прежде всего, увеличение объема выборок, сбор их из нерестовых скоплений, а также продолжение апробации и подбора относительно надежных маркеров популяционной изменчивости тихоокеанской трески.

Список литературы

Богданов Г.А. 2006. Тихоокеанская треска. Вопросы биологии и запасы // М.: ИПФ «Сашко», 136 с.

Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение // Владивосток: ТИНРО-центр, 217 с.

Бурякова М.Е., Шитова М.В., Орлов А.М. 2009. Микросателлитная изменчивость тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* Tilesius (Gadidae) // Эволюционная и популяционная экология (назад в будущее). Мат. конф. молодых ученых. Екатеринбург, 30 марта – 3 апреля 2009 г. С. 19–22.

Вершинин В.Г. 1984. Биология и промысел трески северо-западной части Тихого океана. Автореф. дис. … канд. биол. наук / ДВНЦ АН СССР. Владивосток, 21 с.

Вершинин В.Г. 1987. О биологии и современном состоянии запасов трески северной части Берингова моря // Биологические ресурсы Арктики и Антарктики. М.: Наука. С. 207–224.

Винников А.В., Давыденко В.А. 1998 К вопросу о популяционной структуре тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* Tilesius (Gadidae) прикамчатских и сопредельных вод по результатам отолитометрии // Исслед. Биологии и динамики численности пром. Рыб камчатского шельфа. Вып. 4. С. 33–38.

Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. 1984. Молекулярное клонирование. М.: Мир, 479 с.

Моисеев П.А. 1953. Треска и камбалы дальневосточных морей. // Известия ТИНРО. Т. 40. С. 59–72.

Моисеев П.А. 1960 О поведении тихоокеанской трески в различных зоогеографических районах // Зоологический журнал. Т. 39. вып 4. С. 558–562.

Петрова-Тычкова М.А. 1958. Меристические признаки трески дальневосточных морей // Известия ТИНРО. Т. 28. С. 127–137.

Полутов И.А. 1948 Треска Авачинского залива. // Известия ТИНРО. том XXVIII. С. 104–125.

Полутов И.А. 1955. Черная треска восточного берега Камчатки. 1955. // Вопр. ихтиологии. Вып 5. С. 81–84.

Полутов И.А. 1970. К вопросу о расах трески у берегов Камчатки // Известия ТИНРО. Т. 73. С. 163–172.

Световидов А.Н. 1948. О чертах сходства и различия в распространении, экологии и некоторых особенностях между треской и океанической сельдью // Зоологический журнал. Т. 23. Вып. 4. С. 146–155.

Строганов А.Н., Орлов А.М. 2006. Тихоокеанская треска: значение популяционно-генетических исследований // Рыбное хоз-во. № 3. С 44–45

Строганов А.Н., Орлов А. М., Афанасьев К.И., Бурякова М.Е., Рубцова Г.А. 2009а. Предварительные данные по изменчивости трех микросателлитных локусов у тихоокеанской *Gadus macrocephalus* и атлантической *G. Morhua* трески (Gadidae) // Вопр. ихтиол. Т. 49. № 2. С. 191–199.

Строганов А.Н., Орлов А.М., Бурякова М.Е., Афанасьев К.И. 2009б. О генетической дифференциации тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* Tilesius, 1810 (Gadiformes: Gadidae) // Биол. моря. Т. 35. № 6. С. 436–439.

Токранов А.М., Винников А.В. 1991 Особенности воспроизводства трески в прибрежных водах Камчатки. Исслед. Биологии и динамики численности рыб Камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский. КоТИНРО. Вып. 1. Ч II. С. 36–53.

Canino M.F., Spies I.B., Hauser L. 2005. Development and characterization of novel di- and tetranucleotide microsatellite markers in Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) // Mol. Ecol. Notes. V. 5. P. 908–910.

Lewis P.O., Zaykin D. 2001. Genetic data analysis: computer program for the analysis of allelic data. (http:/lewis.eeb.uconn.lewishome/software.html).

Miller K.M., Le K.D. Beacham T.D. 2000. Development of tri- and tetranucleotide repeat microsatellite loci in Atlantic cod (*Gadus morhua*) // Mol. Ecol. Notes. V. 9. № 2. P. 238–239.

Nei M. 1972. Genetic distance between populations // American Naturalist. V. 106 (949). P. 283–292.

Rohlf F.J. 1998. NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 2.02i. New York: Exeter Software.

Sambrook J., Fritsch E.F. Maniatis T. 1989. Molecular Cloning: A Laboratory Manual. N.Y.: Cold Spring Harbor Lab. Press, 1626 p.

Schneider S., Roessli D., Excoffier L. 2000. Arlequin ver. 2.000: A software for population genetics data analysis. Genetics and Biometry Laboratory, Univ. Geneva, Switzerland.

597.553.2:575.2

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ НЕРЕСТОВОГО ХОДА НЕРКИ Р. ОЗЕРНАЯ

Пильганчук О. А., Шпигальская Н. Ю., Дубынин В. А., Шевляков Е. А., Нигматулина Е. А., Косицына А. И., Сараванский О. Н.

[1] ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: pilganchuk.o.a@kamniro.ru

Введение

Нерка, так же как и большинство видов тихоокеанских лососей, характеризуется сложной внутрипопуляционной организацией, особенно выраженной в таких крупных популяционных системах как бассейн р. Озерной. В пределах данного речного бассейна расположен самый значительный на Дальнем Востоке нерестовый водоем нерки — оз. Курильское, в котором выделяют три ее сезонно-экологические формы — ранняя (весенняя) речная, поздняя (летняя) речная и поздняя (летняя) литоральная (Варнавская, 1988; Варнавская, 2006).

Нерестовый ход нерки р. Озерной начинается обычно в последних числах мая и заканчивается в конце октября - начале ноября. Массовый ход наблюдается с середины июля до начала сентября, рунный ход — с конца июля по середину августа (Бугаев, 2011). Общая продолжительность нерестового хода в р. Озерной составляет 5–5,5 мес., массового — 1,5–2 мес., рунного — 10–22 дня (Егорова, 1977). По данным авиаучетов в бассейне р. Озерной и оз. Курильского численность ранней сезонной расы нерки на нерестилищах составляет 1,9%, поздней — 98,1% (материалы А.Г. Остроумова, по: Бугаев, 1995).

Исходя из того, что в нерестовом ходе четко не выражены сезонные периоды, как не выражены они и в сроках нереста рыб, а также с учетом относительно низкой численности особей раннего времени хода, долгое время существовала точка зрения, что озерновское стадо нерки однородно и представлено только одной сезонной расой — поздней (Егорова, 1970; Селифонова, 1978; Крогиус, 1983). Однако по результатам анализа аллозимных генов были выявлены достоверные отличия между выборками нерки р. Озерной различного времени нерестового хода (Мацак, 1983а, б). Кроме того, было показано сходство между речными выборками определенного периода нерестового хода с выборками из разных нерестилищ оз. Курильского, что позволило выделить три сезонно-экологические формы (Мацак, 1983а, б; Варнавская, 1988). Вероятно, генетические различия у производителей разного времени нерестового хода объясняются наличием субпопуляций, размножающихся на пространственно разобщенных нерестилищах и характеризующихся относительной репродуктивной изоляцией.

Необходимо отметить, что в условиях интенсивной промысловой эксплуатации сведения о популяционной подразделенности являются важнейшим источником информации при решении вопросов управления промыслом и сохранения запасов на оптимальном уровне. Целью настоящего исследования является характеристика генетической гетерогенности нерестового хода нерки р. Озерной на основе аллельной изменчивости микросателлитных локусов для последующей оценки доли промыслового изъятия особей ранней и поздней сезонных рас.

Материал и методика

В настоящей работе исследованы частоты наиболее информативных микросателлитных локусов ядерной ДНК в четырех выборках производителей нерки р. Озерной различных периодов нерестового хода. Выборки объемом по 50 экз. были собраны 13.07.2011 г., 22.07.2011 г., 02.08.2011 г. и 16.08.2011 г. из уловов закидных неводов ОАО «Озерновского РКЗ № 55» в нижнем течении реки (рис. 1).

Тотальную ДНК выделяли из ткани сердечной мышцы или фрагмента грудного плавника стандартным способом с использованием метода протеиназного гидролиза (Маниатис и др., 1984; Sambrook et al., 1989).

Амплификацию проводили с использованием готовых лиофилизированных смесей для полимеразной цепной реакции (ПЦР) GenePakPCR Core фирмы «ИзоГен» (Россия). Режим ПЦР для апробированных и использованных в анализе микросателлитных локусов содержал следующие этапы: денатура-

ция в течение 2 мин при 94 °С, затем 8 циклов, включающих 1 мин при t=94 °С, 30 с отжига праймеров при X °С, 15 с элонгации при 72 °С; затем следовал 21 цикл, включающий: 30 с при 94 °С, 30 с X °С и 15 с при 72 °С; завершающая элонгация 3 мин при 72 °С (X – температура отжига для индивидуальной пары праймеров варьировала в пределах 43–60,0 °С) (табл. 1).

Продукты амплификации разделяли путем электрофореза в вертикальном блоке 6%-ного неденатурирующего акриламидного геля в 0,5х ТВЕ-буфере, pH 8,0, при напряжении 270–300 В в течение 2,0–2,5 ч (Маниатис и др., 1984). В качестве маркеров длин фрагментов использовали ДНК плазмиды pBR322, обработанную рестриктазами HpaII или HaeIII. Электрофореограммы визуализировали в результате окрашивания этидиумбромидом и фотографировали в проходящем УФ-свете.

В программном пакете GDA рассчитывали частоту аллелей, ожидаемую He и наблюдаемую Ho гетерозиготности, среднее число аллелей на локус, оценку межпопуляционной дифференциации (θ_{st} — аналог Fst), бутстрэп-интервал для θ_{st}, индекс фиксации f (Вейр, 1995), а также соответствие распределению Харди-Вайнберга (Lewis, Zaykin, 2001).

Генетические дистанции рассчитывали методом Неи (Nei, 1972) и в программе GENALEX 6 (Peakall, Smouse, 2006). Полученные матрицы использовали для построения дендрограмм методом «присоединения к ближайшему соседу» (Neighbors Joining — NJ) в пакете программ GDA. Графическое изображение дендрограмм было получено в программе TreeView (http://taxonomy.zoology.gla.ac.uk/rod/rteeview.html).

Результаты и обсуждение

Настоящее исследование включало три этапа:

– апробация и подбор микросателлитных локусов, для которых возможна относительно устойчивая и объективная интерпретация аллельных вариантов;

– оценка генетических различий двух наиболее удаленных по времени выборок по максимально возможному числу микросателлитных локусов;

– оценка генетической изменчивости всех включенных в анализ выборок по наиболее дифференцирующим микросателлитам.

Для последующего анализа генетической изменчивости выборок нерки была проведена апробация тридцати пяти микросателлитных локусов (табл. 1).

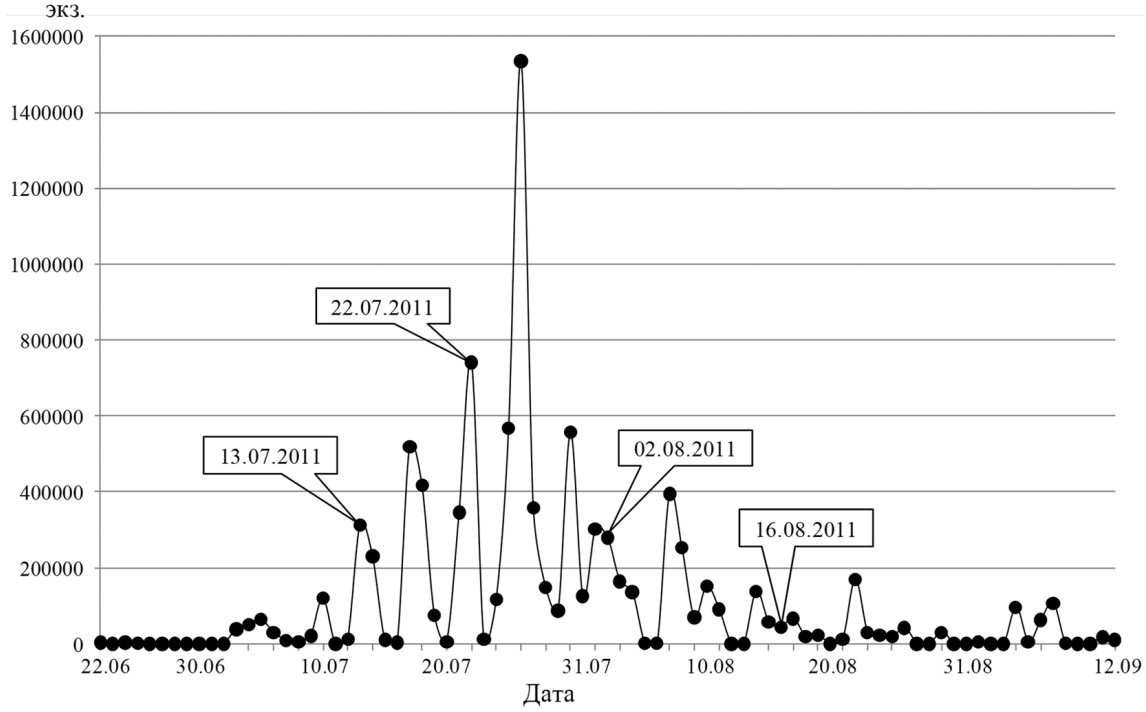


Рис. 1. Динамика нерестового хода нерки р. Озерной в 2011 г. Выносками обозначены даты сбора четырех исследованных выборок

Таблица 1. Апробированные микросателлитные локусы и соответствующие праймерные последовательности, использованные в анализе нерки р. Озерной (* — локусы, использованные для дальнейшего анализа наиболее ранней и поздней выборок)

№ п/п	Локус	Источник информации	T °C отжига	Последовательность праймеров
1	*Ogo2*	Olsen et al., 1998	43,0	F:ACATCGCACACCATAAGCAT R: TTTCTTCGACTGTTTCCTCTGTGTTGAG
2	*Ogo8*	Olsen et al., 1998	45,0	F: TCGCAGAGCGATACCAATG R: GAGGAAGACCATTGAGGTGG
3	*Oke11*	Buchholtz et al., 2001	45,0	F:CAAGGTGATGCGTGCATACAC R: TCATTTATTTTGCCTGTTTCTACCC
4	*Oke3*	Buchholtz et al., 2001	48,0	F: ACCCTGAGAGCAATCAAC R: TCAGGGATATGCAGTAAATAGTA
5	*Oki10*	Smith et al., 1998	46,0	F: GAGTGCTGGACAGATTGGATT R: GGTTGGACCTCATGGTGAA
6	*Oki1a**	Smith et al., 1998	57,5	F: AGGATGGCAGAGCACCACT R: CACCATAATCACATATTCAGA
7	*Oki1b**	Smith et al., 1998	57,5	F: AGGATGGCAGAGCACCACT R: CACCATAATCACATATTCAGA
8	*Oki23**	Smith et al., 1998	54,0	F: CATCACACGATTCCTAGAGTGA R: CCTCATCCACGTTAGCATCA
9	*Oki6**	Smith et al., 1998	49,0	F:TCAACAGATAGACAGGTGACACA R: AACAGACAGCTAATGCAGAACG
10	*Omml037**	Rexroad et al., 2002	52,0	F:GAACGGCGACTGGATTTAATACT R: ACCGCTCACCCTCGTCTCTTAA
11	*Omml070**	Rexroad et al., 2001	60,0	F:GTTGTGTCGAATGGAGTTCTG R: GTGCACTCTAAATGAATCAATCTCTT
12	*Omy1011*	Spies et al., 2005	48,0	F: TAGGGACTGAACGTGCAAG R: GACAAAAGTGACTGGTTGGTTC
13	*Omy301**	Jackson et al., 1998	44,0	F: ACTTAAGACTGGCAACCTT R: CTACACGGCCTTCGGGTGAGA
14	*Omy77**	Morris et al., 1996	49,0	F: CGTTCTCTACTGAGTCAT R: GGGTCTTTAAGGCTTCACTGCA
15	*One101*	Olsen et al., 2000	49,0	F: AAATGACTGAAATGTTGAGAGC R: TGGATGGATTGATGAATGG
16	*One102*	Olsen et al., 2000	50,0	F: CATGGAGAAAAGACCAATCA R: TCACTGCCCTACAACAGAAG
17	*One103*	Olsen et al., 2000	54,0	F: AATGTTGAGAGCTATTTCAATCC R: GATTGATGAATGGGTGGG
18	*One104**	Olsen et al., 2000	53,0	F:GCTACTACAATCCTAGTCTGTGATT R: CATCTTCTTCAGTGGCTGTAGAT
19	*One105**	Olsen et al., 2000	48,0	F:TCTTTAAGAATATGAGCCCTGG R: GCTCAAATAAACTTAAACCTGTCC
20	*One109**	Olsen et al., 2000	53,5	F:AGGGAGAGAAGAGAGGGAGA R: CCTCAGAAGTAGCATCAGCTC
21	*One114*	Olsen et al., 2000	52,0	F:TCATTAATCTAGGCTTGTCAGC R: TGCAGGTAAGACAAGGTATCC
22	*One8*	Nelson, Beacham, 1999	58,0	F:AACATTCTGGGATGACAGGGGTA R: CTGTTCTGCTCCAGTGAAGTGGA
23	*Ots100**	Nelson, Beacham, 1999	54,0	F: TGAACATGAGCTGTGTGAG R: ACGGACGTGCCAGTGAG
24	*Ots102*	Nelson, Beacham, 1999	52,0	F:AGGTCCAATAAGGAGTGATATAGTAG R: TATCCCCTTTACCATTTCCCTTGCTA
25	*Ots103**	Small et al., 1998	54,0	F: AGGCTCTGGGTCCGTG R: TGATATGGTGTGATAGCTGG
26	*Ots107**	Nelson, Beacham, 1999	51,0	F: ACAGACCAGACCTCAACA R: ATAGAGACCTGAATCGGTA
27	*Ots108**	Nelson, Beacham, 1999	48,0	F: TCTGTTTATCTTTCTATTA R: AAGGAGAGACAGAGGG

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Локус	Источник информации	T °C отжига	Последовательность праймеров
28	*Ots2*	Banks et al., 1999	48,0	F: ACACCTCACACTTAGA R: AATATCCTTCACACTG
29	*Ots3**	Banks et al.,1999	51,5	F: CACACTCTTTCAGGAG R: AGAATCACAATGGAAG
30	*OtsG253**	Williamson et al., 2002	48,0	F:GAGCAGGCCGAGCAGGTGTCT R: AATTGGGTCAATAAGGCTCTGTGG
31	*OtsG68**	Williamson et al., 2002	48,0	F:TATGAACTGCAGCTTGTTATGTTAGT R: GTTTCATGTCGGCTGCTCAATGTA
32	*OtsG85*	Williamson et al., 2002	49,0	F: AGCACTGACTTAATATACACACTGA R:GCTTACAACTCATTATTTGGATGTTG
33	*Ssa197*	O'Reilly et al., 1996	46,0	F: GGGTTGAGTAGGGAGGCTTG R: TGGCAGGGATTTGACATAAC
34	*Ssa2019*	Sбnchez et al.,. 1996	48,0	F: TCAACCTGGTCTGCTTCGAC R: CTAGTTTCCCCAGCACAGCC
35	*Str60*	Estoup et al., 1993	56,0	F: CGGTGTGCTTGTCAGGTTTC R: GTCAAGTCAGCAAGCCTCAC

Из исследованных тридцати пяти микросателлитных локусов для анализа выборок от 13.07. и 16.08. было отобрано восемнадцать (табл. 2), характеризующихся достаточно высоким уровнем полиморфизма и размер которых позволяет уверенно интерпретировать аллельные варианты. Около половины апробированных локусов оказались непригодными для анализа вследствие того, что, при рекомендованных авторами условиях, не был получен ПЦР-продукт, или его размер не позволил с уверенностью интерпретировать полученные аллели.

Число аллелей варьировало в широком диапазоне — от 4-х до 25, при среднем значении 9,9 (табл. 2). Показатель дифференциации u_{st} по всем локусам составил 0,96% (бутстреп-интервал положительный), что указывает на достоверные отличия исследованных выборок.

Таблица 2. Характеристика микросателлитных локусов в двух выборках нерки р. Озерной (п. н. — пары нуклеотидов, H_e — средняя ожидаемая гетерозиготность, H_o — средняя наблюдаемая гетерозиготность, f — индекс фиксации, показатель дифференциации — θ_{st}, в %)

№ п/п	Локус	Число аллелей	Размер фрагмента, п. н.	H_e	H_o	f	θ_{st}
1	*Oki*1a	4	144–160	0,463	0,495	–0,069	5,96
2	*Oki*1b	4	108–120	0,513	0,606	–0,183	1,20
3	*OtsG*68	6	136–152	0,561	0,542	0,034	1,48
4	*Ots*107	4	88–120	0,257	0,253	0,018	2,87
5	*Oki*6	4	76–92	0,432	0,417	0,036	6,71
6	*One*104	18	120–188	0,910	0,926	–0,018	0,86
7	*One*109	16	120–180	0,903	0,857	0,051	0,62
8	*Omy*77	6	105–121	0,554	0,528	0,046	–0,10
9	*Ots*100	13	156–200	0,819	0,740	0,097	–0,27
10	*Ots*103	25	108–232	0,928	0,865	0,069	–0,24
11	*One*105	8	126–154	0,656	0,680	–0,036	0,25
12	*OtsG*253	13	114–158	0,823	0,828	–0,006	–0,76
13	*Omm*1070	21	144–260	0,898	0,818	0,089	0,04
14	*Ots*3	6	76–98	0,308	0,327	–0,060	7,10
15	*Ots*108	17	176–242	0,913	0,860	0,059	–0,03
16	*Omy*1037	7	193–221	0,621	0,560	0,098	0,05
17	*Oki*23	3	218–238	0,539	0,470	0,129	0,00
18	*Omy*301	4	64–70	0,134	0,140	–0,048	2,56
	Среднее	9,9					0,96
	95%-ный бутстреп-интервал						0,2–1,9

Двумерное распределение ранней и поздней выборок нерки по принадлежности к собственной популяции на основании анализа полиморфизма 18-ти микросателлитных локусов представлено на рис. 2.

Распределение исследованных особей в соответствии с принадлежностью к собственной популяции (выборке) представленное на основании наличия и частоты встречаемости аллелей микросателлитов, общих для каждой из групп, показало, что обе анализируемые выборки консолидированы и формируют два достаточно обособленных и слабо перекрывающихся массива. Вероятность отнесения особи к собственной популяции (выборке) составила 94%. Тем не менее, наличие между ними перекрывающегося массива указывает отсутствие между ними полной репродуктивной изоляции.

Таким образом, можно подчеркнуть, что выборки нерки р. Озерной, собранные с разрывом во времени более месяца, статистически достоверно отличаются по частотам аллелей 18-ти локусов, хотя вклад отдельных локусов в дифференциацию значительно различается. Так, значения θ_{st} оказались в отрицательном диапазоне по пяти локусам — *Omy*77, *Ots*100, *Ots*103, *OtsG*253 и *Ots*108, а по шести микросателлитам — *One*104, *One*109, *One*105, *Omm*1070, *Omy*1037 и *Oki*23, величина данного показателя была ниже 0,9% (табл. 2). Полученные результаты позволили для дальнейшего анализа отобрать только семь относительно информативных локусов — *Oki*1a, *Oki*1b, *OtsG*68, *Ots*107, *Oki*6, *Ots*3, *Omy*301 (табл. 3). Для отобранных локусов показатель дифференциации u_{st} превышал 1%, находясь в интервале от 1,2% (*Oki*1b) до 7,1% (*Ots*3) (табл. 2).

На основе изменчивости частот аллелей семи вышеуказанных локусов были проанализированы особи из четырех выборок различного времени нерестового хода (табл. 3). Распределения частот представлены на рис. 3. В соответствии с представленными результатами, в ряде случаев имеет место заметная тенденция к уменьшению или увеличению частот аллелей в выборках в зависимости от времени их сбора. В качестве примера можно отметить локус *Ots*3 — частота аллеля 92 п. н. составила 0,72, 0,78, 0,88, 0,92 в выборках от 13.07., 22.07., 02.08. и 16.08., соответственно.

По семи локусам среднее значение u_{st} также оказалось достоверным и составило 1,44%, при положительном бутстреп-интервале (нижняя граница 0,9), хотя по каждому отдельному локусу величины оценок изменились в меньшую сторону (табл. 3–4). Наибольший уровень дифференциации выявлен по локусу *Ots*3, наименьший — по *Ots*107 (табл. 4).

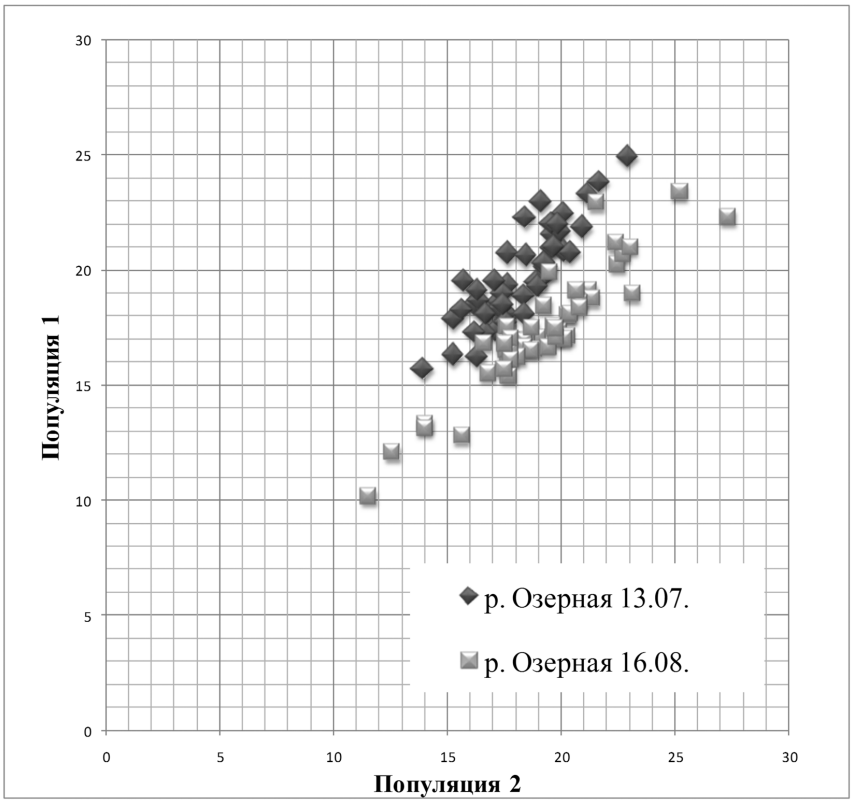


Рис. 2. Двухмерное распределение ранней и поздней выборок нерки р. Озерной по принадлежности к собственной популяции на основании анализа полиморфизма 18-ти микросателлитных локусов

Таблица 3. Генетическая изменчивость четырех выборок нерки р. Озерной (A — число аллелей, H_e — средняя ожидаемая гетерозиготность, H_o — средняя наблюдаемая гетерозиготность, f — внутрипопуляционный коэффициент инбридинга, p — вероятность соответствия наблюдаемых генотипических распределений равновесию Харди-Вайнберга, * — статистически значимое отклонение от равновесия Харди-Вайнберга)

Локус	Характеристики выборок	р. Озерная, 13.07.	р. Озерная, 22.07.	р. Озерная, 02.08.	р. Озерная, 16.08.	Среднее по выборкам
*Oki*1a	A	4	3	4	3	3,5
	H_e	0,393	0,499	0,505	0,503	0,475
	H	0,469	0,416	0,487	0,520	0,473
	f	–0,194	0,167	0,036	–0,032	–0,004
	p	0,216	0,168	0,685	0,926	
*Oki*1b	A	4	4	4	4	4,0
	H_e	0,470	0,489	0,425	0,548	0,483
	H	0,510	0,488	0,357	0,700	0,504
	f	–0,084	0,084	0,163	–0,278	–0,042
	p	0,501	0,437	0,181	0,281*	
*OtsG*68	A	4	4	3	4	3,8
	H_e	0,567	0,559	0,559	0,535	0,553
	H	0,580	0,571	0,580	0,500	0,557
	f	–0,023	–0,022	–0,036	0,067	–0,004
	p	0,927	0,826	0,896	0,488	
*Ots*107	A	4	5	4	4	4,3
	H_e	0,168	0,286	0,293	0,330	0,269
	H	0,177	0,300	0,285	0,320	0,270
	f	–0,058	–0,047	0,027	0,031	–0,004
	p	0,573	0,986	0,448	0,521	
*Oki*6	A	3	4	4	4	3,8
	H_e	0,291	0,506	0,434	0,554	0,447
	H	0,260	0,520	0,460	0,586	0,456
	f	0,107	–0,026	–0,058	–0,059	–0,022
	p	0,246	0,981	0,722	0,691	
*Ots*3	A	5	5	5	5	5,0
	H_e	0,437	0,371	0,222	0,155	0,296
	H	0,489	0,340	0,220	0,163	0,303
	f	–0,120	0,086	0,009	–0,047	–0,021
	p	0,334	0,258	0,525	0,535	
*Omy*301	A	3	3	3	3	3,0
	H_e	0,059	0,078	0,186	0,203	0,131
	H	0,060	0,060	0,200	0,220	0,135
	f	–0,013	0,023	–0,075	–0,080	–0,023
	p	0,050	0,041*	0,783	0,925	
Среднее	A	3,857	4	3,857	3,857	3,892
на локус	H_e	0,341	0,398	0,375	0,404	0,380
	H	0,363	0,379	0,370	0,430	0,385
	f	–0,067	0,048	0,014	–0,063	–0,015

Представление полученных результатов анализа дифференциации четырех различающихся по времени хода выборок в виде NJ-дендрограммы, построенной по стандартным генетическим расстояниям Неи, отражает генетические различия между неркой раннего и позднего времени хода (рис. 4). В наибольшей степени отличной от других является выборка от 13.07.

Статистические оценки попарных различий представлены в табл. 5 и соответствуют ранее представленным результатам — наиболее ранняя выборка от 13.07. достоверно отличается от всех остальных. Между тремя другими выборками уровень различий не достигает статистически значимого уровня.

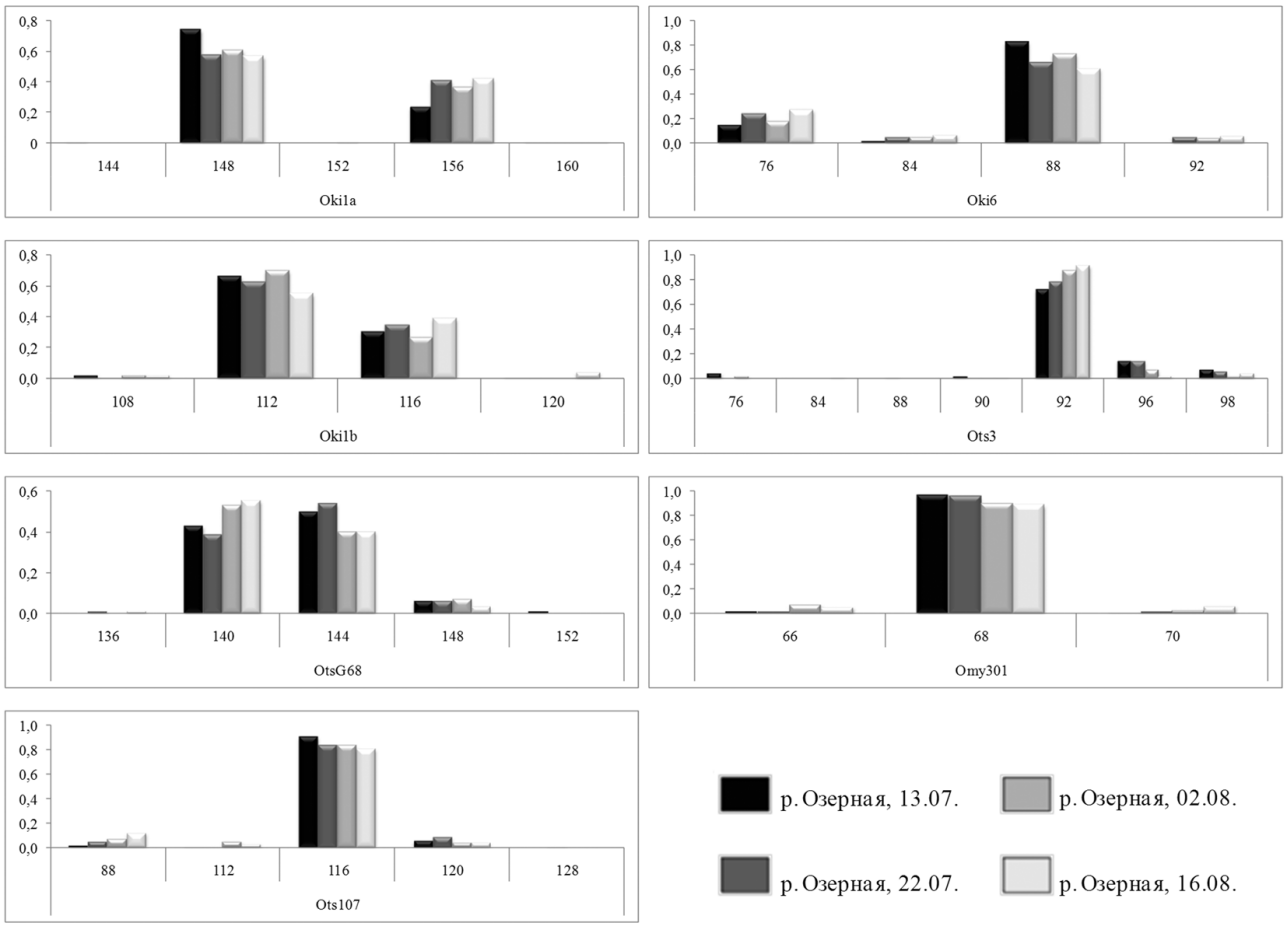


Рис. 3. Распределение частот семи микросателлитных локусов в выборках нерки р. Озерной различных периодов нерестового хода (по оси абсцисс — размер выявленных аллелей (п. н.), по оси ординат — частота встречаемости аллеля в выборке)

Таблица 4. Показатель дифференциации четырех выборок нерки р. Озерная u_{st} по семи микросателлитным локусам (в %)

Локус	θ_{st}
*Oki*1a	1,95
*Oki*1b	0,65
*OtsG*68	1,05
*Ots*107	0,60
*Oki*6	1,91
*Ots*3	2,82
*Omy*301	1,08
Среднее	1,44
95%-ный бутстреп интервал	0,9–2,0

Заключение

Выявлено восемнадцать микросателлитных локусов, использование которых в популяционно-генетических исследованиях нерки представляется перспективным. Семь микросателлитов являются наиболее информативными для анализа генетической гетерогенности нерестового хода нерки р. Озерной. Достоверные отличия выявлены только между неркой первой половины июля и остальными, включенными в анализ особями. Полученные результаты, свидетельствующие о генетической неоднородности нерки р. Озерная, предполагают необходимость продолжения исследований в данном направлении и увеличения объема материала в анализе.

Список литературы

Бугаев В.Ф. 2011. Азиатская нерка-2 (биологическая структура и динамика численности локальных стад в конце XX – начале XXI вв.). Петропавловск-Камчатский: Изд-во «Камчатпресс», 380 с.

Бугаев В.Ф. 1995. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности). М.: Колос, 464 с.

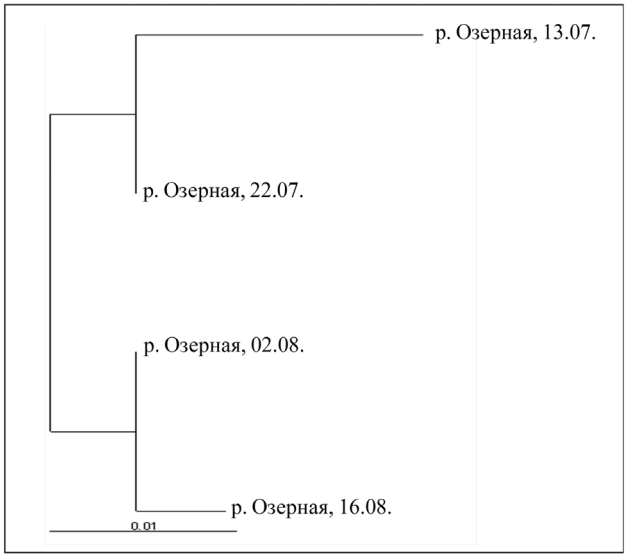


Рис. 4. NJ-дендрограмма, построенная по стандартным генетических расстояниям Неи на основе аллельной изменчивости семи микросателлитных локусов

Таблица 5. Оценки уровня попарной генетической дифференциации между популяциями нерки: F_{st} — над диагональю (* — различия статистически незначимы, P>0,05), дистанции Неи — под диагональю

№ выборки	Р. Озерная, дата выборки	1	2	3	4
1	13.07.		0,009	0,012	0,037
2	22.07.	0,012		0,006*	0,008*
3	02.08.	0,015	0,010		0,004*
4	16.08.	0,039	0,013	0,090	

Варнавская Н.В. 1988. Пространственная и темпоральная генетическая структура в популяционной системе нерки оз. Курильского (Камчатка) // Тез. III Всесоюз. совещ. по лососевидным рыбам. Тольятти: ИЭВБ. С. 49–51.

Варнавская Н.В. 2006. Генетическая дифференциация популяций тихоокеанских лососей. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 488 с.

Вейр Б. 1995. Анализ генетических данных. М.: Мир, 400 с.

Егорова Т.В. 1977. Нерестовый ход и сроки нереста *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) в бассейне р. Озерной // Вопр. ихтиол. Т. 17. Вып. 4. С. 634–641.

Егорова Т.В. 1970. Об отсутствии сезонных группировок красной бассейна реки Озерной // Изв. ТИНРО. Т. 78. С. 43–47.

Крогиус Ф.В. 1983. Сезонные расы красной *Oncorhynchus nerka* (Walb.) и ее нерестилища в водоемах Камчатки // Биологические основы развития лососевого хозяйства в водоемах СССР. М.: Наука. С. 18–31.

Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. 1984. Молекулярное клонирование. М.: Мир, 479 с.

Мацак Е.А. 1983а. Генетическая неоднородность нерки (*Oncorhynchus nerka*) оз. Курильского во время нерестового хода // Биологические проблемы Севера. Тез. X Всесоюз. симп. Ч. 2. Магадан. С. 194–195.

Мацак Е.А. 1983б. Генетическая структура популяций нерки озера Курильского (Камчатка) // Морфология, структура популяций и проблемы рационального использования лососевидных рыб // Тез. Координац. совещ. по лососевидным рыбам. Л.: Наука, 129 с.

Селифонова М.Ф. 1978. Распределение красной по нерестилищам бассейна реки Озерной // Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. Владивосток: ТИНРО. С. 129–133.

Banks M.A., Blouin M.S., Baldwin B.A. et al. 1999. Isolation and inheritance of novel microsatellites in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) // J. Hered. V. 90. P. 281–288.

Buchholtz W.G., Miller S.J., Spearman W.J. 2001. Isolation and characterization of chum salmon microsatellite loci and use across species // Animal Genetics. V. 32. № 3. P. 162–165.

Estoup A., Presa P., Krieg F. et al. 1993. (CT)n and (GT)n microsatellites: a new class of genetic markers for *Salmo trutta* L. (brown trout) // J. Heredity. V. 71. P. 488–496.

Jackson T.R., Ferguson M.M., Danzmann R.G. et al. 1998. Identification of two QTL-influencing upper temperature tolerance in three rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) half-sib families // J. Heredity. V. 80. P. 143–151.

Lewis P.O., Zaykin D. 2001. Genetic data analysis: computer program for the analysis of allelic data. (http:/ lewis.eeb.uconn.lewishome/software.html).

Morris D.B., Richard K.R., Wright J.M. 1996. Microsatellites from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and their use for genetic study of salmonids // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 53. P. 120–126.

Nei M. 1972. Genetic distance between populations // American Naturalist. V. 106 (949). P. 283–292.

Nelson R.J., Beacham T.D. 1999. Isolation cross species amplification of microsatellite loci useful for study of Pacific salmon // Animal Genetics. V. 30. P. 228–229.

O'Reilly P.T., Hamilton L.C., McConnell S.K., Wright J.M. 1996. Rapid analysis of genetic variation in Atlantic salmon (*Salmo salar*) by PCR multiplexing of dinucleotide and tetranucleotide microsatellites // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 53. P. 2292–2298.

Olsen J.B., Bentzen P., Seeb J.E. 1998. Characterization of seven microsatellite loci derived from pink salmon // Mol. Ecol. V. 7. P. 1083–1090.

Olsen J.B., Wilson S.L., Kretschmer E.J. et al. 2000. Characterization of 14 tetranucleotide microsatellite loci derived from sockeye salmon // Mol. Ecol. V. 9. P. 2185–2187.

Peakall R., Smouse P.E. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. Mol. Ecol Notes. V. 6. P. 288–295.

Rexroad III C.E., Coleman R.L., Gustafson A.L. et al. 2002. Development of rainbow trout microsatellite markers from repeat enriched libraries // Mar. Biotechnol. V. 4 (1). V. 12–16.

Rexroad III C.E., Coleman R.L., Martin A.M. et al.. 2001. Thirty-five polymorphic microsatellite markers for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Animal Genetic. V. 32. P. 317–319.

Sambrook J., Fritsch E.F. Maniatis T. 1989. Molecular Cloning: A Laboratory Manual. N.Y.: Cold Spring Harbor Lab. Press, 1626 p.

Sõnchez J.A., Clabby C., Ramos D. et al. 1996. Protein and microsatellite single locus variability in *Salmo salar* L. (Atlantic salmon) // J. Heredity. V. 77. P. 423–432.

Small M.P., Beacham T.D., Withler R.E., Nelson R.J. 1998. Discrimination coho salmon *(Oncorhynchus kisutch)* populations within the Fraser River, British Columbia // Mol. Ecol. V. 7. P. 141–155.

Smith C.T., Koop B.F., Nelson R.J. 1998. Isolation and characterization of coho salmon *(Oncorhynchus kisutch)* microsatellites and their use in other salmonids // Mol. Ecol. V. 7. P. 1613–1621.

Spies I.B., Brazier D.J., O'Reilly P.T. et al. 2005. Development and characterization of novel tetra-, tri-, and dinucleotide microsatellite markers in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Mol. Ecol. Notes. V. 5. P. 278–281.

Williamson K.S., Cordes J.F., May B. 2002. Characterization of microsatellite loci in chinook salmon (*Oncorhyncus tshawytscha*) and cross-species amplification in other salmonids // Mol. Ecol. Notes. V. 2. P. 17–19.

УДК 597.562:575.2

ПОЛИМОРФИЗМ ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ МИНТАЯ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

Савенков В. В., Шпигальская Н. Ю., Варкентин А. И.,
Пильганчук О. А., Кустова А.С., Сараванский О. Н.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: savenkov.v.v@kamniro.ru

Введение

Минтай *Theragra chalcogramma* — один из наиболее многочисленных и важных в промысловом отношении видов рыб как отечественного, так и мирового рыболовства. Охотское море является одним из основных районов его добычи в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне. Несмотря на достаточно длительный период изучения минтая в пределах его ареала, в т. ч. и в северной части Охотского моря, вопрос о популяционной организации и, соответственно, о распределении промысловой нагрузки на структурные компоненты популяционной системы, до сих пор остается спорным и требующим продолжения и развития исследований в данном направлении.

В северной части Охотского моря существует несколько центров воспроизводства минтая, важнейшие из которых располагаются на западнокамчатском шельфе, в североохотоморском районе и в заливе Шелихова (Фадеев, 1981, 1987; Шунтов и др., 1993; Зверькова, 2003). Нерест и, в целом, размножение вида происходят в пределах шельфа и присваловых участках на глубинах от 50 до 200–250 м. Наибольшее количество производителей концентрируется для нереста на западнокамчатском шельфе, в мелководье северо-центрального района (возвышенность Лебедя, Притауйский район) и в зал. Шелихова (в кутовой части Шелиховской ложбины, в 30–40 милях от Ямских островов). Значительно меньшие скопления и объемы нереста наблюдаются на акватории к северо-западу и юго-западу от о-ва Ионы и у восточного побережья о. Сахалин.

Сведения о сроках нереста минтая в северной части Охотского моря, в т.ч. в отдельных центрах воспроизводства, можно встретить в большом количестве публикаций (Фадеев, 1987; Золотов и др., 1990;

Шунтов и др., 1993; Овсянников, 1999; Варкентин и др., 2001; Зверькова, 2003; Авдеев и др., 2008). Для минтая во всех районах его обитания характерен очень длительный период нереста, достигающий более полугода. В среднемноголетнем плане в северной части Охотского моря массовый нерест начинается раньше всего на западнокамчатском шельфе. Икрометание здесь продолжается с января по май, а пика достигает в конце марта - апреле (Фадеев, 1987). К июлю–августу нерест минтая у Западной Камчатки практически завершается, и лишь в редких случаях летом можно встретить размножающихся особей (Золотов и др., 1990). Размножение в заливе Шелихова начинается в более поздние сроки, и далее, как бы против часовой стрелки, распространяется на северо-западную часть моря. Различия в сроках нереста на каждом из соседних нерестилищ составляют примерно 2–3 недели. Наиболее поздний нерест наблюдается на восточно-сахалинском шельфе с пиком в первой-третьей декадах мая, изредка в первых числах июня (Фадеев, 1987).

В ранний период исследований охотоморского минтая среди японских, а позднее и российских ученых господствовало мнение о значительной структурированности минтая в Охотском море. В частности, предполагалось, что каждому нерестовому району соответствует свое локальное стадо, которое отличается от других по морфологическим и генетическим признакам (Флусова, Богданов, 1986; Флусова, 1987). В свою очередь, в локальных стадах выделяли от четырех до шести популяций (Пушников, 1978; Зверькова 1981; Флусова, Богданов, 1986; Флусова, 1987). Мнение о структурированности минтая в северной части Охотского моря можно встретить и в настоящее время. В.В. Кузнецов с соавторами (2008), совокупность особей этого вида на указанной акватории считают сложной, иерархически организованной популяционной системой. Внутри нее, в качестве второго иерархического уровня, выделяют восточноохотоморское и североохотоморское стада зимне-нерестующего минтая, которые связаны с основными районами воспроизводства и отличаются собственной динамикой. На низшем уровне в данной системе находятся панмиктические популяционные единицы, связанные с локальными нерестилищами.

В то же время, существует точка зрения, что в северной части Охотского моря имеет место единая суперпопуляция минтая (Шунтов и др., 1993). Функциональная структура ее включает репродуктивное ядро, расположенное в более благоприятной для эффективного воспроизводства, развития и роста молоди северо-восточной части моря, и нагульную область половозрелых особей, включающую практически всю акваторию моря. Ядро популяции представлено серией нерестилищ вдоль Западной Камчатки, включая залив Шелихова, и в притауйском районе. Близкой позиции о существовании в северной части Охотского моря единой крупной популяции со сложной внутрипопуляционной структурой придерживается и Л.С. Зверькова (2003).

Изучая уровень подразделенности минтая Охотского и Берингова морей, отечественные и зарубежные исследователи использовали традиционные методы анализа изменчивости морфологических и меристических признаков, но с начала 70-х гг. XX в. исследования стали дополняться методами популяционной генетики. Получены результаты анализа изменчивости частот аллелей аллозимных генов в выборках охотоморского минтая из основных районов воспроизводства (Флусова, Богданов, 1986; Флусова, 1987). На современном этапе исследований для более точного определения внутривидовой структуры минтая, используют популяционно-генетические маркеры на основе изменчивости структуры ДНК. Множество работ посвящено исследованию популяционной изменчивости минтая Берингова моря и залива Аляска (Grand, Utter, 1980; Брыков и др., 2005; Глубоков, Котенев, 2006; Шубина и др., 2009 и др.), тогда как популяционные исследования минтая Охотского моря на основе молекулярных маркеров находятся на начальном этапе.

В соответствии с вышеизложенным, целью настоящей работы является апробация и подбор наиболее информативных популяционно-генетических маркеров, а также оценка уровня их изменчивости в выборках минтая из северной части Охотского моря.

Материал и методика

Материалом послужили 6 выборок минтая из уловов в разных районах северной части Охотского моря, собранные сотрудником ФГУП "КамчатНИРО" в период проведения научной съёмки на НИС "Профессор Кагановский" в апреле–мае 2010 г. Всего исследовано 280 экз. производителей минтая (стадии зрелости гонад III, IV, V, VI и VI–II по шкале Н.П. Сергеевой с соавт. (2011)), собранные из нерестовых скоплений (табл. 1, рис. 1.). Образцы тканевых проб (плавник или сердечная мышца)

отбирали от свежевыловленных рыб во время выполнения полных биологических анализов и фиксировали в 96%-ном этаноле.

В целом, в проанализированном материале соотношение самок и самцов было близко к 2:1 — 67% самок и 33% самцов. Такое соотношение наблюдалось в каждой выборке, за исключением выборки № 4 (самок — 94%, самцов — 6%) и выборок № 5 и № 6, где соотношение составило приблизительно 1:1.

Тотальную ДНК выделяли стандартным способом с использованием метода протеиназного гидролиза в присутствии додецилсульфата натрия с последующим высаливанием белков, удалением их вместе с клеточными обломками центрифугированием и осаждением ДНК из супернатанта изопропанолом (Маниатис и др., 1984; Sambrook et al., 1989).

Для амплификации использовали наборы, содержащие готовую лиофилизированную смесь для полимеразной цепной реакции (ПЦР) — Gene Pak PCR Core (ООО «ИзоГен», Россия). В пробирки со смесью для ПЦР добавляли 10 мкл буфера, 5 мкл геномной ДНК и 5 мкл смеси специфичных праймеров. Для выявления генетической изменчивости минтая, были апробированы двенадцать микросателлитных локусов — *Gmo*3, *Gmo*8, *Gmo-G*12, *Gmo*19, *PGmo*32, *Gmo*34, *Gmo*35, *Gma*101, *Gma*102, *Gma*106, *Gma*107, *Gma*108.

Режим ПЦР для микросателлитных локусов — *Gmo*3, *Gmo*8, *Gmo-G*12, *Gmo*19, *PGmo*32, *Gmo*34, Gmo35 включал: денатурацию в течение 4 мин при 95 °С, затем 29 циклов, включающих 20 с денатурации ДНК-матрицы при 94 °С, 1 мин отжига праймеров при X °С и синтез новых цепей в течение 1 мин

Таблица 1. Локализация сбора и объем проанализированного материала для оценки популяционно-генетической изменчивости минтая (мсДНК — микросателлитная ДНК, мтДНК — митохондриальная ДНК)

№ выборки	Дата сбора материала	Район промысла	Координаты с. ш., в. д.	Кол-во исследованных экз.	
				мсДНК	мтДНК
1	12.04–15.04.2010 г.	61052	55°30′3, 154°39?7	49	41
2	18.04–19.04.2010 г.	61052	57°08′0, 154°46′6	40	36
3	28.04–09.05.2010 г.	61051	58°13′8, 152°57′5	49	40
4	30.04–02.05.2010 г.	61052	58°41′4, 156°31′7	49	44
5	01.04–08.04.2010 г.	61054	51°01′3, 156°02′8	44	36
6	18.05–21.05.2010 г.	61051	56°31′6, 143°50′5	49	45
Общее количество исследованного материала				280	242

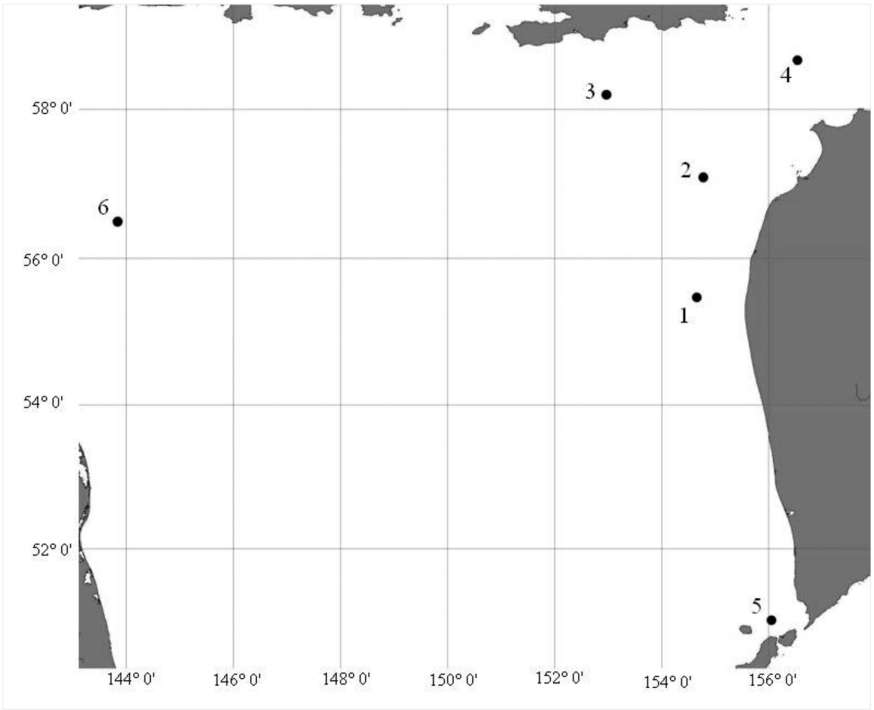


Рис. 1. Локализация сбора выборок (1–6) минтая

при 72 °С, затем следовала завершающая элонгация 5 мин при 72 °С (X — температура отжига для индивидуальной пары праймеров варьировала в пределах 45–60 °С) (Miller et al., 2000); или для локусов *Gma*101, *Gma*102, *Gma*106, *Gma*107, *Gma*108: денатурацию в течение 2 мин при 95 °С, затем 5 циклов, включающих 1 мин денатурации ДНК-матрицы при 95 °С, 1 мин отжига праймеров при 55 °С (–1 °С/цикл) и синтез новых цепей в течение 1 мин при 72 °С, затем 20 циклов, включающих 30 с денатурации ДНК-матрицы при 95 °С, 30 с отжига праймеров при X °С и синтез новых цепей в течение 30 с при 72 °С (Canino et al., 2005).

Продукты амплификации разделяли путем электрофореза в вертикальном блоке 6%-ного неденатурирующего акриламидного геля в 0,5х ТВЕ-буфере, pH 8,0 при напряжении 270–300 В в течение 2,0–2,5 ч (Маниатис и др., 1984). В качестве маркеров длин фрагментов использовали ДНК плазмиды pBR322, обработанную рестриктазами HpaII или HaeIII. Электрофореограммы визуализировали в результате окрашивания этидиумбромидом и фотографировали в проходящем УФ-свете.

Другим методом исследования, использованным в настоящей работе, был анализ полиморфизма длин рестриктных фрагментов (ПДРФ-анализ) мтДНК, который проводили для трёх участков — Cytb/D-loop, ND3/ND4L/ND4, ND5/ND6. Реакцию ПЦР начинали процессом денатурации в течение 3–5 мин при 94 °С, затем проводили 30 циклов, включающих 1 мин денатурации ДНК-матрицы при температуре 94 °С, 1 мин отжига праймеров при 55 °С и синтез новых цепей в течение 3 мин при 72 °С, затем следовала завершающая элонгация 1 мин при 72 °С. Изменчивость нуклеотидных последовательностей анализировали, используя набор рестриктных ферментов: RsaI, HaeIII, HinfI, Cfr13.I, Hin6.I, Ama87I, VspI, MspI, StyI, HhaI, TaqI, MvaI.

После реакции эндонуклеазного гидролиза пробы подвергали электрофорезу в горизонтальном блоке 1,8–2% агарозного геля в трис-боратном буфере. Для определения молекулярной массы образующихся фрагментов использовали маркерный набор фрагментов ДНК, кратных 100 парам оснований. Фрагменты ДНК в геле окрашивали этидиумбромидом и фотографировали в проходящем ультрафиолетовом свете.

Каждому варианту расщепления, т. е. набору рестриктных фрагментов, присваивали собственное буквенное обозначение. Сочетание полученных вариантов по каждому фрагменту и эндонуклеазе рестрикции образовывало определенный комбинированный гаплотип. В дальнейшем, проводили статистический анализ изменчивости частот комбинированных гаплотипов в выборках.

Показатели генетической дифференциации — θ_{st}, и F_{st}, были получены с помощью пакетов программ GDA (Lewis, Zaykin, 2001) и Arlequin2000 (Schneider et al., 2000). Для оценки генетического сходства популяций был использован метод многомерного шкалирования, выполненный в программе NTSYS 2.02i (Rohlf, 1998).

Результаты и обсуждение

Полиморфизм микросателлитных локусов

Из двенадцати апробированных микросателлитных локусов в анализ не были включены *Gma*101, *Gma*107, *Gmo*19, *Gmo*3, *Gmo-G*12, которые оказались непригодными для исследования по следующим причинам: не был получен ПЦР-продукт, размер ПЦР-продукта не позволял достаточно объективно интерпретировать полученные результаты или локусы оказались низкополиморфными. Для дальнейшего анализа были отобраны семь относительно информативных локусов (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика микросателлитных локусов минтая исследованных выборок

Локус	Число обнаруженных аллелей/ число исследованных особей	Размер фрагмента, п.н.	Температура отжига, °С
*Gmo*8	42/279	162–406	60
*PGmo*32	9/280	104–128	48
*Gmo*34	16/280	90–186	49
*Gmo*35	8/279	113–158	48
*Gma*102	15/264	202–274	55
*Gma*106	26/262	134–262	55
*Gma*108	20/276	128–242	55

Пять из семи локусов характеризуются тетра-нуклеотидными повторами, локусы *PGmo*32, *Gmo*35 имеют три-нуклеотидные повторы. Число обнаруженных аллелей варьировало от 8 (*Gmo*35) до 42 (*Gmo*8), среднее число аллелей по всем исследованным локусам составило 19,4. Всего в выборках минтая обнаружено 136 аллелей по семи локусам, из них 40 являются уникальными, т.е. встречаются с минимальной частотой только в одной из выборок (табл. 3).

Число выявленных аллелей в выборках заметно различалось. Так, наименьшее число аллелей по локусу *Gmo*35 — три, оказалось в выборке № 2, наибольшее — семь, в выборке № 6. По локусу *Gmo*34 в выборке № 1 выявлено десять аллельных вариантов, в выборке № 6 — шесть.

Наибольший вклад в дифференциацию выборок внесли локусы *PGmo*32 (при 9 выявленных аллелях значение θ_{st} оказалось равным 5,73%) и *Gmo*34, (значение θ_{st} оказалось равным 10,83% при шестнадцати выявленных аллелях) (табл. 4). В среднем по всем локусам значение θst оказалось статистически значимым и составило 2,65%.

Анализ генетической изменчивости выборок минтая выявил внутривыборочную изменчивость на уровне 96,22%, межвыборочную — на уровне 3,78%.

Из 15 случаев попарных сравнений, достоверных различий не обнаружено только между двумя парами выборок № 2–№ 4 и № 4–№ 6 (табл. 5). В остальных случаях различия оказались статистически значимы.

При исключении из анализа локусов, изменчивость которых была ниже 0,5% (*Gmo*8 и *Gmo*35), внутривыборочная изменчивость оказалась на уровне 94,41%, межвыборочная на уровне 5,59%. Для данного варианта анализа, различий не наблюдалось между двумя парами выборок — № 2–№ 4 и № 5–№ 6.

Таким образом, исследованные микросателлитные локусы характеризуются высоким уровнем полиморфизма, а для дальнейших популяционных исследований североохотоморского минтая относительно перспективными являются *Gmo*34 и *Gmo*35, дифференцирующая способность которых оказалась на

Таблица 3. Число выявленных аллельных вариантов микросателлитных локусов минтая в исследованных выборках

Выборка	Число аллельных вариантов в исследованных локусах						
	*Gmo*8	*PGmo*32	*Gmo*34	*Gmo*35	*Gma*102	*Gma*106	*Gma*108
Выборка 1	26	5	10	5	14	14	13
Выборка 2	26	6	9	3	9	14	15
Выборка 3	28	6	5	5	12	14	13
Выборка 4	26	6	9	5	12	12	16
Выборка 5	22	7	8	5	12	15	14
Выборка 6	28	8	6	7	12	15	15
Кол-во уникальных аллелей	10	3	8	2	3	10	4

Таблица 4. Дифференциация выборок минтая θ_{st} (в %) по семи микросателлитным локусам

*Gmo*8	*PGmo*32	*Gmo*34	*Gmo*35	*Gma*102	*Gma*106	*Gma*108	Среднее	95%-ный бутстреп-интервал	
								нижний	верхний
0,40	5,73	10,83	0,06	0,56	0,60	0,51	2,65	0,50	5,80

Таблица 5. Оценка уровня попарных различий между выборками минтая по семи микросателлитным локусам: F_{st} — над диагональю; под диагональю — уровень статистической значимости (+ — различия статистически значимы, $P < 0,05$)

Выборки	1	2	3	4	5	6
1		0,011	0,052	0,01	0,6	0,03
2	+		0,064	0,006	0,037	0,017
3	+	+		0,05	0,101	0,074
4	+	–	+		0,026	0,006
5	+	+	+	+		0,012
6	+	+	+	–	+	

уровне более 5%. Локусы *Gma*102, *Gma*106, *Gma*108, можно считать «рабочими» при условии увеличения объема выборок.

Полиморфизм мтДНК

Суммарная длина трех участков мтДНК — Cytb/D-loop, ND3/ND4L/ND4, ND5/ND6, составляет около 7400 пар нуклеотидов (п. н.) (Mulligan et al., 1992). Из двенадцати апробированных рестриктаз (*Rsa*I, *Hae*III, *Hinf*I, *Cfr13*.I, *Hin6*.I, *Ama87*I, *Vsp*I, *Msp*I, *Sty*I, *Hha*I, *Taq*I, *Mva*I) для дальнейшего анализа были отобраны первые восемь. При использовании *Sty*I, *Hha*I, *Taq*I и *Mva*I изменчивости в сайтах рестрикции не обнаружено. Выявленные на всем исследованном материале варианты расщепления фрагментов Cytb/D-loop, ND3/ND4L/ND4, ND5/ND6 8-ю рестриктазами приведены в таблицах 6 и 7.

В результате исследования было выявлено 58 комбинированных гаплотипов у 242 исследованных экземпляров (табл. 8).

Из выявленных 58 гаплотипических вариантов 18 оказались общими для всех выборок, но большая часть — 40, были обнаружены только в какой-либо одной из выборок.

Оценки генетической изменчивости выборок минтая по всем 58-ми гаплотипам показали, что на долю внутривыборочной изменчивости приходится 97,44%, на долю межвыборочной — 2,56%. Расчет значений F_{st} при попарном сравнении выборок показал, что статистически значимые различия имеют место только в 6 из 15 случаев. Выборка № 2 отлична от всех, кроме выборки № 3. Статистически незначимы различия между выборками № 3 и № 4, а также № 3 и № 6. Результаты многомерного шкалирования выборок на основе генетических дистанций Неи приведены на рис. 2.

При исключении из анализа уникальных гаплотипов, величина оценки внутривыборочной изменчивости незначительно уменьшилась и составила 96,91%, соответственно, уровень межвыборочной по-

Таблица 6. Варианты расщепления фрагмента ND5/ND6 мтДНК минтая (в п. н.)

ND5/ND6																
*Ama*87					*Vsp*I			*Msp*I			*Rsa*I				
A	B	C	D	E	A	B	C	A	B	C	A	B	C	D	E
1930			1930	1930			2090			1410		1430			
	1560				1140			1150			1050	1050	1050	1050	
		1110			950				910		890		890	890	890
		820				950		560	560	560					620
550	550	550				670		510	510	510	540				540
				520	390	470	390	260	260					480	
			460			390			240						430
	370												320		
			90										220		
				30										60	

Таблица 7. Варианты расщепления фрагмента Cytb/D-loop, ND3/ND4L/ND4 мтДНК минтая (в п. н.)

Cytb/D-loop										ND3/ND4													
*Rsa*I					*Hae*III					*Hinf*I				*Cfr*13.I						*Hin*6.I		
A	B	C	D	E	A	B	C	E	F	A	B	C	D	A	B	C	D	E	F	A	B	D
				930		1220							1570	1400	1400			1400			1230	
860	860	860	860	860			1160				1190						1180			1100	1100	
730	730	730	730		1100		1100	1100	1100	1030									1090	1050		1050
	600				1100							730				800						860
		530							1050	540	540	540		620	620	620	620		620			240
480			480	480		980				450	450	450	450			600				180		180
230	230	230	230	230				760	390			300						320				
200	200	200	200							160		160	160						310			
			150					340		150	150	150	150					300				
120				120	280	280	280	280	110								220					
		70			110	110	110	110						200		200	200	200	200			
30	30	30		30	60	60		60							140							
														110	110	110	110	110	110			
															60							

Таблица 8. Выявленные комбинированные гаплотипы мтДНК в исследованных выборках минтая (* — варианты гаплотипов оказавшиеся общими для всех выборок)

№ п/п	Комбинированный гаплотип	Cytb/D-loop		ND5/ND6				ND3/ND4		
		*Rsa*I	*Hae*III	*Ama*87	*Vsp*I	*Msp*I	*Rsa*I	*Hin*fI	*Cfr*13I	*Hin*6.I
1*	G1	A	A	A	A	B	A	A	A	A
2*	G2	A	A	A	B	B	A	A	A	A
3*	G3	A	A	A	A	A	A	A	A	A
4*	G4	A	A	A	B	A	A	A	A	A
5*	G5	A	A	A	A	B	A	A	A	B
6*	G6	A	A	A	A	A	B	A	A	A
7	G7	A	A	B	A	B	A	A	A	A
8*	G8	A	B	A	B	A	A	A	A	A
9*	G9	A	B	A	A	A	A	A	A	A
10*	G10	A	B	A	A	B	A	A	A	A
11*	G11	A	A	A	A	A	A	A	A	B
12	G12	A	A	A	A	B	A	B	A	A
13*	G13	A	C	A	A	A	A	A	A	A
14*	G14	A	C	A	B	A	A	A	A	A
15*	G15	A	A	A	B	A	A	A	D	A
16	G16	D	A	A	A	A	A	A	A	A
17	G17	A	C	A	B	B	A	A	A	A
18	G18	B	B	A	B	A	B	A	A	A
19	G19	A	A	D	A	A	A	A	A	B
20	G20	A	A	A	A	A	A	B	A	A
21	G21	A	A	A	A	B	C	A	A	B
22	G22	C	A	A	A	B	A	A	A	A
23	G23	A	A	A	A	B	A	B	C	A
24	G24	A	A	A	B	A	A	B	A	A
25	G25	A	B	A	B	A	A	B	A	B
26	G26	A	A	C	A	B	A	A	A	B
27*	G27	A	A	A	A	C	A	A	A	A
28*	G28	D	A	A	B	A	A	A	A	A
29*	G29	A	A	A	A	A	A	A	C	A
30	G30	D	A	A	B	B	A	A	B	A
31	G31	A	A	D	B	A	A	A	A	A
32	G32	E	A	A	B	A	A	A	A	A
33	G33	A	A	A	A	A	A	D	A	A
34	G34	A	C	A	A	A	B	C	A	A
35	G35	A	A	A	A	A	B	A	A	B
36	G36	A	A	A	C	B	A	A	A	A
37	G37	A	C	A	A	B	A	A	A	A
38	G38	A	C	A	A	B	B	A	A	A
39	G39	A	C	A	B	A	A	A	A	D
40	G40	A	A	A	A	A	D	A	A	A
41	G41	B	A	A	A	A	A	C	A	A
42	G42	A	C	A	A	A	B	A	A	A
43	G43	A	C	A	A	A	A	A	D	A
44*	G44	A	A	A	A	B	B	A	A	A
45	G45	A	A	D	A	B	A	A	A	A
46	G46	A	B	D	B	A	A	A	A	A
47	G47	A	A	A	A	A	A	B	A	B
48	G48	A	B	A	A	B	A	A	A	B
49*	G49	A	A	A	B	A	A	A	A	B
50	G50	A	A	A	A	A	A	A	D	A
51	G51	A	B	A	B	A	A	A	A	B
52	G52	A	A	A	B	A	A	A	A	D
53	G53	D	A	A	A	A	E	A	A	B
54	G54	A	E	B	A	A	A	A	A	A
55	G55	A	A	E	A	B	A	A	E	A
56	G56	A	A	A	A	A	A	A	F	A
57	G57	A	F	A	B	A	A	A	A	A
58	G58	A	B	A	A	A	A	A	A	B

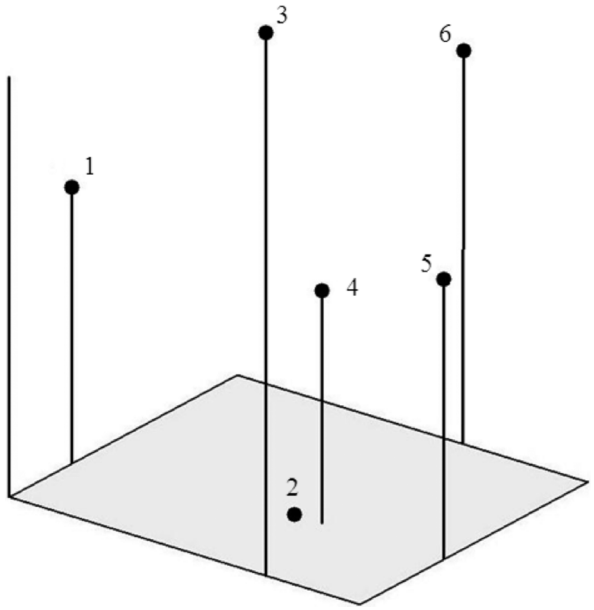


Рис. 2. Результаты многомерного шкалирования выборок (58 гаплотипов, генетические дистанции Неи (Nei, 1972)

высился и составил 3,09%. На основе частот 18 комбинированных гаплотипов статистически значимые различия были обнаружены в 4 случаях попарных сравнений — выборка № 2 отлична от всех, кроме выборки № 3.

Заключение

В настоящей работе приведены данные по аллельной изменчивости мсДНК и гаплотипической изменчивости мтДНК минтая северной части Охотского моря. Представленные результаты анализа свидетельствуют о высоком уровне полиморфизма исследованных молекулярных маркеров (выявлено 136 аллелей у 280 особей и 58 комбинированных гаплотипов у 242 экз.).

Высокая аллельная изменчивость микросателлитных локусов не позволяет однозначно принять полученные на ее основе результаты оценки различий между исследованными выборками. Предварительные результаты необходимо подтвердить на бульшем по объему материале. Кроме того, при продолжении работ в данном направлении необходимо расширить поисковые исследования с целью выявления дополнительных маркеров популяционной изменчивости, характеризующихся высокой дифференцирующей способностью.

Более точными на наш взгляд, являются результаты по гаплотипической изменчивости мтДНК. Как при анализе выборок на основе частот 58 вариантов гаплотипов, так и после исключения редких вариантов, своеобразие характерно только для выборки № 2. Для объяснения и подтверждения, выявленных для особей из данного района отличий, требуется увеличение количества материала в дальнейшем анализе.

Список литературы

Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е., Овсянникова С.Л., Жигалов И.А. 2008. Некоторые особенности нереста североохотоморского минтая в 2004–2006 гг. // Изв. ТИНРО. Т. 152. С. 80–98.

Брыков В.А., Катугин О.Н., Полякова Н.Е. 2005 Полиморфизм митохондриальной ДНК минтая (*Theragra chalcogramma*) из северо-западной части Берингова моря // Популяционная биология, генетика и систематика гидробионтов: Сб. научных трудов. Т. 1. Петропавловск–Камчатский: КамчатНИРО. С. 127–138.

Варкентин А.И., Буслов А.В., Тепнин О.Б. 2001. Некоторые особенности нереста и распределения икры минтая в водах западной Камчатки // Изв. ТИНРО. Т. 128. Ч. 1. С. 177–187.

Глубоков А.И., Котенев Б.Н. 2006. Популяционная структура минтая *Theragra chalcogramma* северной части Берингова моря. // М.: ВНИРО С. 112–134.

Зверькова Л.М. 1981. Внутривидовая структура минтая в Охотском море // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 41–56.

Зверькова Л.М. 2003. Минтай. Биология, состояние запасов // Владивосток: ТИНР, 248 с.

Золотов О.Г., Максименков В.В., Николотова Л.А. 1990. Состав личинок рыб в восточной части Охотского моря и их питание // Изв. ТИНРО. Т. 111. С. 58–66.

Кузнецов В.В., Котенев Б.Н., Кузнецова Е.Н. 2008. Популяционная структура, динамика численности и регулирование промысла минтая в северной части Охотского моря // М.: Изд-во ВНИРО, 174 с.

Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. 1984. Молекулярное клонирование. М.: Мир, 479 с.

Овсянников Е.Е. 1999. Особенности распределения икры минтая у западной Камчатки // Изв. ТИНРО. Т. 126. Ч. 1. С. 246–251.

Пушников В.В. 1978. Пространственная структура минтая Охотского моря // Изв. ТИНРО. Т. 102. С. 90–96.

Сергеева Н.П., Варкентин А.И., Буслов А.В. 2011. Шкала стадий зрелости гонад минтая // Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 92 с.

Фадеев Н.С. 1981. Сроки размножения и нерестовых подходов минтая // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 3–18.

Фадеев Н.С. 1986. Минтай // Биологические ресурсы Тихого океана // М.: Наука. С. 187–200.

Фадеев Н.С. 1987. Нерестилища и сроки размножения минтая северной части Охотского моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 5–23.

Флусова Г.Д. 1987. Популяционная структура минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) // Генетические исследования гидробионтов // Материалы III Всесоюзного совещания по генетике, селекции и гибридизации рыб. г. Тарту, сентябрь 1986 г. М. С. 80–94.

Флусова Г.Д., Богданов Л.В. 1986. Популяционная структура минтая по данным генетических исследований // Тресковые Дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 79–88.

Шубина Е.А., Пономарева Е.В., Глубоков А.И. 2009. Популяционно-генетический анализ минтая *Theragra chalcogramma* (Teleostei, Gadidae) из Берингова и Охотского морей // Мол. биол. Т. 43. № 5. С. 918–930.

Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО, 426 с.

Canino M.F., Spies I.B., Hauser L. 2005 Development and characterization of novel di- and tetranucleotide microsatellite markers in Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) // Mol. Ecol. Notes. V. 5. P. 908–910.

Grand W.S., Utter F.M. 1980. Biochemical genetic variation in walley pollock, *Theragra chalcogramma:* population stucture in the southeastern Bering Sea and the Gulf of Alaska. Can. // J. Fish. Aquat. Sci. V. 37. P. 1093–1100.

Lewis P.O., Zaykin D. 2001. Genetic data analysis: computer program for the analysis of allelic data. (http:/ lewis.eeb.uconn.lewishome/software.html).

Miller K.M., Le K.D., Beacham T.D. 2000. Development of tri- and tetranucleotide repeat microsatellite loci in Atlantic cod (*Gadus morhua*) // Mol. Ecol. Notes. V. 9. № 2. P. 238–239.

Mulligan T.J., Chapman R.W., Brown B.L. 1992. Mitochondrial DNA analysis of walleye pollock *Theragra chalcogramma* from the eastern Bering sea and Shelikov Strait, Gulf of Alaska // Can. J. Fish Aquat. Sci. V. 49. P. 319–326.

Nei M. 1972. Genetic distance between populations // American Naturalist. V. 106 (949). P. 283–292.

Rohlf F.J. NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 2.02i. New York: Exeter Software. 1998.

Sambrook J., Fritsch E.F. Maniatis T. 1989. Molecular Cloning: A Laboratory Manual. N.Y.: Cold Spring Harbor Lab. Press, 1626 p.

Schneider S., Roessli D., Excoffier L. 2000. Arlequin ver. 2.000: A software for population genetics data analysis. Genetics and Biometry Laboratory, Univ. Geneva, Switzerland.

ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ (ГИДРОЛОГИЯ, ГИДРОБИОЛОГИЯ)

УДК 591.524.12

СОСТАВ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ДИНАМИКА И ПРОДУКЦИЯ ЗООПЛАНКТОНА ЭСТУАРИЕВ ПРИМОРЬЯ

Барабанщиков Е.И., Колпаков Н.В.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: barabanshchikov@tinro.ru

Введение

Зоопланктон является основным компонентом эстуарных экосистем, регулирующим процессы седиментации (Лисицын, 1994). Консументы первого порядка в зоопланктоне — главное звено в переносе энергии от первичных продуцентов по трофической сети, а также пища для планктоноядных животных, в том числе и рыб. Планктонные беспозвоночные играют существенную роль в утилизации и экскреции биогенных элементов, структурируя потоки энергии в экосистеме. Таким образом, данные о состоянии зоопланктона водоемов имеют общебио-логическое и прикладное значение. На Дальнем Востоке России исследования сообществ зоопланктона эстуариев выполнялись на Камчатке, Сахалине, в р. Амур (Гаркалина, 1978; Кафанов и др., 1988; Иванков и др., 1999; Максименков, 2002; Куренков, 2005; Заварзин, 2006 и мн. др.). Вместе с тем, литературные данные по зоопланктону эстуариев Приморья весьма фрагментарны (Ревцова, 1971а, б; Касьян, 2005; Селиванова, 2007; Надточий и др., 2008). Для восполнения этого пробела, в настоящей работе приведены данные по составу, структуре, пространственно-временной изменчивости и продукции зоопланктона эстуарных систем Приморья.

Материал и методика

Для настоящей работы использован материал, собранный в марте-ноябре 1996 г. (28.03.-08.11.1996.) в эстуариях рек Нарва, Барабашевка, Раздольная, Артемовка, Суходол, Киевка, Аввакумовка, а также в оз. Известняк (эстуарий р. Брусиловка) (рис. 1, табл. 1). Тотальные ловы от дна до поверхности выполняли в марте-апреле сетью Апштейна с площадью входного отверстия 0,025 м$_2$, газ № 77, в остальных съемках — сетью Нансена (0,05 м2, газ № 77). Коэффициент уловистости сетей принят равным 1. Для каждой реки в средней части внутреннего эстуария выбран стандартный разрез, включающий в себя 2 станции: 1 — на мелководье и 2 — на стрежне (рис. 1). На разрезе с дискретностью 4 часа

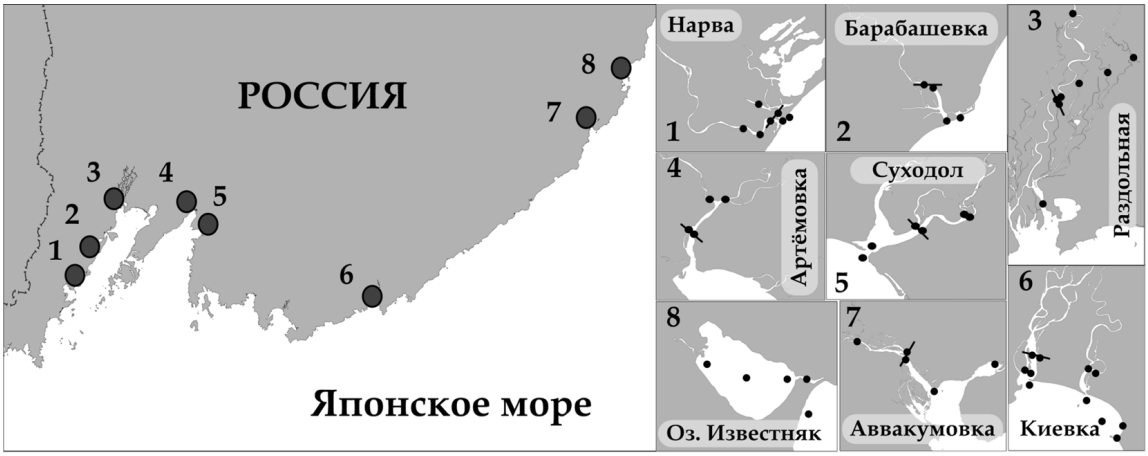


Рис. 1. Карта-схема района работ: 1 — р. Нарва, 2 — р. Барабашевка, 3 — р. Раздольная, 4 —— р. Артемовка, 5 — р. Суходол; 6 — р. Киевка; 7 — р. Аввакумовка, 8 — оз. Известняк

выполнялись суточные (28 ч) станции (всего 24 станции по 14 проб). Кроме того, для выявления пространственной изменчивости состава зоопланктона проводили дополнительные сборы в устьях рек, во внешнем эстуарии, в придаточной системе, в верхней и нижней частях внутреннего эстуария. Параллельно с отбором проб зоопланктона измерялась глубина, а также температура и соленость воды послойно через 1 м. Всего собрана и обработана по стандартным методикам (Методические рекомендации…, 1984) 461 проба (табл. 1). Дополнительно использованы материалы по составу сетного планктона, полученные в р. Раздольной в зимний период (09.12.1993. (2 пробы) и 14.12.1994. (4 пробы).

Продукцию зоопланктона оценили физиологическим методом по скорости траты кислорода на обмен, учитывая способ питания планктонных животных: $P=R_tK2/(1-K_2)$, где P — продукция, кал/м^3 в сут; Rt — траты на обмен при температуре $t°C$, кал/м^3 в сут; K_2 — коэффициент использования ассимилированной энергии пищи на образование продукции (Методические рекомендации..., 1984).

Результаты и обсуждение

Таксономический и экологический состав. Всего в сборах идентифицировано 168 таксонов животных разного ранга, в том числе 55 видов и внутривидовых форм коловраток (Rotifera), 45 таксонов веслоногих ракообразных (Copepoda), 25 — ветвистоусых (Cladocera), 12 — прочих (гидромедузы, сагитты, аппендикулярии, остракоды), 15 — мейо- и нектобентоса (мизиды, креветки, гаммариды, кумовые, капреллиды, изоподы, пиявки, водяные клещи и др.), 16 — меропланктона и дрифта (личинки двустворчатых моллюсков, крабов, креветок, иглокожих, офиур, усоногих раков, насекомых (хирономиды, ручейники, веснянки, поденки, двукрылые)). У коловраток наибольшим числом видов представлены рода *Brachionus* (8), *Trichocerca* (7), *Notolca* (6), *Keratella* (5 видов, один из них с двумя формами *K. cochlearis cochlearis* и *K. cochlearis tecta*), *Lecane* (4), *Euchlanis* (3), *Filinia, Hexarthra, Platyias, Polyarthra, Trichotria* (по 2). Среди копепод наибольшее число видов включали рода: *Acartia* (4), *Calanus, Oithona, Triconia* (по 3), *Centropages, Eurytemora, Eucyclops, Microsetella, Paracyclops, Tortanus, Thermocyclops* (по 2). Среди кладоцер по числу видов преобладали представители родов *Alona* (3) и *Diaphanosoma* (2).

Исследованы эстуарии всех трех ранее выделенных типов (Барабанщиков, 1997; Барабанщиков, Магомедов, 2002): I. протяженные равнинных рек (Раздольная, Артемовка); II. протяженные горных рек (Киевка, Аввакумовка); III. короткие горных рек (Суходол, Нарва, Барабашевка, Известняк). Наибольшее число таксонов сетного планктона идентифицировано в реках Артемовке и Раздольной (I) (100 и 107) (табл. 2), в реках Киевка и Аввакумовка (II) видовое богатство было существенно ниже (69 и 81), в реках Суходол, Нарва, Барабашевка и оз. Известняк (III) число таксонов планктона составило 75, 47, 28 и 27, соответственно. В реках Артемовка и Раздольная наиболее высоко видовое богатство коловраток (37,0–39,3% всех таксонов) и кладоцер (16,0–16,8%), в остальных водоемах по числу таксонов преобладали копеподы (34,7–48,1%), мейо- и нектобентос и меропланктон (в сумме 11,1–26,7%) (табл. 2).

Таксономическая структура отражает различия абиотических условий в этих водоемах: эстуарии I типа характеризуются в среднем более низкой соленостью воды, в водоемах II и III типов соленость может приближаться к морской. Еще более наглядно эти различия проявляются при рассмотрении экологического разнообразия сетного планктона исследованных эстуариев (рис. 2). В первой группе водоемов (Артемовка, Раздольная) преобладает пресноводный планктон (коловратки и кладоцеры представ-

Таблица 1. Некоторые характеристики исследованных водоемов

Водоем	Длина, км	Площадь водосбора, км^2	Макс. ширина, м	Ср. глубина, м	Длина внутр. эстуария, км
Нарва	39	340	40	0,7	0,8
Барабашевка	61	576	70	1,2	1,5
Раздольная	191	6820	200	2,0	42
Артемовка	73	1460	150	1,5	8(10**)
Суходол	45	617	100	1,3	2
Киевка	105	3120	150	1,2	11
Аввакумовка	67	3170	800	2,0	11
Известняк	2,4	2,7*	1,2	0,5	2,4

Примечание: * — площадь озера; ** — с учетом р. Кневичанка

лены в основном пресноводными формами) (63,0–72,9%). Во второй и третьей группах водоемов преобладают морские и эвригалинные формы (46,8–72,5%). Собственно солоноватоводная фауна представлена небольшим числом форм (коловратки *Keratella cruciformis* и *Notolca japonicus*, копеподы *Schmackeria inopina, Sinocalanus tenellus, Pseudodiaptomus marinus, Eurytemora pacifica* и *E. americana*, мизида *Neomysis intermedia,* креветки рода *Palaemon* и шримсы рода *Crangon,* личинки японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonica* и двустворчатых моллюсков *Corbicula japonica* и *Crassostrea gigas*). Невысокое видовое богатство фауны солоноватых водоемов, по сравнению с морскими и пресными водами, обусловлено кратковременностью их существования в геологических масштабах времени (Паули, 1954).

Сезонная изменчивость количественного состава сетного планктона. ***Нарва.*** В апреле биомасса планктона была равна 128,2 мг/м^2 (табл. 3, рис. 3). В число доминантов и субдоминантов входили пресноводные (коловратка *Synchaeta* sp. (29,4%), личинки хирономид (7,2%)), солоноватоводные (коловратка *K. cruciformis* (2,6%), каляноиды *E. pacifica* (5,1%), *S. tenellus* (15,9%) и *S. inopina* (1,4%)) и морские формы (гарпактициды (7,7%), *Acartia hudsonica* (2,8%), *Pseudocalanus minutus* (1,0%)). Кроме того, довольно обильны были науплии копепод (20,4%). В мае биомасса составила лишь 14,2 мг/м^3. В составе планктона абсолютно доминировали пресноводные формы (коловратка *Asplanchna priodonta* (1,3%), личинки веснянок (1,6%) и хирономид (79,6%), циклопы (5,9%), кладоцера *Bosmina longirostris* (1,3%)), хотя встречались и морские виды (*Calanus* sp. (6,3%)).

Барабашевка. В апреле биомасса планктона составила 188,5 мг/м^3, в мае – 107,8 мг/м^3 (табл. 3, рис. 3). В апреле доминировали пресноводные коловратки *Synchaeta* sp. (23,7%), солоноватоводные и

Таблица 2. Число (*S*) и соотношение (%) таксонов в планктона исследованных эстуариев

Таксон	Нарва		Барабашевка		Раздольная		Артемовка		Суходол		Киевка		Аввакумовка		Известняк	
	S	%	*S*	%	*S*	%	*S*	%	*S*	%	*S*	%	*S*	%	*S*	%
Коловратки	15	31,9	8	28,6	42	39,3	37	37	15	20,0	16	23,2	27	33,3	9	33,3
Копеподы	17	36,2	12	42,9	26	24,3	27	27	26	34,7	29	42,0	29	35,8	13	48,1
Кладоцеры	1	2,1	0	0,0	18	16,8	16	16	7	9,3	1	1,4	8	9,9	0	0,0
Прочие Мейо- и нектобентос	7	14,9	1	3,6	4	3,7	8	8	10	13,3	9	13,0	3	3,7	0	0,0
Меропланктон	4	8,5	4	14,3	11	10,3	9	9	10	13,3	8	11,6	7	8,6	3	11,1
Всего	47	100	28	100	107	100	100	100	75	100	69	100	81	100	27	100

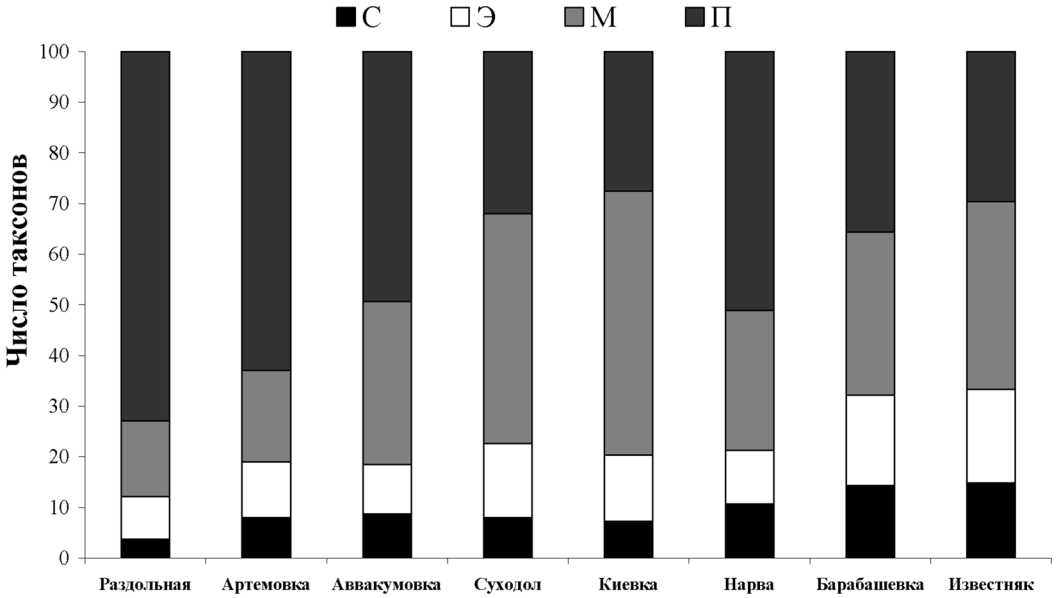


Рис. 2. Экологическая структура сетного планктона исследованных эстуариев: С — солоноватоводные; М — морские; Э — эвригалинные; П — пресноводные таксоны

морские каляноиды (*E. pacifica* (18,9%), *A. hudsonica* (17,2%), *P. minutus* (1,7%)), морские гарпактициды (12,7%), циклопоиды *Oithona similis* и *O. brevicornis* (2,3 и 2,7%). Доля науплиев копепод составила 14,9%. В мае преобладали морские (гарпактициды (38,9%), *O. similis* (17,8), *A. hudsonica* (5,1) и *P. minutus* (1,6), аппендикулярия *Fritillaria borealis* (4,0) и солоноватоводные формы (*E. pacifica* (6,3), личинки полихет сем. Spionidae (6,9%)). Кроме того, существенную долю биомассы составляли животные дрифта (личинки поденок, веснянок и хирономид (9,8%)).

Раздольная. В апреле отмечен слабовыраженный пик (282,5 мг/м^3) (табл. 3, рис. 3). Основу биомассы составили копеподы *A. hudsonica* и *Acartia longiremis* (60,5%), биомасса науплиев составила 11,4%, кроме того сравнительно высока была доля Harpacticoida (8,7%). В июне биомасса планктона была равна 152,5 мг/м^3, наиболее массовым видом являлась коловратка *A. priodonta* (80%). Аспланхна также занимала первое место и по численности (56,5%). Остальные виды планктонных животных были немногочисленны. В июле биомасса планктона составила 1130,8 мг/м^3. Наиболее велика была доля *Diaphanosoma* sp. (28,4), *S. inopina* (26,4) и *S. tenellus* (25,9%), т.е. в планктоне преобладали чис-

Таблица 3. Сезонная изменчивость численности (*N*) и биомассы (*B*) зоопланктона

Месяц	*N*, 10^3 экз./м^3		*B*, г/м^3		n
	M±*m*	*lim*	*M*±*m*	*lim*	
Нарва					
Апрель	55,4±11,3	0,9–169,7	0,128±0,044	0,010–0,776	20
Май	1,3±0,4	0,9–1,6	0,014±0,001	0,013–0,015	2
Барабашевка					
Апрель	92,8±22,3	70,6–115,1	0,188±0,028	0,160–0,217	2
Май	19,5±4,7	14,8–24,3	0,108±0,027	0,081–0,135	2
Раздольная					
Апрель	136,9±24,3	38,3–303,5	0,283±0,071	0,027–0,814	13
Июнь	44,5±5,3	14,7–92,9	0,153±0,025	0,034–0,382	14
Июль	77,3±9,0	42,7–149,5	1,131±0,165	0,265–2,090	14
Август	11,1±1,5	3,9–21,1	0,026±0,003	0,012–0,049	14
Октябрь	9,7±1,3	3,1–22,1	0,211±0,042	0,014–0,549	14
Декабрь	5,5±1,2	0,035–11,0	0,021±0,008	0,000045–0,042	6
Артемовка					
Март	601,2±99,9	136,4–1400,1	0,243±0,041	0,055–0,575	12
Июнь	407,9±54,8	141,4–708,7	0,974±0,151	0,458–2,343	14
Июль	180,6±16,5	90,2–321,8	1,317±0,338	0,133–3,779	14
Август	107,4±12,0	30,0–237,3	0,313±0,069	0,038–0,940	14
Ноябрь	370,5±47,8	80,2–782,5	0,899±0,536	0,069–7,844	14
Суходол					
Март	13,1±2,4	4,1–39,4	0,781±0,192	0,104–2,714	14
Июнь	42,0±5,1	12,8–71,9	0,324±0,111	0,050–1,320	14
Июль	105,9±12,8	18,1–166,1	0,717±0,201	0,060–2,155	14
Август	242,2±31,1	52,6–445,7	0,865±0,150	0,103–2,171	14
Ноябрь	67,3±9,8	23,7–154,8	0,286±0,043	0,064–0,565	14
Киевка					
Апрель	34,2±8,9	4,9–1 50,6	0,904±0,405	0,058–7,947	20
Май	57,3±19,5	37,8–76,7	0,931±0,799	0,132–1,730	2
Июнь	63,2±14,5	2,8–215,4	0,349±0,099	0,015–1,407	14
Июль	67,2±8,5	18,2–142,5	0,296±0,059	0,067–0,823	14
Август	195,8±18,6	70,3–341,2	3,083±0,338	0,478–5,466	14
Сентябрь	123,6±14,0	73,2–263,0	1,247±0,241	0,134–3,534	14
Октябрь	84,7±14,2	29,7–197,5	0,376±0,053	0,113–0,674	14
Аввакумовка					
Апрель	408,0±63,8	74,1–834,6	0,977±0,185	0,046–2,112	14
Май	3,1±1,4	1,7–4,5	0,009±0,006	0,003–0,016	2
Сентябрь	87,1±18,9	14,7–193,0	1,361±0,351	0,029–3,586	14
Известняк					
Сентябрь	17,7±3,6	10,3–24,6	0,132±0,086	0,012–0,383	4

то пресноводные и солоноватоводные виды. В августе биомасса планктона была невысокой (26,5 мг/м^3), и представлен он был почти исключительно пресноводными формами. По биомассе преобладали коловратка *Synchaeta* sp. 14,6%, циклопы *Mesocyclops leuckarti* (17,9), *Thermocyclops asiaticus* и *T. crassus* (в сумме 19,6), кладоцеры *Diaphanosoma dubium u Diaphanosoma* sp. (21,5), а также личинки насекомых (Ephemeroptera, Plecoptera, Chironomidae) (13,0%). Следует отметить, что августовская съемка — наглядный пример действия лунного цикла на состав и обилие сообщества зоопланктона (через изменение интенсивности приливов-отливов). Во время нее Луна была полная, соответственно наблюдались очень сильные отливы, что и отразилось на качественном и количественном составе зоопланктона. В октябре отмечалось осеннее повышение количества планктонных животных. Преобладал *S. tenellus,* его доля по биомассе составляла 79,1%. Наиболее массовыми были виды, принадлежавшие к солоноватоводным и морским формам, т.к. к этому времени большинство пресноводных видов переходили в состояние диапаузы на период зимовки.

Артемовка. От марта к началу июня биомасса увеличилась с 243 до 974,1 мг/м^3, в июле она была еще выше 1316,7 мг/м^3, в августе произошло снижение биомассы до 312,9 мг/м^3, в ноябре отмечен осенний пик — 899,5 мг/м^3 (табл. 3, рис. 3). Съемка, выполненная в конце марта, показала наличие разнообразной фауны коловраток. Они же преобладали как по численности, так и по биомассе. Из них абсолютно доминировала *Synchaeta* sp. (доля от общей биомассы зоопланктона 88%, от численности — 98,8%). Высокая численность данного вида (в течение суток 135,2–1387,1 тыс. экз./м^3) указывает на наличие сильного органического загрязнения в результате сброса сточных вод. В начале июня количество синхеты сократилось на порядок, ее сменила другая коловратка – *Brachionus calyciflorus*. Но если Rotifera доминировали по численности, то по биомассе — Calanoida. Доля *S. tenellus* по биомассе составила 53%, после него шли *B. calyciflorus* (22,4%), науплии Copepoda (9%), *Synchaeta* sp. (6,8%), *Cyclops vicinus* (3,7%) и *E. pacifica* (2,8%). В июле количество коловраток еще более снизилось. По биомассе доминировали *S. tenellus* (67,7%), *S. inopina* (2,3%), науплии Copepoda (18,4%), личинки Polychaeta (6%) и Decapoda (2%). В августе увеличилось видовое богатство, но резко снизилась общая биомасса зоопланктона. Опять возросло значение коловраток. Доминирующие таксоны зоопланктона распределялись следующим образом (по биомассе): *S. tenellus* (25,9%), *Synchaeta* sp. (15,8%), науплии Copepoda (12,6%), *M. leuckarti* (11,5%), *T. asiaticus* (7,9%), *Diaphanosoma dubium* (6,4%) и *T. crassus* (4,4%). В ноябре в планктоне по массе преобладали пресноводные *Synchaeta* sp. (46,1%), солоноватоводные *S. tenellus* (34,2%), встречались также и морские неритические *A. hudsonica* (6,3%) и *O. brevicornis* (6,0%).

Суходол. В марте отмечен весенний пик биомассы планктона (780,6 мг/м^3), в июне биомасса снизилась до 324,3 мг/м^3, в июле-августе эта величина держалась на уровне 716,7–865,0 мг/м^3, в ноябре

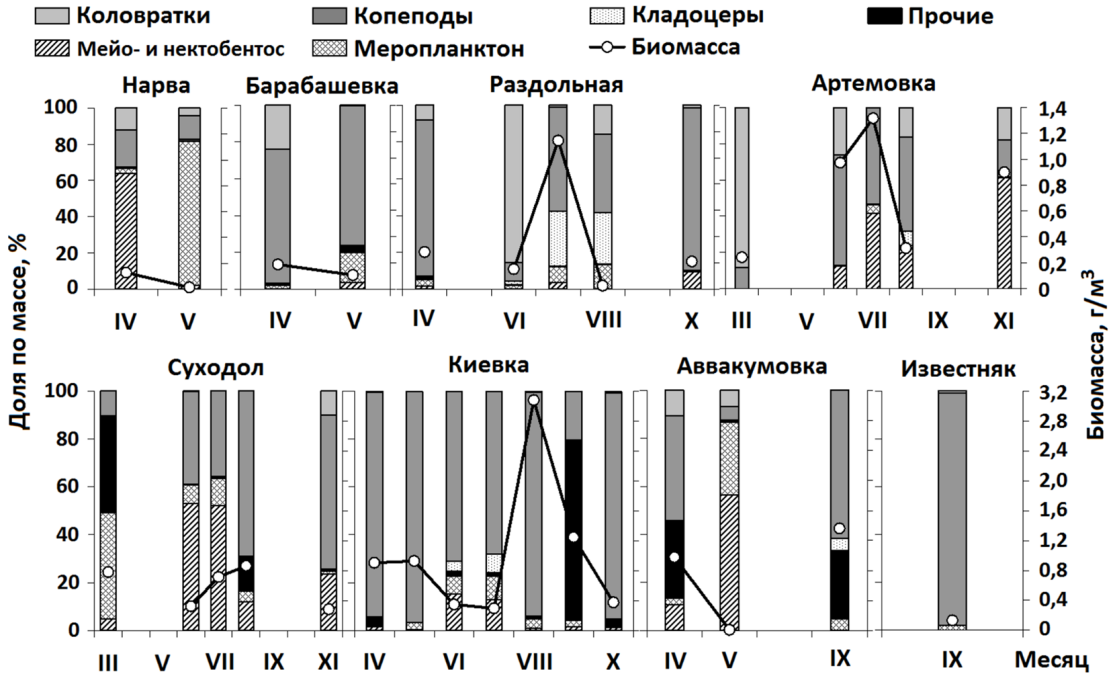


Рис. 3. Сезонная изменчивость состава и биомассы сетного планктона исследованных эстуариев

биомасса вновь снизилась до 286,4 мг/м^3 (табл. 3, рис. 3). В марте в планктоне преобладали личинки полихет (46,6%), щетинкочелюстные *Leptosagitta* sp. (42,6%), гарпактициды (9,0%). В начале июня наиболее массовыми были солоноватоводные и неритические формы: *S. inopina* (32,3%), науплии Copepoda (17,4%), *Eurytemora americana* (15,1%), *O. similis* (8,2%), Harpacticoida (4,3%), *S. tenellus* (3,1%) и *A. hudsonica* (2,9%). В июле по биомассе доминировали науплии Copepoda (20,1%), *S. tenellus* (13,5%), *O. brevicornis* (12,6%), *S. inopina* (12,2%), личинки Decapoda (12,2%) и Polychaeta (9,6%), *A. hudsonica* (6,6%). В августе доминирующие таксоны зоопланктона распределялись следующим образом (по биомассе): *O. brevicornis* (47,0%), гидромедузы (14,9%), *P. minutus* (7,6%), науплии Copepoda (6,3%), *S. inopina* (4,0%), *A. longiremis (*4,8%) и *A. hudsonica* (2,9%), личинки Decapoda (2,7%). В ноябре в планктоне по массе преобладали *A. hudsonica* (41,0%), *Synchaeta* sp. (13,0%), науплии Copepoda (12,1%), *E. pacifica* (10,0%), *S. inopina* (9,5%), *O. brevicornis* (3,1%), Harpacticoida (2,8%), *P. minutus* (2,3%), *O. similis* (2,1%).

Киевка. Эта река была охвачена наиболее регулярными наблюдениями с апреля по октябрь. В этот период отмечено два пика биомассы зоопланктона — в апреле-мае (904,4–931,1 мг/м^3) и в августе–сентябре (3083,5 и 1247,2 мг/м^3), в июне-июле и октябре биомасса составляла около 300 мг/м^3 (табл. 3, рис. 3). В апреле–мае в планктоне доминировала *E. americana* (83,2 и 92,4%, соответственно), субдоминантами в апреле выступали *P. minutus* (3,5%), *Leptosagitta* sp. (3,5%), Harpacticoida (3,3%), *O. similis* (1,8%) и науплии Copepoda (1,7%); в мае — науплии копепод (3,4%) и личинки декапод (2,9%). В июне *E. americana* оставалась доминантом (31,7%), также многоичисленны были науплии *Copepoda* (14,4%), *S. tenellus* (12,5%), *O. similis* (9,3%), *S. inopina* (9,0%), личинки Polychaeta (7,3%) и *Podon leuckarti* (4,6%). Несколько изменился состав доминирующих видов в июле. Вместо *E. americana* (9,5% по массе) из каляноид стал преобладать *S. tenellus* (21,0%). Среди других групп планктонных животных высокой была доля науплиев копепод (23,0%), *S. inopina* (10,7%), неритической кладоцеры *Podon leuckarti* (8,9%), личинки Decapoda (7,8%) и *O. similis* (6,1%). В августе резко возросла численность *S. tenellus*, что и обусловило появление высокого максимума биомассы планктеров. Доля этого вида по массе составила 68,3 %. Кроме него высокой численности достигала *S. inopina* (14,7%). В сентябре более 76,5% от биомассы составляли гидромедузы. Из других видов, которые были довольно многочисленны, следует отметить *O. brevicornis* (10,8%) и науплии *Copepoda* (4,2%). Циклопоида *O. brevicornis* доминировала в ноябре (58,5), субдоминантами были *S. inopina* (13,0), науплии *Copepoda* (5,1), *E. americana* (5,0), *S. tenellus* и *O. similis* (3,5), *A. hudsonica* (3,2%).

Аввакумовка. В апреле биомасса зоопланктона была равна 977,3 мг/м^3 (табл. 3, рис. 3). По биомассе доминировала гидромедуза *Obelia longissima* (30,2%), каляноиды *P. minutus* (23,7%) и *E. americana* (5,8%), коловратка *Synchaeta* sp. (11,7%), гарпактициды (6,5%), сагитта *Leptosagitta* sp. (5,6%). В мае биомасса зоопланктона снизилась до 9,4 мг/м^3. По биомассе доминировали личинки хирономид (68,4%), гарпактициды (10,9%), коловратки *Polyarthra dolichoptera* (8,5%) и *Synchaeta* sp. (3,9%). В сентябре отмечен осенний пик биомассы (1361,4 мг/м^3). Наиболее многочисленны были *S. tenellus* (39,3%), гидромедузы (28,6%), *A. hudsonica* (13,8%), личинки Polychaeta (4,0%) и *S. inopina* (3,0%).

Известняк. Биомасса зоопланктона в сентябре составила 132 мг/м^3. Основу биомассы составили *S. tenellus* (87,2%) и науплии копепод (6,3%) (табл. 3, рис. 3).

В солоноватоводном озере Тунайча (южный Сахалин) сезонная сукцессия зоопланктона включает (Заварзин, 2006): фазу «*Synchaeta*» (с зимы до конца мая – начала июля), фазу «*Keratella — Sinocalanus*» (конец мая – начало июля) и фазу «*Sinocalanus — Eurytemora*» (с начала июля до ледостава). В нашем случае подобная смена фаз отмечена для рек Раздольная и Артемовка (I тип). Пресноводные коловратки, циклопы, кладоцеры и солоноватоводные каляноиды (*S. tenellus*) доминировали весной и в начале лета. Морские каляноиды и циклопы (*Acartia, Oithona*) преобладали ранней весной и со второй половины лета до поздней осени. В реках II типа (Киевка и Аввакумовка) доминирование коловраток в весенний период было выражено слабее, летом и осенью в планктоне преобладали солоноватоводные копеподы (*Eurytemora spp., S. tenellus, S. inopina*) и морские неритические виды (*Acartia, Oithona, Pseudocalanus, Leptosagitta,* Harpacticoida, Hydromedusae, личинки Polychaeta, Decapoda). В реках третьей группы (Суходол, Барабашевка, Нарва, Известняк) количество пресноводных групп было минимальным, а морских — максимальным.

Для сезонной динамики биомассы зоопланктона наиболее полно исследованных эстуариев было характерно наличие двух или трех пиков: весной и летом (Киевка, Суходол), весной, летом и осенью

(Раздольная), летом и осенью (Артемовка). По срокам наступления летнего пика они располагались в следующем порядке: Артемовка, Раздольная (июль), Суходол, Киевка (август). Разное время наступления летнего пика биомассы зоопланктона, по-видимому, определяется различиями в темпе прогрева воды (максимум биомассы зоопланктона формировался при достижении температуры воды 20°С), а также особенностями сезонных циклов доминирующих видов. Еще одним фактором, влияющим на величину биомассы зоопланктона, является внутригодовая динамика стока. Хорошо известно, что в реках Приморья пик пресного стока приходится на летние месяцы, когда здесь наблюдаются дождевые паводки (Будаева и др., 2010; Тищенко и др., 2011). При этом происходит снос в эстуарии органики со всего бассейна реки. Это является причиной формирования летнего максимума зоопланктона, пищей которому служат фито- и бактериопланктон, а также детрит. Весенний пик (менее выраженный), по-видимому, определяется сносом питательных веществ в эстуарий весенним паводком, наступающим после таяния льда и снега. Осенний пик формируется осенней генерацией солоноватоводных видов каляноид.

В целом в эстуариях средняя биомасса планктона составляла 71–918 мг/м^3 весной, 437–1243 мг/м^3 летом, 132–1361 мг/м^3 осенью и 0,05–42 мг/м^3 зимой.

С у т о ч н а я и з м е н ч и в о с т ь с о с т а в а и б и о м а с с ы з о о п л а н к т о н а. В темное время суток в эстуариях биомасса планктона наиболее высока, в ночные часы в уловах увеличивается доля мейо- и нектобентосных животных (креветки, мизиды, гаммариды, кумовые и т.д.), среди копепод увеличивается доля гарпактицид. Во время прилива увеличивается доля морских каляноид, при отливе — возрастает роль пресноводных кладоцер (рис. 4). При сравнении обилия зоопланктона в прибрежье и на стрежне выявлено, что обычно биомасса планктона выше на стрежне. Исключение — р. Суходол, где разница по глубине между этими двумя станциями составила лишь 0,5 м, а биомасса планктона была примерно одинаковой (табл. 4).

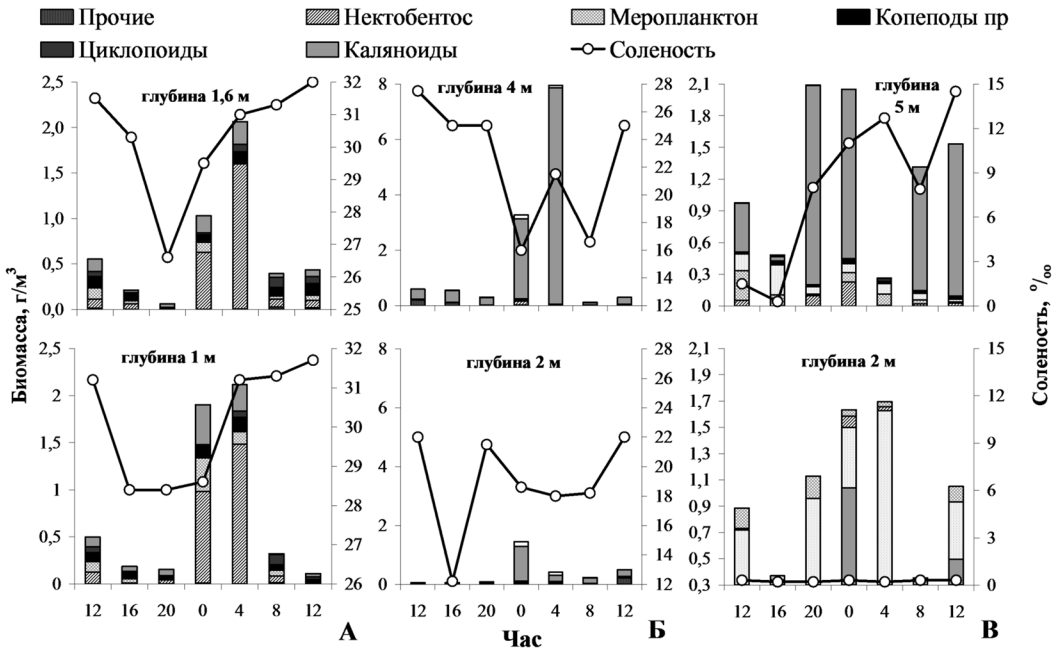


Рис. 4. Суточная изменчивость состава и обилия зоопланктона: А — р. Суходол, июль; Б — р. Киевка, апрель; В — р. Раздольная, июль

Таблица 4. Среднесуточная биомасса сетного планктона на двух станциях стандартного разреза (мг/м^3)

Река	Стрежень		Прибрежье	
	M±m	Lim	M±m	Lim
Артемовка, август	0,371±0,079	0,142–0,734	0,254±0,116	0,038–0,940
Суходол, июль	0,678±0,258	0,060–2,065	0,755±0,328	0,111–2,115
Киевка, апрель	1,872±1,093	0,121–7,947	0,400±0,187	0,058–1,448
Раздольная, июль	1,245±0,270	0,265–2,090	1,017±0,203	0,354–1,694

Пространственная изменчивость распределения сетного планктона. В р. Раздольной исследования выполнены в августе в период высокой степени опреснения (увеличение стока, сильные отливы). Локальные пики обилия отмечены как в нижней, осолоненной части эстуария (ст. 7, 52 мг/м^3) (рис. 5), так и в придаточной системе (ст. 2, 39 мг/м^3). На ст. 7 основу уловов составили солоноватоводные каляноиды *S. inopina* и *S. tenellus* (в сумме 38,5 мг/м^3). На ст. 2, в условиях практически полного опреснения, преобладали пресноводные кладоцеры *Diaphanosoma* sp. (33,1 мг/м^3). На остальных станциях опресненной части эстуария (ст. 1, 3–6), кроме кладоцер, в число доминантов входили коловратки и личинки насекомых (дрифт).

В эстуарии р. Киевка в июле выполнено 2 разреза с выходом во внешний эстуарий (рис. 6): 1. ст. 1–3 (старое русло и бухта) и 2. ст. 4–6 (новое русло). На первом разрезе зарегистрирован очень высокий максимум обилия (более 3 г/м^3) во внутреннем эстуарии (ст. 1) при средней солености 13 ‰ (6,2–19,8‰) и глубине места около 8 м. Доминировал здесь *S. tenellus* (3,14 г/м^3). В устье старого русла и в бухте обилие планктона было на порядок ниже 255 и 218 мг/м^3, здесь в условиях практически морской солености преобладала неритическая циклопоида *O. similis* (177 и 101 мг/м^3, соответственно).

На втором разрезе (при высокой солености не только в устье, но и во внутреннем эстуарии) биомасса планктона не достигала таких величин (123–182 мг/м^3). Тенденция снижения биомассы по направлению к морю сохранялась. Во внутреннем эстуарии здесь преобладали *S. calanus* (29–64 мг/м^3) и другие копеподы (55–66 мг/м^3), а также неритическая кладоцера *Podon leuckarti* (18–27 мг/м^3). В устье, как и на первом разрезе, доминировала *O. similis* (81 мг/м^3).

В эстуарии р. Суходол съемка выполнена в марте (рис. 7). На первой станции (верхняя граница внутреннего эстуария) биомасса планктона была минимальной (553 мг/м^3), преобладали эвригалинные гарпактициды (357 мг/м^3), солоноватоводные каляноиды (68 мг/м^3) и пресноводные коловратки (57 мг/м^3). В средней части внутреннего эстуария (ст. 2 и 3) биомасса планктона увеличивалась до 1523 и 1961 мг/м^3, соответственно. Преобладали личинки полихет (1062 и 1481 мг/м^3), гарпактициды

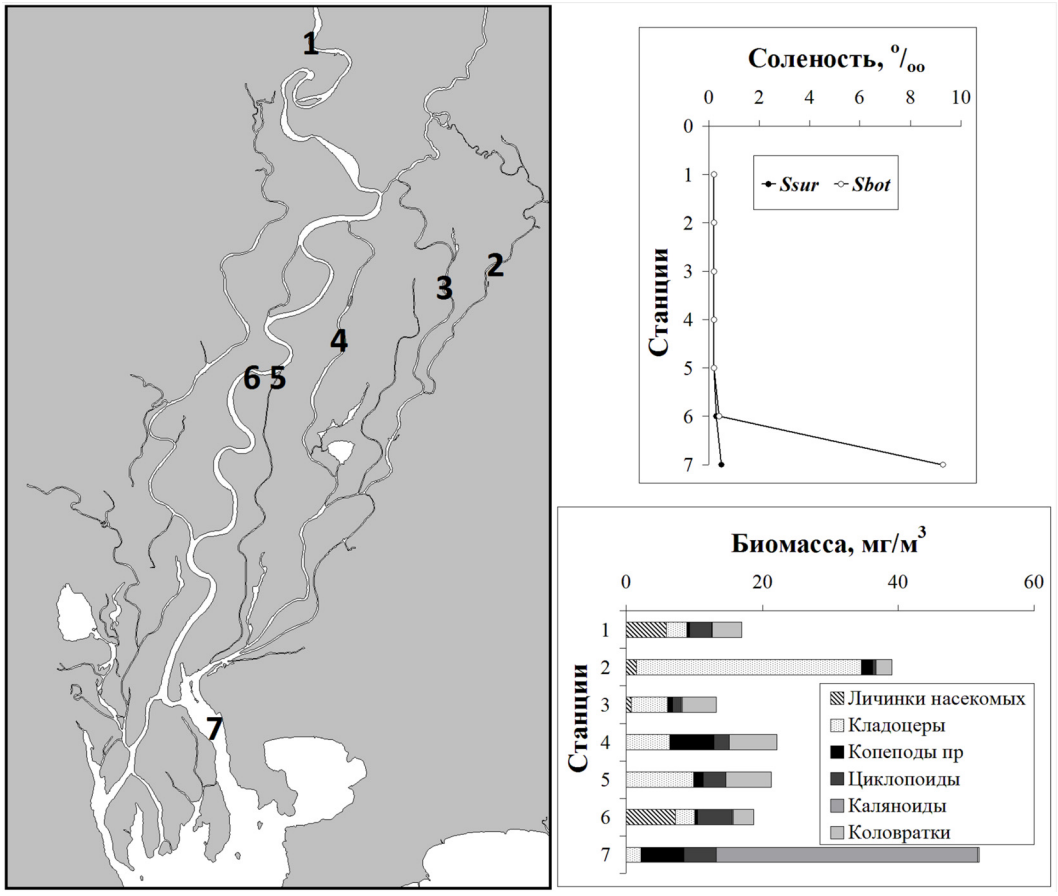


Рис. 5. Пространственная изменчивость состава и обилия планктона в эстуарии р. Раздольной (август). Здесь и далее: S_{sur} — соленость поверхностных вод; S_{bot} — соленость придонных вод

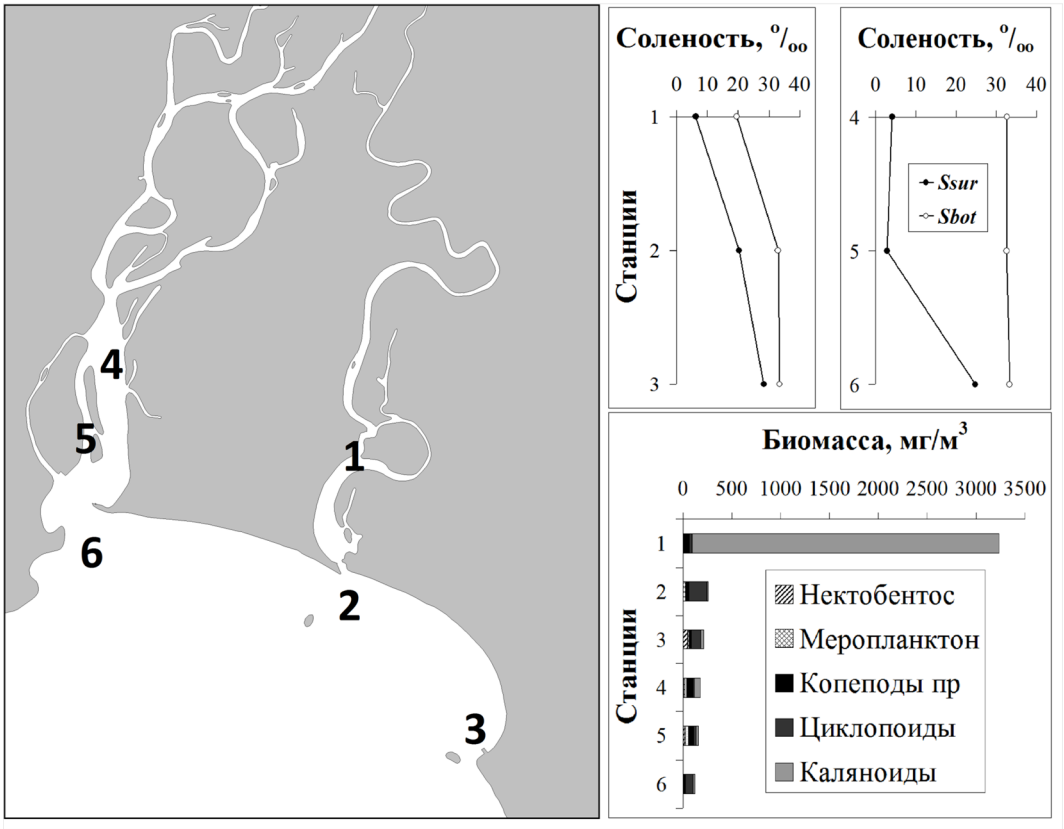


Рис. 6. Пространственная изменчивость состава и обилия планктона в эстуарии р. Киевка (июль)

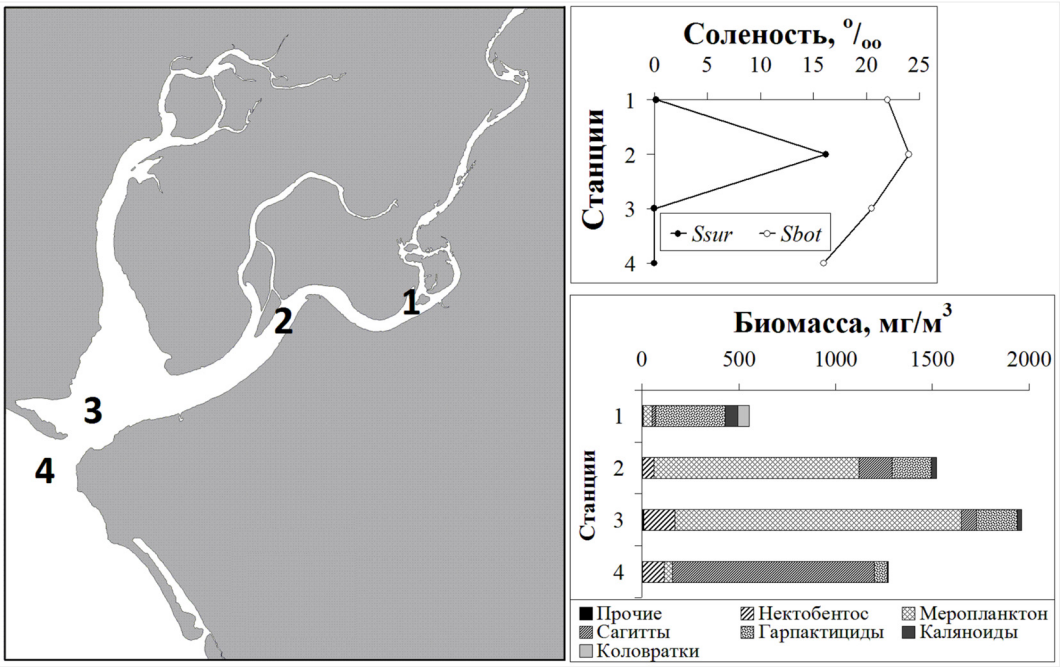


Рис. 7. Пространственная изменчивость состава и обилия планктона в эстуарии р. Суходол (март)

(204 и 209 мг/м^3), щетинкочелюстные *Leptosagitta* sp. (168 и 78 мг/м^3) и мизиды *N. intermedia* (58 и 161 мг/м^3). Во внешнем эстуарии (ст. 4) в районе бара в условиях существенного опреснения биомасса снижалась до 1273 мг/м^3, доминировали сагитты (1044 мг/м^3) и мизиды (111 мг/м^3).

Таким образом, в направлении река — эстуарий — море пики биомассы планктона отмечаются в пределах внутреннего эстуария при неких средних значениях солености, в море биомасса существенно ниже, в пресных водах биомасса минимальная. Вдоль градиента условий среды изме-

няется и состав планктона — в верхней части эстуария доминируют коловратки и кладоцеры, в средней и нижней — солоноватоводные каляноиды *S. inopina* и *S. tenellus*, в море — неритические циклопоиды *O. similis*.

Продукция сетного планктона в эстуариях Приморья. При расчетах продукции за зимнюю принята средняя биомасса планктона в декабре в р. Раздольной. В течение года величина суточной продукции в исследованных водных объектах изменялась от 0,007 (р. Раздольная, декабрь 1993 г.) до 335,4 (р. Киевка, август) мг/м^{3}сут. Наблюдается четкая зависимость величины суточной продукции от сезона (рис. 8), в первую очередь, от сезонного хода температуры воды. Аппроксимация кривой параболы сезонной изменчивости суточной продукции для эстуариев трех типов показала (рис. 8), что в среднем наиболее высоки ее значения в эстуариях второго (Киевка и Аввакумовка) и первого (Раздольная и Артемовка) типа, наименьшие значения продукции характерны для эстуариев третьего типа (Суходол, Барабашевка, Нарва, Известняк).

Годовая величина продукции планктона оценена для четырех эстуариев: Раздольной, Артемовки, Киевки и Суходола (табл. 5). Среднегодовая биомасса планктона составила соответственно 221,9, 328,2, 638,3 и 273,4 мг/м^3. Годовая продукция — 10,9, 25,7, 18,4 и 10,9 г/м^3. Средний P/B-коэффициент составил соответственно: 49,2, 78,4, 28,8 и 39,8. В реках Раздольная и Артемовка (I тип) основу продукции составили пресноводные коловратки (44,5 и 61,9%, соответственно) и кладоцеры (22,6 и 1,1%), а также солоноватоводные каляноиды (в основном, S. tenellus) (25,0 и 18,4%) (рис. 9). В р. Киевка (II тип) основу продукции давали каляноиды (62,9%) и прочие копеподы (науплии всех видов, а также несколько паразитических видов подотр. Siphonostomatoida) (20,7%). В р. Суходол (III тип) основной вклад в формирование про-дукции планктона вносили циклопоиды (в основном, *O. brevicornis и O. similis*) (36,3%), каля-ноиды (*S. inopina, S. tenellus*) (22,4%), прочие копеподы (27,1%). Существенна здесь была и доля группы «прочих» видов планктонных животных (в основном щетинкочелюстные, гидромедузы и аппендикулярии) (6,7%).

Наши оценки продукции мейо- и нектобентоса (креветки, гаммариды, кумовые и т.п.) формальны (табл. 5), т.к. планктонной сетью улавливается лишь незначительная его часть в ночное время, когда

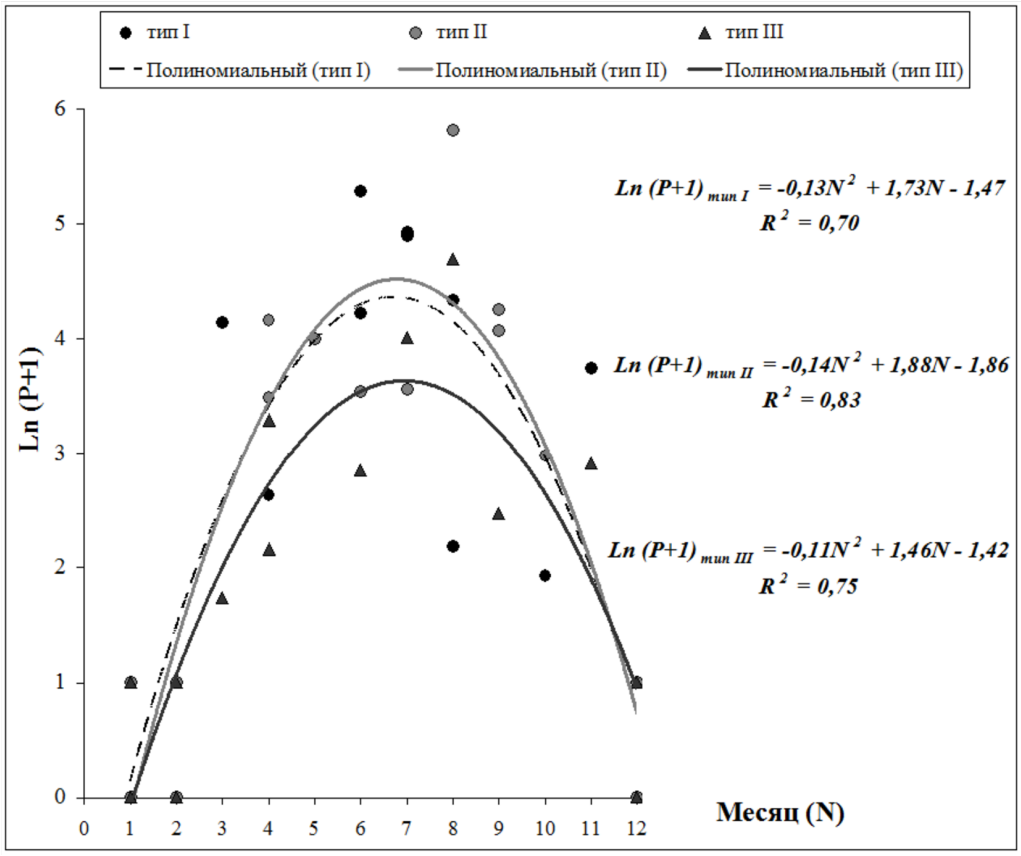


Рис. 8. Сезонная изменчивость величины суточной продукции зоопланктона в эстуариях разных типов

Таблица 5. Годовая продукция (мг/м^3 год) различных групп сетного планктона

Продукция	Раздольная	Артемовка	Киевка	Суходол
Коловратки	4865,5	15922,3	374,0	591,2
Гарпактициды	57,4	99,5	115,1	226,5
Каляноиды	2730,9	4733,9	11560,4	2434,1
Циклопоиды	202,4	725,4	1466,7	3943,5
Прочие копеподы	549,7	3948,6	3796,5	2945,4
Кладоцеры	2473,0	292,9	170,8	7,4
Прочие	45,8	16,6	896,3	723,9
Общая продукция зоопланктона	10924,7	25739,1	18379,8	10871,9
Средняя биомасса зоопланктона, мг/м^3	*221,9*	*328,2*	*638,3*	*273,4*
P/B-коэффициент зоопланктона	*49,2*	*78,4*	*28,8*	*39,8*
Продукция меропланктона	477,8	709,3	1073,6	1593,8
Средняя биомасса меропланктона, мг/м^3	*16,9*	*7,9*	*19,5*	*83,2*
P/B-коэффициент меропланктона	*28,4*	*90,0*	*55,2*	*19,2*
Продукция мейо- и нектобентоса	60,6	995,7	169,7	1277,3

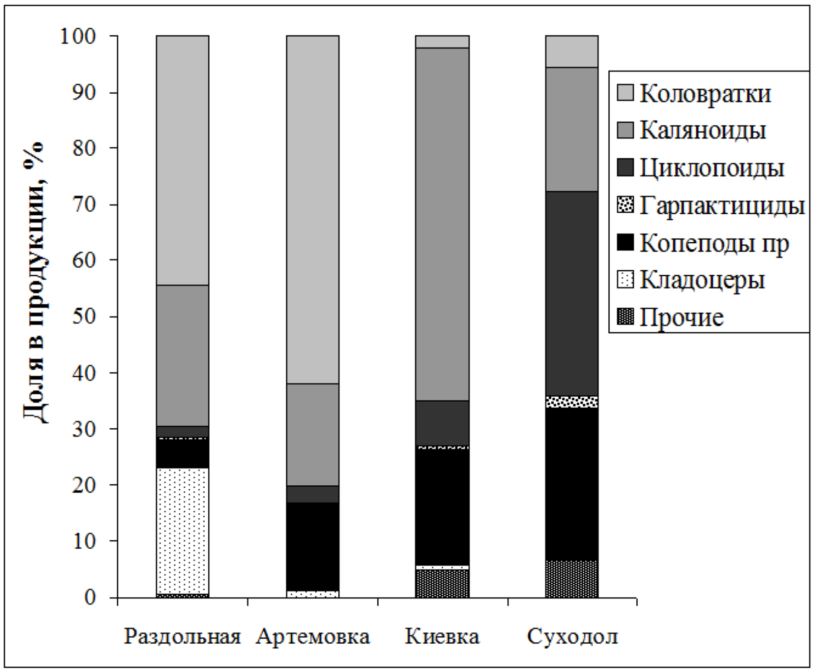


Рис. 9. Соотношение различных групп планктона в его общей годовой продукции

животные поднимаются в толщу воды. А вот оценки продукции меро-планктона (в основном, личинки полихет и декапод) представляют интерес. Среднегодовая биомасса меропланктона была сравнительно невысокой (16,9, 7,9, 19,5 и 83,2 мг/м^3), но при высоких значениях P/B-коэффициента, величины его продукции были заметными (0,48, 0,71, 1,07 и 1,59 г/м^3). Наиболее высокие значения продукции меропланктона отмечены в эстуариях второго и третьего типов.

Заключение

Всего в сборах сетного планктона из эстуариев Приморья (1996 г.) идентифицировано 168 таксонов животных разного ранга. Наибольшее их число выявлено в протяженных эстуариях равнинного типа (I) (Раздольная, Артемовка) — 100 и 107, в горных реках с протяженной эстуарной зоной (II) (Киевка, Аввакумовка) видовое богатство было существенно ниже (69 и 81), в горных реках с короткой эстуарной зоной (III) (Суходол, Нарва, Барабашевка, оз. Известняк (эстуарий р. Брусиловка)) число таксонов планктона составило 27–75. В реках I типа наиболее высоко видовое богатство коловраток (37,0–39,3%

всех таксонов) и кладоцер (16,0–16,8%), в остальных водоемах по числу таксонов преобладали копеподы (34,7–48,1%), мейо- и нектобентос и меропланктон (в сумме 11,1–26,7%). Таксономическая структура отражает различия абиотических условий в этих водоемах: первая группа характеризуется в среднем более низкой соленостью воды, во второй и третьей группах водоемов соленость может приближаться к морской. Поэтому в первой группе водоемов (Артемовка, Раздольная) преобладает пресноводный планктон (63,0–72,9% таксонов). Во второй и третьей группах водоемов преобладают морские и эвригалинные формы (46,8–72,5%).

Биомасса зоопланктона в эстуариях весной составляла в среднем 71–918 мг/м^3, летом 437–1243 мг/м^3, осенью 132–1361 мг/м^3 и 0,05–42 мг/м^3 зимой. Для сезонной динамики биомассы зоопланктона характерно наличие двух или трех пиков: весной и летом (Киевка, Суходол), весной, летом и осенью (Раздольная), летом и осенью (Артемовка). Основным солоноватоводным видом в период летнего пика во всех эстуариях был *S. tenellus*. Его доля по биомассе составляла 13,5–68,3%.

В темное время суток биомасса планктона наиболее высока, в ночные часы в уловах увеличивается доля мейо- и нектобентосных животных (креветки, мизиды, гаммариды, кумовые и т.д.), среди копепод значительно увеличивается доля гарпактицид. При приливе увеличивается доля морских неритических каляноид, при отливе — возрастает роль пресноводных кладоцер. При сравнении обилия зоопланктона в прибрежье и на стрежне выявлено, что обычно биомасса планктона выше на стрежне.

В направлении река — эстуарий — море пики биомассы планктона отмечаются в пределах внутреннего эстуария, в море биомасса существенно ниже, в пресных водах биомасса минимальная. Вдоль градиента условий среды изменяется и состав планктона — в верхней части эстуария доминируют коловратки и кладоцеры, в средней и нижней — солоноватоводные каляноиды *S. inopina и S. tenellus*, в море — неритические циклопоиды *O. similis*.

Величина суточной продукции в разных эстуариях изменялась от 0,007 (декабрь) до 335,4 (август) мг/м^{3}сут в зависимости от сезонного хода температуры воды. В среднем наиболее высоки ее значения в эстуариях второго (Киевка и Аввакумовка) и первого (Раздольная и Артемовка) типов, наименьшие значения продукции характерны для эстуариев третьего типа (Суходол, Барабашевка, Нарва, Известняк).

Среднегодовая биомасса голопланктона в эстуариях рек Раздольной, Артемовки, Киевки и Суходола в 1996 г. была равна 221,9, 328,2, 638,3 и 273,4 мг/м^3, соответственно. Годовая продукция — 10,9, 25,7, 18,4 и 10,9 г/м^3. В реках Раздольная и Артемовка (I тип) основу продукции составили пресноводные коловратки и кладоцеры, а также солоноватоводные каляноиды. В р. Киевка (II тип) основу продукции давали каляноиды и прочие копеподы. В р. Суходол (III тип) основной вклад в формирование продукции планктона вносили циклопоиды, каляноиды и прочие копеподы. Существенна здесь была и доля щетинкочелюстных, гидромедуз и аппендикулярий. Наиболее высокие значения продукции меропланктона отмечены в эстуариях второго и третьего типов.

Список литературы

Барабанщиков Е.И. 1997. Зоопланктон и типизация внутренних эстуариев рек Южного Приморья // Тез. докл. конф. молодых ученых «Биомониторинг и рациональное использование гидробионтов». (Владивосток, 27–29 мая 1997 г.). Владивосток: ТИНРО-центр. С. 87–88.

Барабанщиков Е.И., Магомедов Р.А. 2002. Состав и некоторые черты биологии рыб эстуарной зоны рек южного Приморья // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 131. С. 179–200.

Будаева В.Д., Зуенко Ю.И., Макаров В.Г. 2010. Структура и динамика вод залива Петра Великого в условиях сильного летнего распреснения (2008–2009 гг.) // Юбилейный выпуск. ДВНИГМИ - 60 лет. Владивосток: Дальнаука. С. 158–172.

Гаркалина Н.Н. 1978. Видовой состав и распределение экологических комплексов зоопланктона эстуария Амура и Амурского лимана // Гидробиология бассейна Амура. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 23–31.

Заварзин Д.С. 2006. Зоопланктон озера Тунайча и его изменение под влиянием опреснения: Автореф. дис. … канд. биол. наук. СПб.: ЗИН РАН, 20 с.

Иванков В.Н., Андреева В.В., Тяпкина Н.В. и др. 1999. Биология и кормовая база тихоокеанских лососей в ранний морской период жизни. Владивосток: ДВГУ, 260 с.

Инструкция по количественной обработке морского сетного планктона. 1982. Владивосток: ТИНРО, 29 с.

Касьян В.В. 2005. Распределение, структура и динамика веслоногих ракообразных (Copepoda) в Амурском заливе Японского моря: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ ДВО РАН, 24 с.

Кафанов А.И., Андреева В.В., Саматов А.Д. 1988. Состав и суточная динамика зоопланктона лагуны Семячик (Восточная Камчатка) // Биота и сообщества дальневосточных морей: лагуны и заливы Камчатки и Сахалина. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 155–169.

Куренков И.И. 2005. Зоопланктон озер Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 178 с.

Лисицын А.П. 1994. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. Т. 34. № 5. С. 735–747.

Максименков В.В. 2002. Питание и пищевые отношения молоди рыб, обитающих в эстуариях рек и прибрежье Камчатки: Автореф. дис. … докт. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-центр, 42 с.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. 1984. Л.: ЗИН РАН, 33 с.

Надточий В.В., Чульчеков Д.Н., Зуенко Ю.И. 2008. Сообщества зоопланктона в эстуариях рек Амурского и Уссурийского заливов // Тез. докл. III Междунар. науч.-практ. конф. «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки» (Владивосток, 8–11 сентября 2008). Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 117–118.

Паули В.Л. 1954. К биоценологии солоноватых вод. (Проблема минимума видов солоноватых вод) // Тр. Севастопольск. биол. станции. Т. 8. С. 147–156.

Ревцова Т.Е. 1971а. Характеристика зоопланктона лагуны Лебяжьей // Фауна и перспективы рыбохозяйственного освоения континентальных водоемов Дальнего Востока. Уч. записки ДВГУ. Т. XV, вып. 3. С. 80–84.

Ревцова Т.Е. 1971б. Весовая характеристика основных видов зоопланктона некоторых внутренних водоемов Южного Приморья // Фауна и перспективы рыбохозяйственного освоения континентальных водоемов Дальнего Востока. Уч. записки ДВГУ. Т. XV, вып. 3. С. 111–113.

Селиванова Е.Н. 2007. Зоопланктон бухты Киевка Японского моря (состав, сезонная и межгодовая изменчивость): Автореф. дис. канд. биол. наук. Владивосток: ДВГУ, 21 с.

Тищенко П.Я., Лобанов В.Б., Звалинский В.И. и др. 2011. Сезонная гипоксия Амурского залива (Японское море) // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 165. С. 136–157.

УДК 593.7–593.8

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ПИТАНИЕ ЖЕЛЕТЕЛОГО ЗООПЛАНКТОНА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Заволокин А.В., Радченко К.В.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: zavolokin@tinro.ru

Введение

Исследования распространения, обилия и питания желетелого зоопланктона, включая медуз, гребневиков, сальп, пиросом и сифонофор, в открытых водах северо-западной части Тихого океана (СЗТО) немногочисленны. Первые ориентировочные сведения о количестве этих организмов приводятся в работе Шушкиной с соавторами (1991). На основе наблюдений с подводного обитаемого аппарата, проведенных на нескольких станциях в камчатско-курильском районе, выявлено, что доля желетелого зоопланктона достигает 90% по сырому весу от общей биомассы мезо- и макропланктона в верхнем 500-метровом слое. Согласно данным исследователей (Шушкина и др., 1991), многие из замеченных ими желетелых имели небольшие размеры и легко разрушаемое тело, что не позволяет облавливать их фильтрующими орудиями лова. О значительном количестве мелких медуз и гребневиков свидетельствуют также и результаты анализа питания рыб. Например, у лососей, особенно кеты, желетелые организмы составляют значительную часть пищи, а в отдельных случаях даже доминируют в их рационе в этом районе (Чучукало, 2006; Шунтов, Темных, 2008, 2011).

Некоторую информацию о желетелом зоопланктоне дают комплексные пелагические съемки ТИНРО-центра. Траловые уловы позволяют оценить количественный состав, распространение и состав пищи крупных сцифо- и гидромедуз, а также предоставляют некоторые сведения об обилии и распрост-

ранении крупных и наиболее многочисленных гребневиков, сальп и сифонофор (Заволокин, 2010а, б, 2011; Горбатенко, Радченко, 2011). Планктонные уловы дают представление об мелких желетелых, среди которых наиболее обширная информация собрана по массовой и широко распространенной гидромедузе *Aglantha digitale* (Волков, 2007).

В настоящей работе обобщены имеющиеся в ТИНРО-центре архивные и собранные авторами данные по траловым уловам желетелого зоопланктона в северо-западной части Тихого океана в 1991–2012 гг. Исследован их количественный состав, его сезонная и межгодовая динамика, распространение и питание.

Материал и методика

В основу работы положены архивные и собранные авторами данные ТИНРО-центра, полученные в 32 траловых съемках в эпипелагиали северо-западной части Тихого океана в 1991–2012 гг. За этот период выполнено 1991 траление, из которых большая часть (56%) приходилась на лето и примерно по 15 % на остальные сезоны. Представление об акватории исследования можно получить из рисунков распределения медуз (рис. 1, 2).

Траления осуществлялись пелагическими тралами разного типа (РТ 57, РТ 80, РТ 93, РТ 108, РТ 118) с вертикальным раскрытием в основном (90% тралений) от 30 до 55 м и горизонтальным раскрытием от 28 до 49 м. Средняя скорость траления составила 4,3 узла. Кутцовая часть трала оснащалась мелкоячейной (1 см) вставкой. Методика оценки биомассы и численности желетелого зоопланктона подробно описана в предыдущих публикациях (Заволокин, 2010, 2011).

Анализ питания медуз проводился в двух экспедициях на НИС "ТИНРО" с 24 февраля по 10 апреля 2011 г. и с 28 мая по 15 июля 2012 г. Исследовался состав пищи и накормленность наиболее массовых видов медуз. Подробная методика исследований описана ранее (Горбатенко, Радченко, 2011).

Результаты и обсуждение

За время проведения исследований в траловых уловах было встречено 8 видов сцифомедуз (*Atolla wyvillei, Aurelia aurita, A. labiata, A. limbata, Chrysaora melanaster*[1], *Cyanea capillata, Periphylla periphyla, Phacellophora camtschatica*), 4 вида гидромедуз (*Aequorea* sp., *Calycopsis nematophora, Ptychogena lactea, Tima sachalinensis*), 2 вида гребневиков (Beroe sp., Hormiphora cucumis), 5 видов сальп (*Cyclosalpa* sp., *Helicosalpa* sp., *Salpa aspera*, *S. fusiformis, S. maxima*), 1 вид пиросом (*Pyrosoma atlanticum*) и один вид сифонофор неопределенной видовой принадлежности. Гидроидные и сцифоидные медузы встречались в уловах во всех съемках. Гребневики, сальпы, пиросомы и сифонофоры были отмечены преимущественно в зимне-весенний период, когда они, вероятно, имеют наибольшую численность.

Медузы широко распространены и встречаются практически на всей исследованной акватории в северо-западной части Тихого океана (рис. 1, 2). Они не были отмечены в уловах только на южной периферии района исследований, в зоне субарктического фронта. В летне-осенний период наиболее высокие концентрации медузы создают у восточной Камчатки, Командорских и Алеутских островов (рис. 1а).

Южнее их обилие снижается. Эта особенность распределения характерна для всех трех массовых видов медуз: *C. melanaster, P. camtschatica и Aequorea* sp. (рис. 1б-г), а также и для мелкой гидромедузы *Aglantha digitale* (Волков, 2007). Очевидно, в значительной степени обилие медуз в этих водах определяется их приносом с течениями из Берингова моря и тихоокеанского шельфа Командорских и Алеутских островов, где они более многочисленны. Особенно это касается *C. melanaster*, имеющего высокую численность в Беринговом море (Brodeur et al., 2008).

Устойчивый характер плотных скоплений разных видов медуз южнее Камчатки и Командорских островов, регистрируемых здесь из года в год, говорит о том, что особенности циркуляции вод в этом районе, вероятно, способствуют их концентрированию здесь и препятствуют их быстрому выносу на юг.

В зимне-весенний период биомасса медуз в СЗТО значительно снижается, а их распределение становится более равномерным (рис. 2). В целом общее обилие медуз у Курильских островов и Камчатки

[1]Ранее на основании особенностей окраски здесь выделялось еще два вида этого рода: *C. quinquecirrha* и *C. helvola*. Согласно последней ревизии (Morandini, Marques, 2010), *C. quinquecirrha* обитает у атлантического побережья Северной Америки и не встречается в водах Тихого океана, а *C. helvola* является синонимом вида *C. fuscescens*. Ввиду отсутствия четких диагностических признаков, позволяющих идентифицировать эти виды, и морфологического сходства всех пойманных нами медуз все встреченные в уловах особи рода *Chrysaora* обозначены как *C. melanaster*.

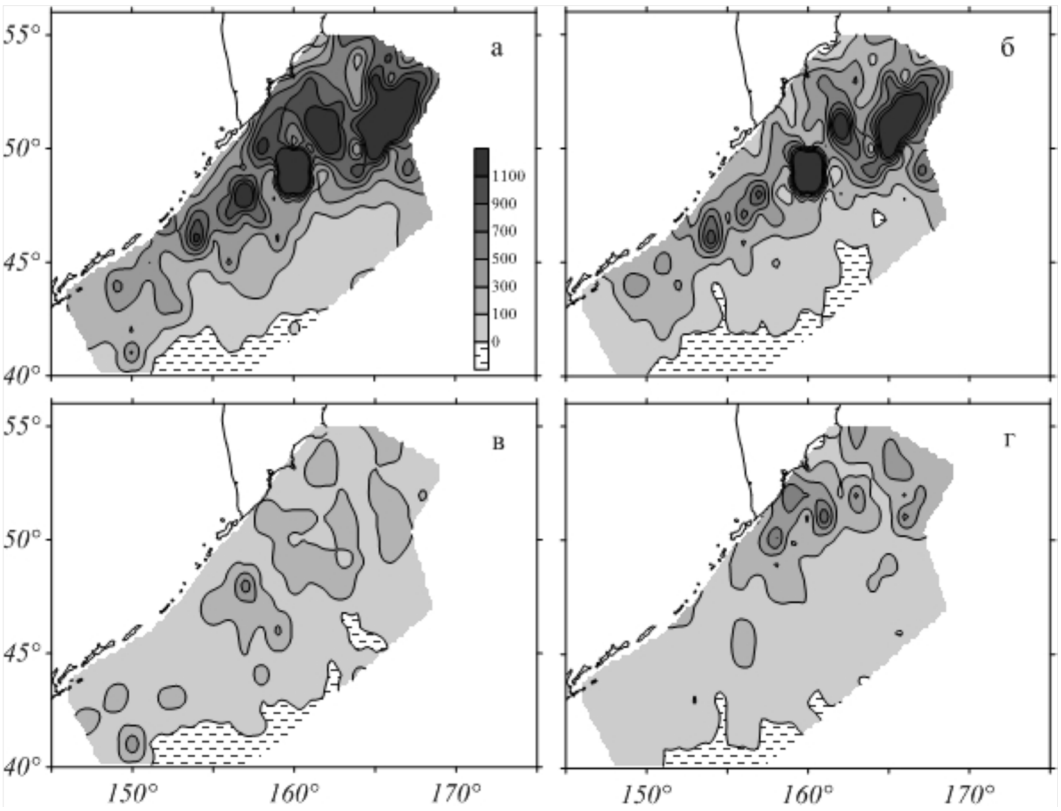


Рис. 1. Распределение биомассы (кг/км^2) медуз в эпипелагиали северо-западной части Тихого океана летом и осенью 1991–2011 гг.: а — все медузы, б — *Chrysaora melanaster*, в — *Phacellophora camtschatica*, г — *Aequorea* sp.

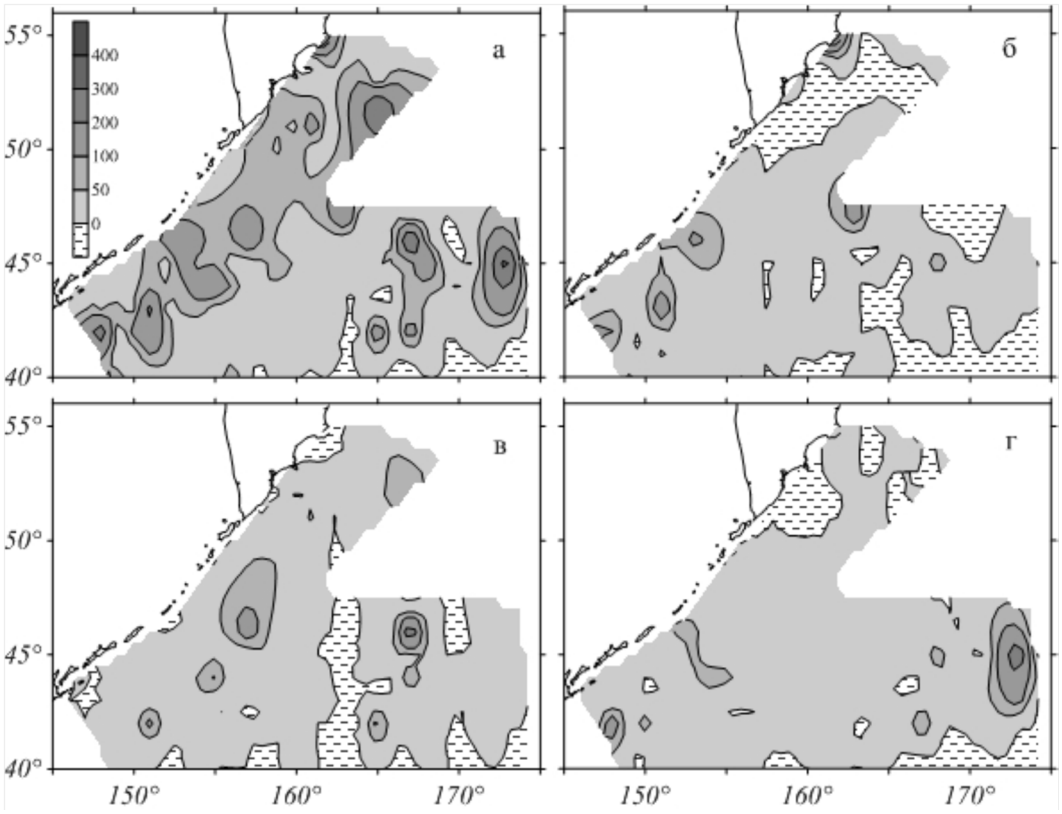


Рис. 2. Распределение биомассы (кг/км^2) медуз в эпипелагиали северо-западной части Тихого океана зимой и весной 1991–2011 гг.: а — все медузы, б — *Chrysaora melanaster*, в — *Phacellophora camtschatica*, г — *Aequorea* sp.

выше, чем в открытых водах. За пределами исключительной экономической зоны России наблюдаются лишь локальные области повышенных концентраций медуз.

Наряду с уменьшением обилия происходит перераспределения желетелых в пределах водной толщи. Как показали исследования вертикального распределения медуз (Заволокин, 2010б), летом основная их часть сосредоточена в поверхностном слое, в то время как весной максимальные концентрации они создают в более глубоких слоях эпипелагиали.

Обилие медуз в течение года значительно меняется. Максимальной биомассы и численности они достигают осенью (табл. 1, 2). Это свойственно для всех массовых видов за исключением *C. melanaster*, пик обилия которого приходится на вторую половину лета. Нужно отметить, что подобная особенность сезонной динамики этого вида характерна и для других районов (Заволокин, 2011). Зимой и весной биомасса и численность крупных сцифоидных и гидроидных медуз резко снижается (примерно на порядок). Мелкоразмерные виды медуз (например, *C. nematophora, P. lactea, A. digitale*), а также гребневики, сальпы, пиросомы и сифонофоры, напротив, в холодное время года нередко остаются весьма многочисленными в эпипелагиали или даже увеличивают свою численность.

Наиболее массовым среди крупноразмерных видов медуз, встречающихся в траловых уловах в СЗТО, является *C. melanaster* (табл. 1). Его доля составляет 44–70% от общей биомассы медуз в теплое время года и 19–45% в холодные сезоны. На вторую по биомассе группу видов *Aequorea* spp. приходится 10–35%. Основу численности составляют гидромедузы, среди которых доминируют *Aequorea* spp. и *C. nematophora* (табл. 2). В разные сезоны доля этих двух видов находится в пределах 47–87% от общей численности медуз.

Обилие медуз значительно меняется год от года. На рис. 3, где представлены наиболее сопоставимые по району исследований и количеству станций съемки, видно, что биомасса медуз в разные годы может различаться на порядок. При этом динамика обилия массовых видов не является синхронной. Биомасса *C. melanaster*, *P. camtschatica* и *Aequorea* sp. сильно варьирует, что приводит к постоянной смене доминирующего вида.

Важно подчеркнуть, что даже в течение одного сезона обилие медуз может значительно меняться за счет их активного соматического роста и их переноса течениями. Так, максимальная в рассмотренном ряду лет (рис. 3) биомасса медуз в 1993 и 1995 гг. отчасти может быть связана с тем, что съемки в эти годы проводились позже, в июле-августе, в то время как в 2004 и 2006–2012 гг. они были выполнены в июне–июле.

Зимой и весной существенную долю в траловых уловах желетелого зоопланктона составляют гребневики, сальпы, пиросомы и сифонофоры (рис. 4). В 2011 г. их общая биомасса за счет высокого

Таблица 1. Биомасса медуз в эпипелагиали тихоокеанских вод Курильских островов и восточной Камчатки в разные сезоны (M±SE, кг/км^2)

Группа/Вид	Весна	Лето	Осень	Зима
Scyphozoa	64,2 ± 17,0	441,4 ± 62,9	480,7 ± 49,8	56,7 ± 9,6
Chrysaora melanaster	18,0 ± 5,4	351,8 ± 62,1	329,7 ± 47,4	34,7 ± 9,2
Phacellophora camtschatica	19,5 ± 13,7	74,8 ± 6,8	77,7 ± 9,5	10,0 ± 2,3
Hydrozoa	28,2 ± 9,3	64,2 ± 7,2	266,6 ± 45,9	7,7 ± 1,6
Aequorea spp.	26,8 ± 9,3	63,3 ± 7,2	265,2 ± 45,9	6,4 ± 1,5
Calycopsis nematophora	0,3 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,4 ± 0,3	1,3 ± 0,6
Количество станций	68	878	276	116

Таблица 2. Численность медуз в эпипелагиали тихоокеанских вод Курильских островов и восточной Камчатки в разные сезоны (M±SE, экз./км^2)

Группа/Вид	Весна	Лето	Осень	Зима
Scyphozoa	133 ± 26	466 ± 40	529 ± 59	50 ± 6
Chrysaora melanaster	49 ± 16	259 ± 35	199 ± 27	20 ± 4
Phacellophora camtschatica	22 ± 10	168 ± 12	175 ± 21	18 ± 4
Hydrozoa	254 ± 77	533 ± 56	983 ± 131	330 ± 163
Aequorea spp.	116 ± 39	256 ± 28	608 ± 105	24 ± 5
Calycopsis nematophora	65 ± 30	276 ± 46	375 ± 83	305 ± 163
Количество станций	68	878	276	116

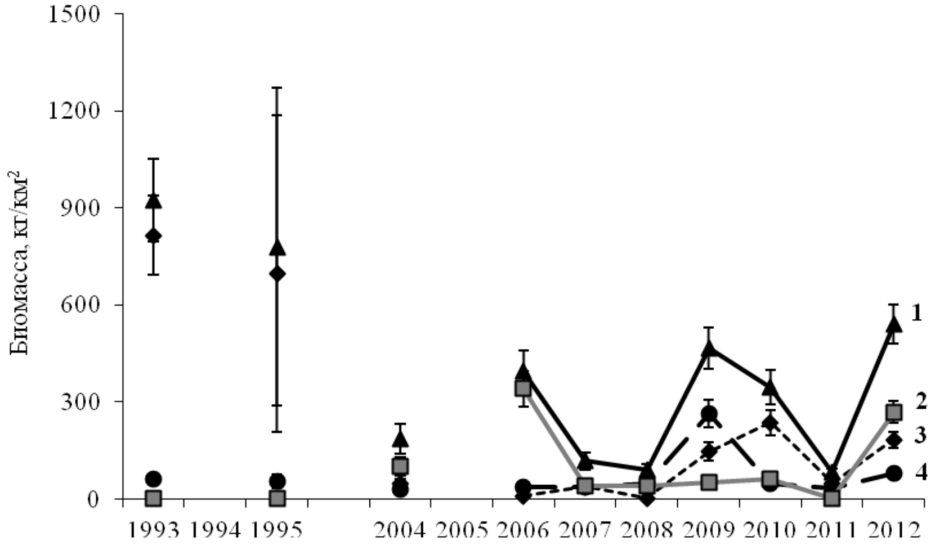


Рис. 3. Межгодовая изменчивость биомассы (кг/км^2) медуз в эпипелагиали северо-западной части Тихого океана в июне-августе: 1 — все медузы, 2 — *Aequorea* sp., 3 — *Chrysaora melanaster*, 4 — *Phacellophora camtschatica*

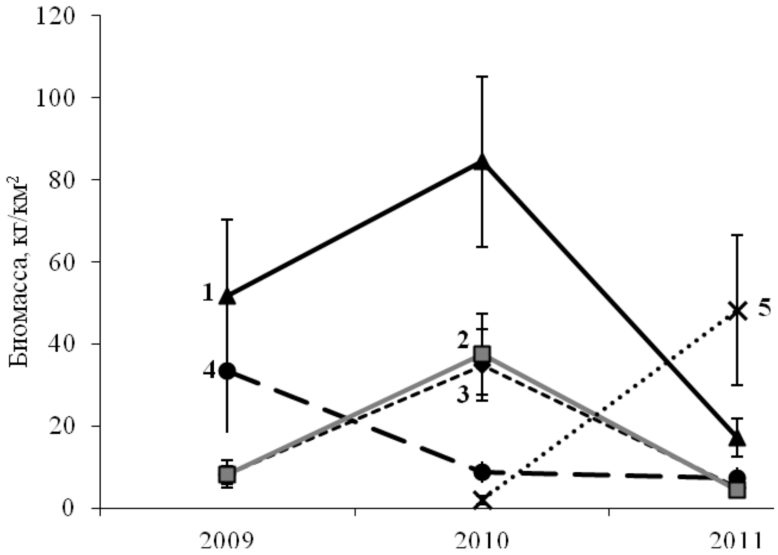


Рис. 4. Межгодовая изменчивость биомассы (кг/км^2) желетелого зоопланктона в эпипелагиали северо-западной части Тихого океана в феврале-апреле: 1 — все медузы, 2 — *Aequorea* sp., 3 — *Chrysaora melanaster*, 4 — *Phacellophora camtschatica*, 5 — гребневики, сальпы, пиросомы и сифонофоры

обилия сальп значительно превышала биомассу медуз. Заметим, что при расчетах для всех желетелых использовался одинаковый коэффициент уловистости. Вероятно, обилие этих организмов, которые облавливаются тралом хуже, чем крупные медузы заметно выше.

Как и летом, биомасса желетелого зоопланктона зимой и весной сильно варьирует год от года. Общий уровень обилия крупноразмерных медуз определяется тремя доминирующими видами: *C. melanaster*, *P. camtschatica* и *Aequorea* sp.

Общая биомасса всех встреченных в траловых уловах крупноразмерных медуз сопоставима с биомассой наиболее массовой гидромедузы *A. digitale*, обычной в планктонных уловах большой сети Джеди (БСД) (табл. 3). Учитывая, что существенная часть других мелких медуз плохо или совсем не облавливается БСД, а также значительное количество гребневиков, сальп, пиросом и сифонофор, суммарное обилие желетелого зоопланктона в СЗТО может быть как минимум в 2–3 раза выше наших оценок, полученных по траловым данным.

Исследования питания медуз в северо-западной части Тихого океана весьма немногочисленны. В данной работе они представлены двумя съемками 2011 и 2012 гг. До этого питание медуз также иссле-

довалось летом 2009 г. (Горбатенко, Радченко, 2011). Весной 2011 г. и летом 2012 г. все исследованные виды медуз потребляли практически исключительно зоопланктон. Однако в желудочных карманах иногда попадались растительные организмы, но их роль столь незначительна, что в расчет они не принимались. Растительная часть пищи состояла в основном из диатомей. Основу питания всех медуз составлял «мирный» зоопланктон — эвфаузииды и копеподы. Вместе с тем, существенную долю в питании занимал ещё и хищный зоопланктон — амфиподы, а также личинки рыб (табл. 4).

У гидроидных медуз, представленных одним видом *Aequorea* sp., в рационе, как правило, преобладали копеподы, но также значительной была роль амфипод и эвфаузиид (табл. 4). В 2011 г. *Aequorea* sp. в незначительной степени потреблял мелких медуз *A. digitale*, которые не были отмечены у сцифомедуз в этот период. Однако в 2012 г. в питании этого вида мелкие сетные медузы не встретились, зато они активно потреблялись крупными доминирующими видами сцифомедуз *C. melanaster* и *P. camtschatica*. Сцифоидные медузы потребляли в основном копепод и эвфаузиид. По данным 2011 г. копепод активнее потребляли *P. camtschatica* и *C. melanaster*, а эвфаузиид — *C. melanaster*. Также в рационе сцифомедузы *P. camtschatica* были отмечены личинки рыб.

Как видно из представленных выше данных в холодный период года (весна 2011 г.) на порядок снижается не только численность, но и интенсивность питания медуз и, как следствие, их количественный состав пищи (Горбатенко, Радченко, 2011). Но независимо от сезона у наиболее крупных и многочисленных особей медуз (*P. camtschatica, C. melanaster*) отмечено наибольшее количество пищи. Возможно, в холодный период медузы переходят на поддерживающий режим питания, хотя биомасса планктона в зимний период значительно не снижается. Вероятно, своеобразная диапауза в жизненном цикле медуз определяется общим снижением температуры воды в верхней эпипелагиали и соответствующим замедлением процессов жизнедеятельности. Уточнение сезонной изменчивости

Таблица 3. Биомасса (мг/м^3) крупноразмерных медуз по данным траловых уловов и мелкой гидромедузы *Aglantha digitale* по данным уловов БСД в северо-западной части Тихого океана

Объект (орудие лова)	Весна	Лето	Осень	Зима
Крупные медузы (пелагический трал)	1,5	13,3	22,2	1,3
Aglantha digitale (планктонная сеть; Волков, 2007)	12,3	7,3	8,6	1,4

Таблица 4. Состав пищи (мг) для разных видов медуз в прикурильских тихоокеанских водах весной 2011 и летом 2012 гг.

Пищевой объект	*Aequorea* sp.	*Aurelia labiata*	*Chrysaora melanaster*	*Phacellophora camtschatica*
		2011		
Euphausiacea	1.1	12.8	0.8	1.0
Amphipoda	1.9	–	–	1.1
Copepoda	2.4	–	8.6	4.6
Pteropoda	–	–	–	0.01
Ostracoda	0.1	–	–	0.1
Aglantha digitale	0.03	–	–	–
Polychaeta	0.1	–	–	0.1
Larva pisces	–	–	–	0.04
		2012		
Euphausiacea	0.4	6.2	103.8	87.8
Amphipoda	0.5	8.5	16.3	13.6
Copepoda	0.2	33.6	123.0	95.6
Pteropoda	–	–	2.0	0.7
Ostracoda	–	–	0.3	–
Aglantha digitale	–	–	0.3	0.4
Polychaeta	–	–	1.0	–
Larva pisces	–	–	–	2.9

процессов и общих оценок потребления медузами зоопланктона должно стать темой последующих исследований.

К сожалению, собираемые в траловых съемках материалы не позволяют определить суточные пищевые рационы медуз и оценить их роль в трофических потоках в пелагиали. Трудность определения рациона гидроидных и сцифоидных медуз состоит в том, что планктонные организмы опутываются многочисленными гастральными нитями, среди которых их трудно найти (как, например, у *C. melanaster* или *P. camtschatica*). Кроме того, ракообразные, составляющие значительную часть пищи, перевариваются настолько полно, что распадаются на отдельные членики, а это еще больше затрудняет определение количества потребляемых организмов. Также неточности в оценку потребления добавляет тот факт, что остатки съеденных организмов, погруженные в слизь, непрерывно удаляются из желудочных карманов на разных стадиях переваренности, а поступающие с центростремительным током организмы иногда увлекаются в обратном направлении и выбрасываются наружу непереваренными в общей массе остатков пищи (Миронов, 1967).

Отсутствие специальных орудий лова является еще одной проблемой. Часто медузы (особенно хрупкие гидроидные) разрушаются в тралах, что делает невозможным количественную оценку питания некоторых видов. Поэтому на данном этапе наших исследований мы ограничиваемся только оценкой составом пищи и среднесуточной накормленности медуз.

Заключение

В северо-западной части Тихого океана наиболее высокие концентрации желетелого зоопланктона приурочены к прибрежным районам и сопредельным с ними водам: в летне-осенний период к восточной Камчатке, Командорским и Алеутским островам и в зимне-весенний период вдоль Курильских островов и Камчатки. Динамика обилия медуз и других желетелых отличается значительной сезонной и межгодовой изменчивостью. Максимальной биомассы и численности в целом они достигают летом и осенью, хотя сезонные изменения обилия отдельных видов могут носить иной характер с пиком, приходящимся на холодное время года. Межгодовая изменчивость биомассы и численности медуз, гребневиков, сальп и сифонофор весьма значительна и сопоставима с сезонными колебаниями. Год от года их обилие может меняться на порядок и более. По траловым уловам и обловам планктонной сетью среднемноголетняя биомасса желетелого зоопланктона в СЗТО в теплое время года может составлять не менее 2 т/км^2 (60 мг/м^3). Основу питания медуз составляет зоопланктон, среди которого доминируют копеподы и эвфаузииды. От весны к лету интенсивность питания медуз увеличивается.

Благодарности

Авторы выражают признательность всем сотрудникам, участвующим в сборе и обработке материалов в рейсах ТИНРО в 1991–2012 гг., а также коллегам из лаборатории прикладной биоценологии, чьими усилиями была создана база данных по пелагическим траловым уловам, использованная в настоящей работе.

Список литературы

Волков А.Ф. 2007. Сезонная динамика гидроидной медузы *Aglantha digitale* в Беринговом море и северной части Тихого океана // Изв. ТИНРО. Т. 151. С. 417–422.

Горбатенко К.М., Радченко К.В. 2011. Новые данные по экологии медуз (Cnidaria) прикурильских вод Тихого океана // Изв. ТИНРО. Т. 164. С. 196–215.

Заволокин А.В. 2010а. Медузы дальневосточных морей России. 1. Видовой состав и распространение // Изв. ТИНРО. Т. 163. С. 45–66.

Заволокин А.В. 2010б. Медузы дальневосточных морей России. 2. Вертикальное распределение и миграции // Изв. ТИНРО. Т. 163. С. 67–84.

Заволокин А.В. 2011. Медузы дальневосточных морей России. 3. Биомасса и численность // Изв. ТИНРО. Т. 164. С. 74–92.

Миронов Г.Н. 1967. Питание планктонных хищников III. Пищевая потребность и суточные рационы Aurelia aurita (L.) // Биология и распределение планктона южных морей. М.: Наука. С. 124–137.

Чучукало В.И. 2006. Питание и пищевые отношения нектона и нектобентоса в дальневосточных морях. Владивосток: ТИНРО-центр, 511 с.

Шунтов В.П., Темных О.С. 2008. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Т. 1. Владивосток: ТИНРО-центр, 481 с.

Шунтов В.П., Темных О.С. 2011. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Т. 2. Владивосток: ТИНРО-центр, 473 с.

Шушкина Э.А., Чиндонова Ю.Г., Виноградов М.Е., Сагалевич А.М. 1991. Исследование океанического зоопланктона в курило-камчатском районе с использованием глубоководных обитаемых аппаратов «Мир» // Океанология. Т. 31, вып. 4. С. 609–614.

Brodeur R.D., Decker M.B., Ciannelli L., Purcell J.E., Bond N.A., Stabeno P.J., Acuna E., Hunt G.L. 2008. Rise and fall of jellyfish in the eastern Bering Sea in relation to climate regime shifts // Progress in Oceanography. V. 77. P. 103–111.

Morandini A.C., Marques A.C. 2010. Revision of the genus *Chrysaora* Peron & Lesueur, 1810 (Cnidaria: Scyphozoa) // Zootaxa. V. 2464. P. 1–97.

УДК 591.524.11

МАКРОЗООБЕНТОС ЭСТУАРИЕВ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ: СОСТАВ, СТРУКТУРА, ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Колпаков Н.В., Надточий В.А.

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: kolpakov@tinro.ru

Введение

Исследования макрозообентоса дальневосточных морей, его количественного распреде-ления, трофической структуры и продукционных характеристик имеют длительную историю, а количество публикаций, посвященных этим вопросам, составляет сотни названий (Шунтов, 2001; Дулепова, 2002; Кафанов и др., 2004). Связано это с тем, что бентос, с одной стороны, формирует кормовую базу водоемов, с другой стороны, этот компонент является важным звеном в процессах перераспределения энергии в морских экосистемах. Кроме того, многие бентосные животные являются объектами промысла и разведения. Исследования бентоса в эстуариях российских вод северо-западной части Тихого океана до недавнего времени проводились на порядок менее интенсивно и, в основном, были связаны с изучением ранних этапов жизни тихоокеанских лососей и потребностями марикультуры (Карпенко, 1998; Иванков и др., 1999; Кафанов, Плехов, 2001; Максименков, 2002). И лишь в последние годы к.б.н. Лабай В.С. с коллегами (СахНИРО) совместно с д.б.н. Кафановым А.И. (ИБМ ДВО РАН) выполнили серию работ по макрозообентосу лагун и озер о-ва Сахалин, включающую и несколько обобщений (Кафанов и др., 2003; Лабай, Роготнев, 2005; Лабай и др., 2010).

Литературные данные по донным сообществам солоноватых вод Приморья весьма не-многочисленны (Волова, 1969; Комендантов, Орлова, 2003). Работы ТИНРО-Центра в эстуариях, в основном, были связаны с оценкой запасов промысловых беспозвоночных: японской корбикулы *Corbicula japonica* (Явнов, Раков, 2002; Астахов, Надточий, 2005) и японского мохнаторукого краба Eriocheir japonica (Семенькова, 2007). С 2006 г. начаты комплексные исследования основных макрокомпонентов эстуарно-прибрежных экосистем южного Приморья, в том числе и бентоса (Надточий и др., 2010; Колпаков и др., 2010, 2012). Цель настоящей работы: обобщение полученных к настоящему времени данных по составу, структуре и пространственно-временной изменчивости сообществ макрозообентоса эстуариев Приморья.

Материал и методика

В 2007–2011 гг. исследованиями охвачены (с юго-запада на северо-восток) эстуарии реки Тесная, озера Соленое, рек Гладкая, Рязановка, Барабашевка, Раздольная, Артемовка, Суходол, Партизанская, Киевка (рис. 1, табл. 1). Пробы макрозообентоса в зависимости от глубины и типа грунта отбирали с

помощью шестовой модификации дночерпателя Петерсена (площадь вырезания 0,025 м^2), а также водолазным дночерпателем (0,025 м^2) и дночерпателем Дулькейта (0,1 м^2). Глубина вырезания в зависимости от типа грунта 10–25 см. На каждой станции брали 2–3 пробы. Грунт промывали через сито с размером ячеи 1 мм. Тип грунта оценивали визуально (Методические рекомендации …, 1984). Всего выполнено 526 станций от супралиторали до глубины 2,8 м. Основной материал получен в теплый период года с мая по октябрь.



Рис. 1. Карта-схема районов работ: 1 — р. Тесная (n=17); 2 – оз. Соленое (n=7); 3 — р. Гладкая (n=61); 4 — р. Рязановка (n=21); 5 — р. Барабашевка (n=7); 6 — р. Раздольная (n=104); 7 — р. Артемовка (n=24); 8 — р. Суходол (n=216); 9 — р. Партизанская (n=58); 10 — р. Киевка (n=11)

Таблица 1. Некоторые характеристики исследованных водоемов

Водоем	Длина, км	Площадь водосбора, км^2	Макс. ширина, м	Ср. глубина, м	Преоблад. тип грунта, балл	Заросли растений, балл	Длина внутр. эстуария, км	Ср. прозрачность по Секке, м	Ср. соленость, ‰	Ср. скорость теч., м/с
Р. Тесная	22	339	40	1	1,8	1,2	1,2	0,5	15	0,6
Оз. Соленое	1,5	0,78*	700	0,5	1,2	1,2	0,5	0,2	0	0
Р. Гладкая	44	458	120	0,8	1,6	1,5	4	0,5	18	0,6
Р. Рязановка	34	155	20	1,1	2,2	0,8	0,2	1,2	25	1,2
Р. Барабашевка	61	576	70	1,2	2,2	0,8	1,5	1,2	25	1,2
Р. Раздольная	191	6820	200	2	1,5	1,1	42	0,3	7	0,5
Р. Артемовка	73	1460	150	1,5	1,2	1,1	10	0,3	5	0,4
Р. Суходол	45	617	100	1,3	2	1,8	2	1,2	28	1
Р. Партизанская	142	4140	350	1,2	1,7	1,4	8	0,5	12	0,7
Р. Киевка	105	3120	150	1,2	1,7	1,4	11	0,5	12	0,7

Примечание: *Площадь поверхности озера. Преобладающий тип грунта характеризовали по 3 балльной системе: 1 — ил; 1,5 — илистый песок; 2 — песок; 2,5 — гравий, ракуша; 3 — галька (ср. балл определяли с учетом доли каждого типа грунта); Растительность характеризовали по 2 балльной системе: 1 — растительность на 100% представлена полупогруженными высшими растениями (доминант тростник *Phragmites australis*); 2 — 100% растительности – донные травы и водоросли (доминанты *Ruppia maritima, Zostera japonica, Cladophora glomerata, Ulva prolifera, Ceratophyllum* sp.*, Potamogeton* sp.*)*. Ср. балл определяли, исходя из соотношения высших полупогруженных растений и донных макрофитов

Статистические расчеты выполнены с использованием соответствующих модулей программы Statistica (кластерный и корреляционный анализ) (Пузаченко, 2004). Дендрограммы строили методом UPGMA (невзвешенного парно-группового среднего), мера различий — Евклидово расстояние. Для выбора приемлемой степени дробности полученных кластеров использован критерий «значимого сходства», который рассчитывается как верхняя 95% доверительная граница среднего (по всей совокупности станций) сходства между пробами (Бурковский и др., 2002).

Результаты и обсуждение

Таксономический состав. Видовое разнообразие эстуарного макробентоса южного Приморья сравнительно невысоко, всего зарегистрирован 81 таксон беспозвоночных разного ранга. Наиболее многочисленны двустворчатые моллюски (14 видов), декаподы и амфиподы (по 12), брюхоногие моллюски (6), изоподы и мизиды (по 4 вида)*.

По результатам работ сотрудников ДВГУ (Волова, 1974) в солоноватых водоемах южного Приморья зарегистрировано 54 таксона беспозвоночных, наиболее многочисленны были амфиподы (12 видов), двустворчатые моллюски (11), полихеты и хирономиды (по 8 видов), брюхоногие (7) и декаподы (5). По итогам работ экспедиций ЗИН РАН в эстуариях зал. Посьета и Амурского залива отмечено 104 таксона. Преобладали полихеты (29 видов), брюхоногие (20), двустворчатые (18) и амфиподы (7) (Комендантов, Орлова, 2003). Как видно, состав наиболее многочисленных групп во всех трех работах сходен, различия связаны с особенностями набора обследованных водоемов и степенью обработки материала (в зависимости от наличия тех или иных специалистов).

В любом случае, число видов беспозвоночных в эстуариях в разы ниже, чем в реках и в море. Например, в зал. Посьета еще в 1960-х гг. было зарегистрировано более 400 видов макробентоса (Скарлато и др., 1967). В реках южного Приморья суммарное число видов только в таких группах, как Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Chironomidae и Mollusca составляет многие сотни (Леванидова, 1982; Прозорова, 2001; Тиунова, 2003; Макарченко и др., 2005; Тесленко, 2006). Невысокое видовое богатство фауны солоноватых водоемов, по сравнению с морскими и пресными водами, обусловлено кратковременностью их существования в геологических масштабах времени (Паули, 1954).

Другой характерной чертой исследуемой фауны, является то, что ее основу составляют морские эвригалинные и пресноводные виды. Собственно солоноватоводные виды очень немногочисленны. В противовес другим эстуариям, где, как например, в Балтийском море, расположение зон с определенной соленостью весьма устойчиво во времени и пространстве (Хлебович и др., 2006), в водоемах Приморья в условиях муссонного климата, соленость подвержена резким колебаниям и в течение нескольких часов может меняться от 0 до 30‰. В этой ситуации преимущество получают «физиологически пресноводные» виды морского генезиса (Хлебович, Комендантов, 1985). Эти животные, в силу высокой соленостной устойчивости тканей либо особенностей осморегуляции, способны жить в практически пресной воде.

*Региональная изменчивость структуры** сообществ макробентоса*

Средняя биомасса макрозообентоса в исследованных водоемах изменялась от 1,2 до 268,1 г/м^2 (рис. 2). В составе эстуарного макробентоса по массе преобладают двустворчатые и брюхоногие моллюски, полихеты, десятиногие раки и личинки насекомых (табл. 2).

Кластерный анализ структуры сообществ макробентоса позволил выделить 4 типа водоемов (рис. 3): ***К.*** В хорошо выраженных эстуариях равнинных рек (Раздольная, Артемовка, Гладкая, Тесная) в составе бентоса преобладает японская корбикула *Corbicula japonica* (в среднем 89,3% по массе); ***П.*** В эстуариях лососевых рек с короткой эстуарной зоной (Рязановка, Барабашевка) преобладали полихеты (67,7%), двустворчатые моллюски (*Potamocorbula amurensis, Nuttallia obscurata*) (22,1%) и десятиногие (креветки р. *Palaemon* и шримсы р. *Crangon*) (4,0%); ***Н.*** В сильноопресненном, почти утратившем связь с морем озере Соленом, преобладали личинки насекомых (Chironomidae, других Diptera, Odonata,

*Для сравнения: в хорошо исследованных лагунах северо-восточного Сахалина отмечено 189 видов беспозвоночных (Кафанов и др., 2003), а в лагунном оз. Тунайча — 61 вид (Лабай, Роготнев, 2005).

**Видовая структура сообщества — закономерное соотношение обилий различных видов (Левич, 1980).

Coleoptera) (62,3%), полихеты (20,8%), двустворчатые (р. *Sinanodonta, Middendorffinaia, Buldowskia*) и брюхоногие моллюски (*Lymnaea* sp.) (по 7,7%). ***Б.*** В лососевой р. Суходол с короткой эстуарной зоной преобладали брюхоногие (43,7%) (в основном, *Assiminea lutea*, а также неопределенные виды родов *Fluviocingula* и *Retusa*) и двустворчатые моллюски (36,6%) (*Potamocorbula amurensis*, *Venerupis phillipinarum*, *Laternula marilina*, *Musculista senhousia*, *Mya japonica*, *Macoma contabulata, M. balthica*, *Mactra quadrangularis*). Кроме того, заметный вклад в формирование биомассы макробентоса вносили декаподы (10,1%) (*Eriocheir japonica, Hemigrapsus penicillatus, Palaemon* sp., *Crangon* sp.), полихеты (4,1%) (*Scolelepis* sp., *Capitella capitata, Dipolydora cardalia, Eteone flava, Nereis hainanica, Nereis zonata, Prionospio* sp., *Goniada maculata,*

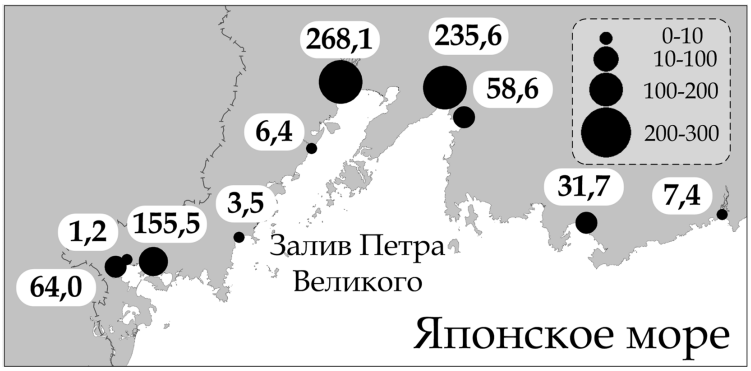


Рис. 2. Средняя биомасса (г/м^2) макробентоса в исследованных водоемах (порядок как на рис. 1)

Таблица 2. Состав основных таксономических групп макробентоса (% по массе, осредненные данные)

Таксон	р. Тесная	оз. Соленое	р. Гладкая	р. Рязановка	р. Барабашевка	р. Раздольная	р. Артемовка	р. Суходол	р. Партизанская	р. Киевка
Polychaeta	13,3	20,8	0,8	55,8	78,4	1,3	1,5	4,1	9,3	48,6
Bivalvia, в т. ч.:	71,2	7,7	86,0	28,3	17,2	97,2	96,9	36,6	43,9	35,1
C. japonica	71,2	–	86,0	–	–	97,2	96,9	–	43,9	35,1
Gastropoda	2,3	7,7	11,5	–	–	–	1,3	43,7	25,8	6,1
Decapoda	5,6	–	–	7,9	–	–	–	10,1	–	–
Amphipoda	1,6	1,5	–	2,3	4,4	–	–	3,7	10,1	3,6
Insecta	–	62,3	–	–	–	–	–	–	6,4	1,2
Varia	6,0	–	1,7	5,7	–	1,5	0,3	1,8	4,5	5,4

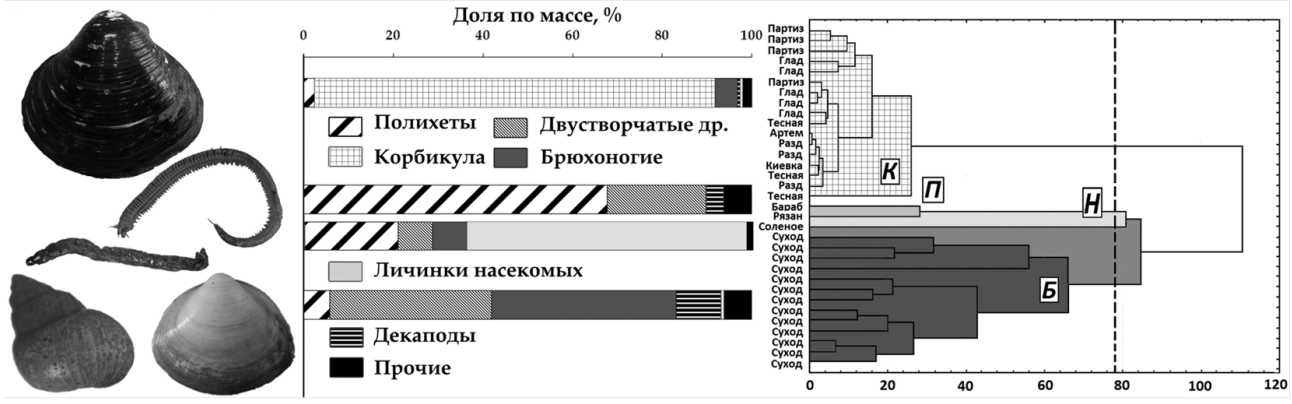


Рис. 3. Дендрограмма сходства видовой структуры (% по массе) сообществ макробентоса в исследованных водоемах (в разные годы и сезоны). Пунктир — значимый уровень сходства. Кластеры: *К* — сообщества с преобладанием корбикулы, *П* — доминанты — полихеты и двустворчатые моллюски, *Н* — насекомые, *Б* — брюхоногие и двустворчатые моллюски. Слева — осредненные данные по структуре сообществ макробентоса выделенных типов водоемов

Tylorhynchus chinensis, Neanthes fucata, Nephthys paradoxa) и амфиподы (3,7%) (*Eogammarus tiuschovi, E. possjeticus, E. kygi, Amphithoe* sp., *Haustorioides gurjanovae, Grandidierella japonica, Corophium acherusicum, Corophium* sp.).

Кластерный анализ характеристик исследованных водоемов (табл. 1) показал, что в зависимости от солености, скорости течения, прозрачности, глубины, характера грунта и растительности выделяется три их типа (рис. 4). Первый — водоемы, в которых обитает корбикула. Это реки, которые в своем нижнем течении имеют равнинный характер, невысокую скорость течения, высокую мутность воды, соленость не более 15–20‰, преимущественно илистые и песчаные грунты. Второй — это практически пресное оз. Соленое, которое не вошло ни в один кластер (преобладают личинки насекомых). Третью группу сформировали короткие лососевые реки, для которых характерны: короткая эстуарная зона, более высокие скорость течения и прозрачность воды, соленость в эстуарии поднимается выше 20‰, в составе грунтов высока частота встречаемости гравия и гальки (доминанты морские эвригалинные брюхоногие и двустворчатые).

Синтезируя данные по составу макробентоса и характеристикам водоемов, выделяем три типа эстуариев: олигогалинные (оз. Соленое), эугалинные (реки Суходол, Барабашевка и Рязановка) и мезогалинные (все остальные реки). Основное отличие между мезо- и эугалинными эстуариями заключается в наличии или отсутствии корбикулы. Лимитирующим фактором в данном случае, по-видимому, является соленость. Соленостный толерантный диапазон японской корбикулы лежит в пределах 0–24,5‰ (Kado, Murata, 1974; Ярославцева, 1981; Комендантов, Орлова, 2003). Поэтому в высокосоленых эстуариях лососевых рек корбикула не обитает.

«Корбикульные» водоемы подразделяются на две подгруппы (рис. 4): 1. реки Раздольная и Артемовка, где наиболее протяженные эстуарные зоны (табл. 1), бо́льшая средняя глубина и мутность, меньшая соленость, грунт — преимущественно ил, доминирующий первичный продуцент — тростник; 2. реки Киевка, Партизанская, Гладкая, Тесная, где более короткие эстуарные зоны, меньшая глубина, бо́льшая прозрачность воды, соленость, грунт — преимущественно песок, растения — примерно в равном соотношении высшие полупогруженные и донные макрофиты.

Соответственно, различается состав и биомасса макробентоса в реках этих двух подгрупп. В реках Артемовка и Раздольная средняя биомасса дночерпательного макробентоса 260 г/м^2 (июнь-июль), преобладали корбикула и полихеты (97,2 и 1,4%). В реках второй подгруппы биомасса бентоса была почти в два раза ниже — 148,5 г/м^2, его состав был более разнообразен, кроме корбикулы (86,9%), довольно заметной была доля гастропод (6,3), полихет (2,8), амфипод (1,3), декапод (0,7), насекомых (0,7) и изопод (0,6). Вероятно, более высокая биомасса корбикулы в эстуариях рек Артемовка и Раздольная, по сравнению с остальными водоемами, определяется в среднем более низкой соленостью их вод. Такая закономерность отмечена и в других частях ареала (Лабай, Роготнев, 2005). Бо́льшая глубина этих эстуариев позволяет корбикуле более успешно переносить зимовку (избегание промерзания и абразивного воздействия льда). Следует отметить, что в эстуариях рек Раздольная, Тесная, Гладкая («корбикульные» реки) отмечено достоверно более высокое содержание органического углерода в донных осадках, по сравнению с рекой Суходол (горная лососевая) (Надточий и др., 2010).

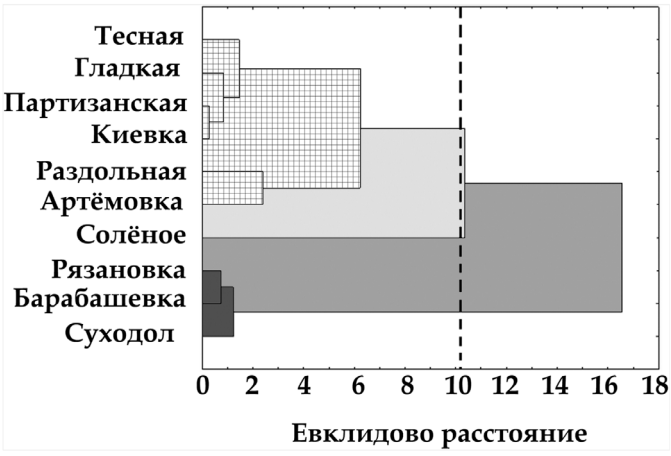


Рис. 4. Дендрограмма сходства исследованных водоемов по набору характеристик (табл. 1)

Вертикальная зональность

В равнинных реках батиметрическая изменчивость обилия макробентоса определялась в основном вертикальным распределением доминирующего вида – корбикулы. На мелководье она немногочисленна, основные скопления приурочены к глубинам более 1 м, где она абсолютно доминировала по биомассе (90,9–99,4%) в составе макробентоса (рис. 5а). Верхняя граница глубины обитания корбикулы определяется приливно-отливными и паводковыми колебаниями уровня воды и глубиной промерзания (толщиной льда) зимой (Явнов, Раков, 2002).

В р. *Артемовка* на глубине 0,1–1,0 м биомасса макробентоса составляла 8,1–16,2 г/м^2, доминировали брюхоногие (29,5–75,8%) и полихеты (11,8–70,5%), на глубине 1,0–1,5 м преобладала корбикула (99,4%), биомасса бентоса 496,2 г/м^2. В р. *Раздольная* на глубинах до 0,3 м преобладали полихеты (90,5–93,3%) при биомассе 1,4–21,0 г/м^2, на глубине 0,3–1,0 м – двустворки (63,6–89,3%) и полихеты (7,2–35,6%), биомасса – 16,2–61,5 г/м^2, биомасса сообщества корбикулы на глубине 1,0–2,8 м составила 331,2–589,3 г/м^2, доля корбикулы 99%. В р. *Гладкая* на литорали (0–0,1 м) при биомассе 17,8 г/м^2 преобладали брюхоногие (75,2%), амфиподы (10,6) и изоподы (10,3%). На глубинах 0,1–1,0 м при биомассе 12,2–131,3 г/м^2 доминировали двустворчатые (*Macoma* spp., *L. marilina* и *P. amurensis*) (23,1–85,2%) и брюхоногие моллюски (12,2–59,6%). На глубинах более 1 м доминировала корбикула (90,9%), биомасса 288,3 г/м^2. Доминирование амфипод и изопод на мелководье связано с наличием в реке Гладкой зарослей донных макрофитов, с которыми ассоциированы эти животные. В р. *Тесная* в диапазоне глубин 0,1–1,0 м преобладали полихеты (42–50%), гастроподы (1–50) и декаподы (17–50%), биомасса 5,3–34,4 г/м^2. На глубине более 1 м — корбикула (93,6%, 209,1 г/м^2).

В лососевых реках кривая изменчивости биомассы макробентоса с глубиной имеет другой характер (рис. 5б). В р. *Суходол* в супралиторали и литорали (до глубины 0,1 м) доминировали брюхоногие (59,5–87,3%), двустворчатые (*P. amurensis*, *Macoma* spp., *L. marilina* и др.) (5,1–23,8%) и полихеты (3,1–6,9%), биомасса 49,4–79,0 г/м^2. На глубинах 0,1–0 ,6 м доминировали двустворки (33,7–55,6%), брюхоногие (20,4–34,5%) и декаподы (17,0–24,6%), биомасса — 40,3–51,5 г/м^2. Глубже (0,6–1,5 м) преобладали двустворчатые (74,9–87,1%), масса – 23,1–54,1 г/м^2. На глубинах более 1,5 м размещены поселения устрицы *Crassostrea gigas*. В р. *Рязановка* в диапазоне глубин 0,1–0,3 м животные в пробах не обнаружены. На глубине 0,3–0,6 м биомасса бентоса была равна 1,2–3,2 г/м^2, доминировали полихеты (82,7–94,3%). На глубинах более 1 м преобладали полихеты (65,8%) и декаподы (20,9%), биомасса — 3,1 г/м^2.

Максимальная биомасса прибрежного сообщества отмечена в р. Гладкой, наиболее осо-лоняемой из «корбикульных» рек, а также в р. Суходол. Биомасса макробентоса в литорали, по-видимому, лимитируется низкой соленостью воды. Несмотря на некоторые отличия, общим для рек обоих типов является наличие пика биомассы на глубине более 0,6–1,0 м, сформированного двустворчатыми моллюсками.

Таким образом, для исследованных водоемов характерно наличие двух вертикальных зон — прибрежной, наиболее подверженной неблагоприятным воздействиям (колебания уровня воды и ее характеристик (солености, температуры и др.) в зависимости от действия приливов-отливов, сгонов-на-

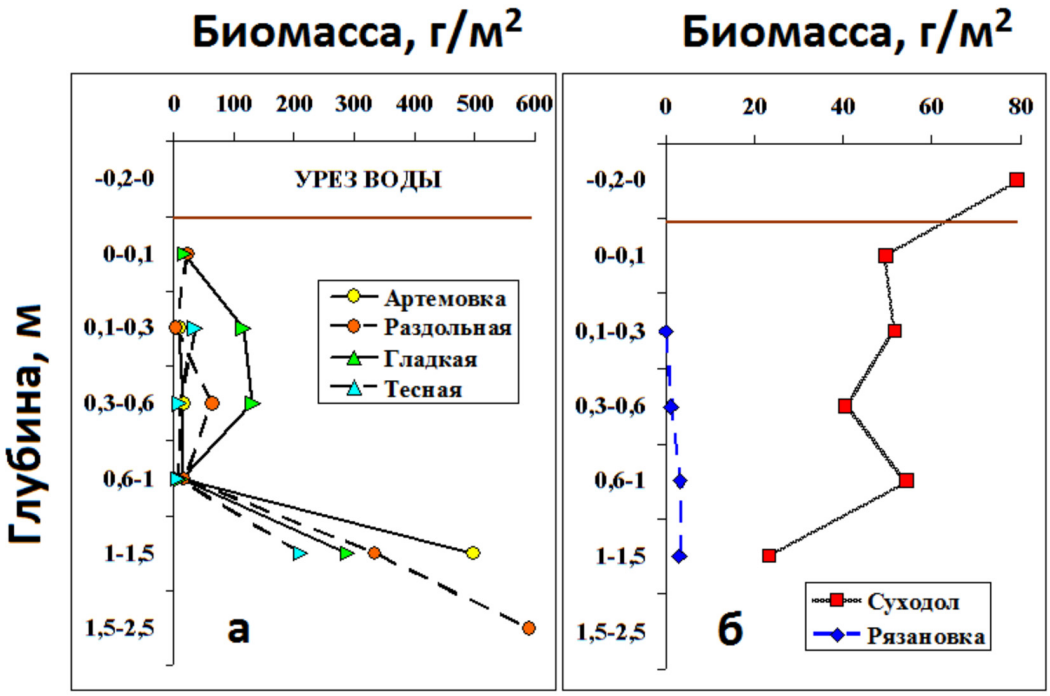


Рис. 5. Вертикальная изменчивость биомассы макробентоса в реках разного типа: а — равнинные реки; б — горные лососевые реки

гонов, дождевых и снеговых паводков, промерзание грунта в зимний период, абразивное воздействие льда) и более глубоководной сублиторальной (условия обитания в которой изменяются не так катастрофично). В сублиторали сообщества более устойчивы, в прибрежной зоне сообщества более эфемерны и формируются в теплый период года за счет колонизации мигрирующими взрослыми особями и оседающей молодью. Граница между этими зонами пролегает на глубине 0,6–1,0 м, наименее слабо заселенной во всех исследованных водоемах.

Грунт

Ранее выполнено специальное исследование распределения макробентоса в эстуариях рек Раздольная, Тесная, Гладкая, Суходол в зависимости от гранулометрического состава грунта, содержания в нем органического вещества (и его качественного состава) (Надточий и др., 2010). По содержанию Сорг в донных осадках рассмотренные эстуарии распределились в следующий ряд: Суходол (0,83±0,32%) < Раздольная (1,56±0,76%) < Тесная (1,71±1,08%) < Гладкая (2,09±0,85%). Оптимальным биотопом для формирования сообществ с доминированием двустворчатых моллюсков являются заиленные, богатые органикой грунты, для брюхоногих — рыхлые мелкогравийные заиленные субстраты, для полихет — мелкопсаммитовые грунты с высоким содержанием органического вещества.

Выявленная закономерность в распределении биомассы макробентоса сохраняется и при использовании всего массива данных по всем исследованным эстуариям (с выделением пяти категорий грунта: ил, смесь ила и песка, песок, песок с примесью гравия и ракуши, галька с примесью гравия и ракуши) (рис. 6а). Максимальные величины обилия макробентоса в эстуариях наиболее часто отмечались на илистых и песчаных грунтах с примесью гравия и ракуши. На галечно-гравийном грунте с включениями ракуши и балянуши средняя биомасса макробентоса была существенно ниже. Эта закономерность, в первую очередь определялась распределением двустворчатых моллюсков.

Еще одной характеристикой грунта, как среды обитания макробентоса, является содержание в нем кислорода. При гниении водорослей и трав в эстуариях зачастую наблюдаются заморные явления на локальных участках, когда в ходе окисления органики, происходит рез-кое сокращение количества кислорода в воде и выделение такого яда, как сероводород (Berezina, 2008; Berezina, Golubkov, 2008). По нашим данным средняя биомасса макробентоса на обыкновенных грунтах была равна 146,2±35,9 г/м^2, на грунте с запахом сероводорода — 23,3±11,9 г/м^2 (рис. 6б).

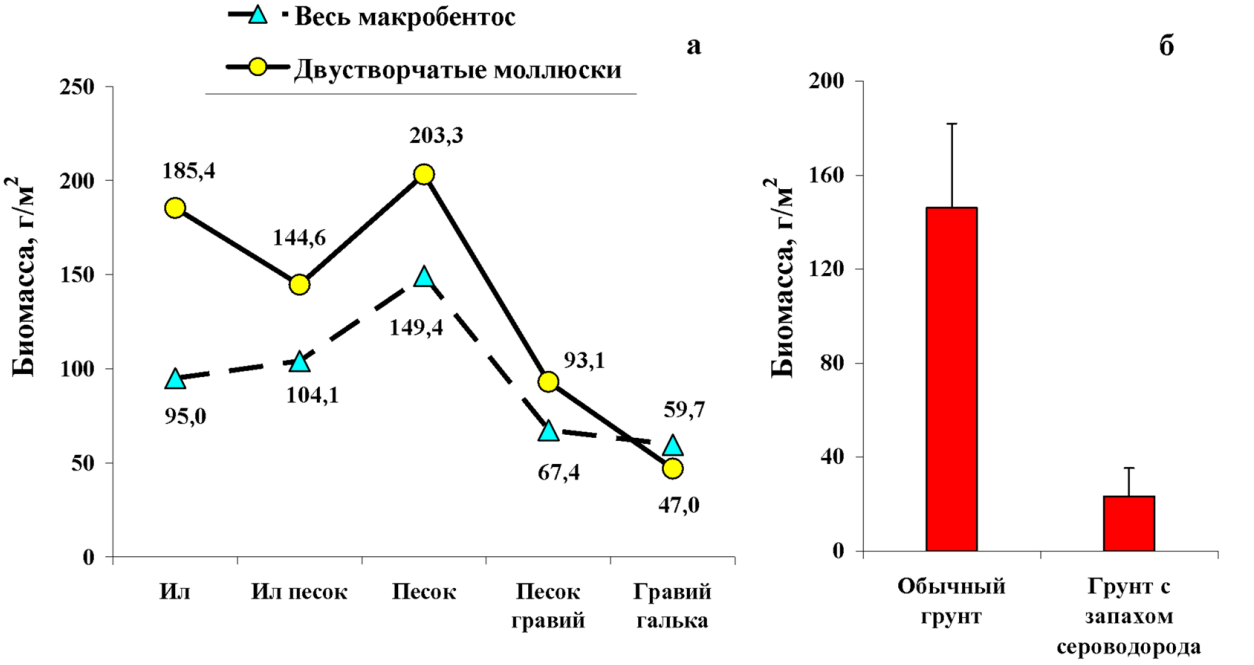


Рис. 6. Изменчивость средней биомассы (г/м^2) всего макробентоса и двустворчатых моллюсков в зависимости от типа грунта в исследованных эстуариях (а), биомасса макробентоса на обычном грунте и грунте с запахом сероводорода (б)

Соленость

Так как большинство таксономических групп и видов в эстуариях морского происхождения, то максимальная биомасса макробентоса приурочена к соленостям выше 20‰ (рис. 7а). Эти максимумы формируются за счет таких групп, как двустворчатые и брюхоногие моллюски, декаподы, амфиподы. У моллюсков, благодаря высокой соленостной устойчивости клеток морских эвригалинных видов (Комендантов, Орлова, 2003), а также присутствию в составе сообществ солоноватоводных видов (макомы, японская корбикула) сравнительно высокие биомассы отмечались и при солености менее 5‰. У пресноводных личинок амфибиотических насекомых максимумы обилия приходятся на соленость менее 5‰.У полихет, благодаря наличию гиперосмотической регуляции (Комендантов, Орлова, 2003), максимумы обилия отмечались не только при солености 5–30‰, но и при солености менее 5‰.

Вдоль градиента солености закономерно изменялась структура макробентоса. Например, в эстуарии р. Суходол при солености 0–20‰ преобладали брюхоногие моллюски, при увеличении солености до 20–30 ‰ доминантами становились двустворчатые моллюски.

Анализ пространственного распределения макробентоса в зависимости от солености в эстуариях разного типа показывает следующее: 1. В эстуарии лососевой горной реки Суходол (рис. 8) наиболее высокие биомассы макробентоса отмечены в полигалинной зоне (20–30‰); в мезогалинной зоне (5–18‰) биомасса была низкой. Максимум сформирован двустворчатыми (*P. amurensis*, *V. phillipinarum*,

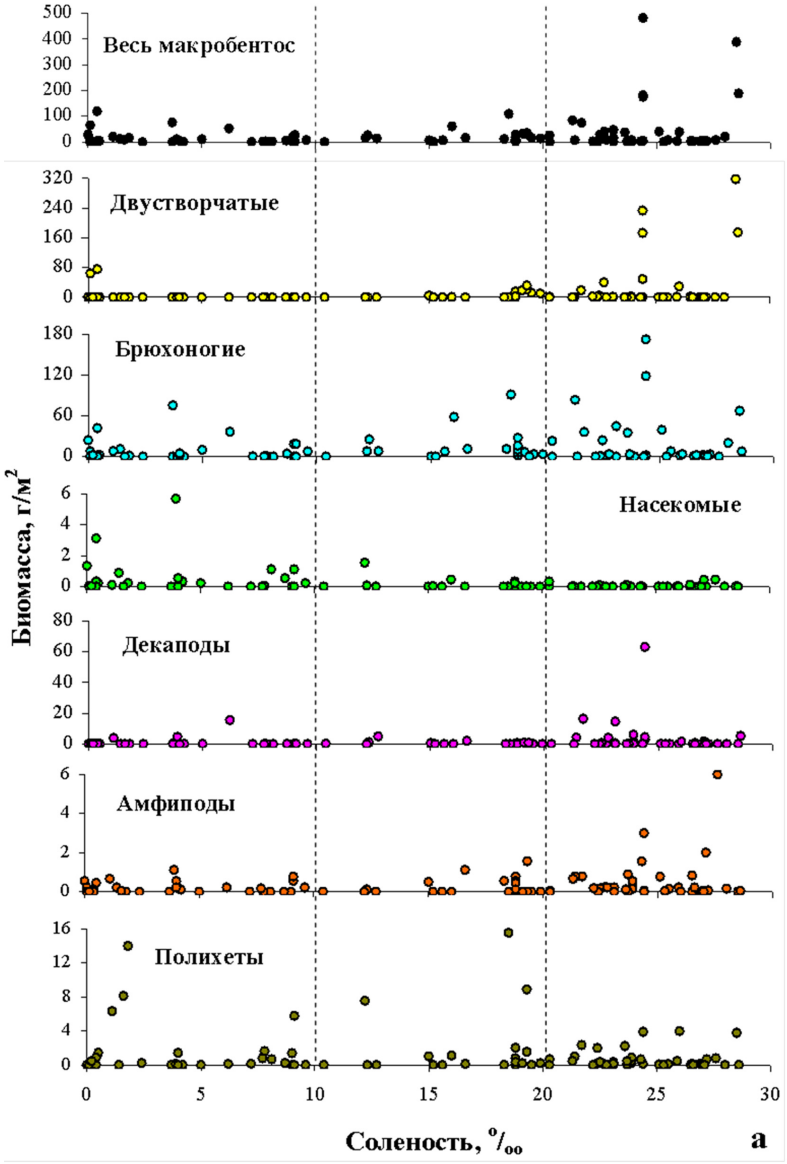


Рис. 7. Зависимость обилия животных различных таксономических групп (г/м^2) от солености воды (а) и биомассы донных макрофитов (г/м^2)

L. marilina, *M. senhousia*, *M. japonica*, *M. quadrangularis*, *Macoma* spp.) и брюхоногими моллюсками, декаподами и полихетами. 2. В эстуарии равнинной реки Раздольной (рис. 8) зона повышенного обилия бентоса зарегистрирована на границе между полигалинной и мезогалинной зонами (в устье реки у бара на выходе из Тавричанского лимана). Доминанты — *C. japonica, C. gigas, P. amurensis*. Вторая зона с высокими биомассами бентоса приурочена к границе между мезогалинной и олигогалинной (0–5‰) зонами. Доминант — корбикула (по данным специальных ресурсных съемок, наиболее плотные скопления корбикулы приурочены к тем же районам (Явнов, Раков, 2002: рис. 12). 3. В эстуарии р. Гладкой («корбикульная», но относительно соленая, с наличием донных макрофитов) высокие биомассы макробентоса приурочены к мезогалинной зоне (рис. 8). Доминанты: корбикула, другие двустворки, брюхоногие.

Ассоциированность животных с зарослями растений

Распределение большинства наиболее массовых групп (брюхоногие, амфиподы, декаподы, изоподы) достоверно коррелирует с распределением растений (рис. 7б). Распределение основных групп эндобентоса (двустворчатые моллюски, полихеты) не зависело от обилия растений. Изучение состав

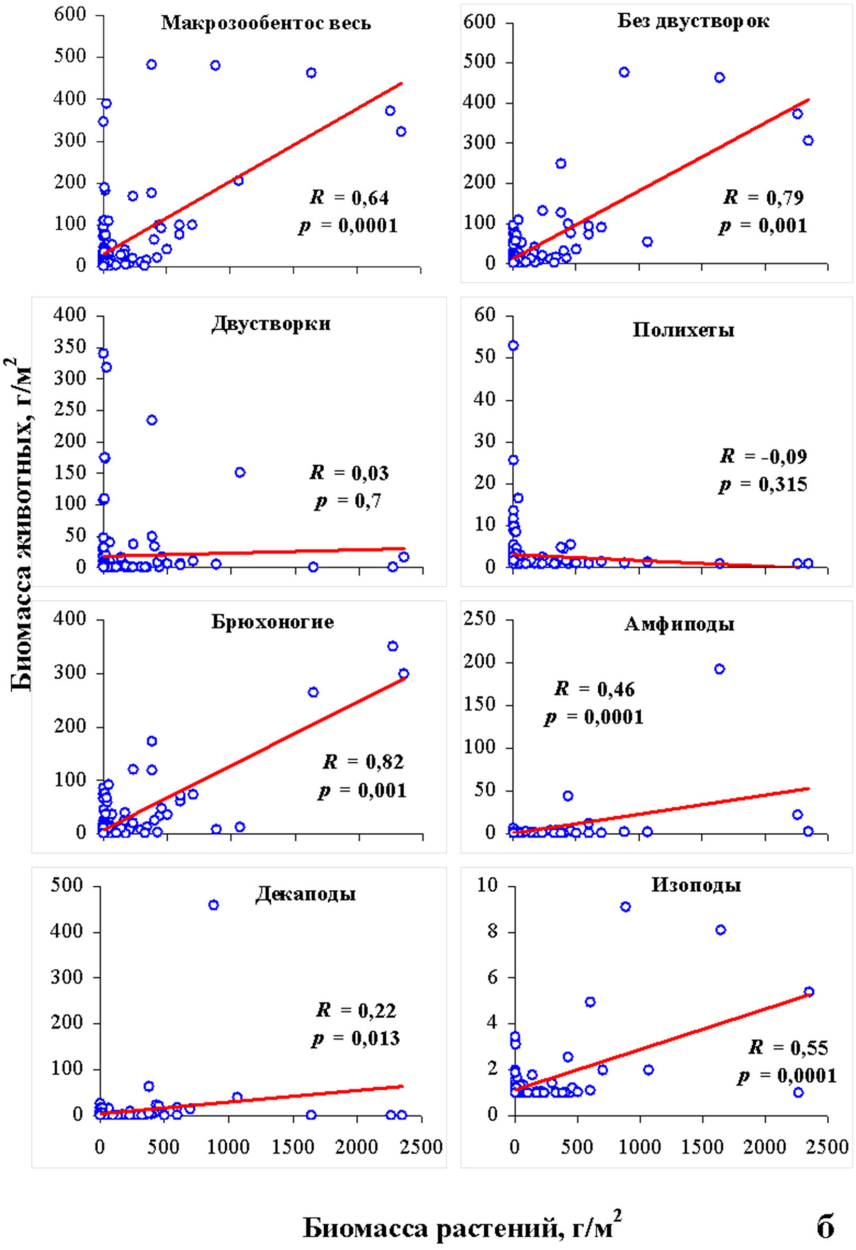


Рис. 7. Зависимость обилия животных различных таксономических групп (г/м^2) от солености воды и биомассы донных макрофитов (г/м^2) (б)

и структуры поселений животных в зарослях донных макрофитов в эстуариях рек Суходол и Гладкая позволило заключить, что эта часть бентосного населения играет существенную роль в формировании кормовой базы в эстуариях (Колпаков и др., 2012). В августе 2011 г. в эстуарии р. Суходол общий запас бентоса составил 9,6 т (дночерпательный бентос — 7,5 т, биомасса животных в зарослях растений — 2,1 т (28%). В эстуарии р. Гладкой биомасса дночерпательного бентоса (с корбикулой) была равна 138,8 т. С учетом животных, обитавших в зарослях растений (11,6 т), общая биомасса составила 150,4 т (т.е. выше на 8,3%).

Сезонная изменчивость

Сезонная динамика обилия макробентоса в эстуариях определяется сезонной изменчивостью температуры воды, а также типом водоема и, следовательно, структурой сообществ (рис. 9). В «корбикульных» водоемах (Раздольная, Гладкая, Тесная) средняя биомасса макробентоса высока в течение летних месяцев и снижается к осени. Эта динамика определяется, по-видимому, сезонными миграциями корбикулы. Летом, в преднерестовый и нерестовый периоды, она формирует скопления наибольшей плотности и в грунте располагается наиболее близко к поверхности. Осенью, по мере охлаждения воды, корбикула рассредотачивается и погружается в грунт на глубину до 45 см (Явнов, Раков, 2002; Лабай, Роготнев, 2005). Зимует корбикула на глубинах более 1 м (толщина льда в эстуариях достигает 1,2 м).

В эстуариях горных лососевых рек (р. Суходол) биомасса макробентоса увеличивается от весны к осени (рис. 9). Весной, сразу после схода льда, мелководье до глубины промерзания очень слабо заселено макробентосом. По мере потепления воды, а также роста водорослей и трав, начиная с апреля, прибрежная зона осваивается половозрелыми особями животных разных таксономических групп, мигрирующими из районов зимовки: с глубоких участков эстуария, а также из прилегающих участков моря (об этом говорит нахождение в дночерпательных сборах особей двустворчатых моллюсков возрасте более 1 года, а также крупных особей амфипод и брюхоногих генерации прошлого года). В августе-сентябре происходит резкое увеличение биомассы (рис. 9), определяемое, в основном, процессами размножения массовых видов. Осенью биомасса в прибрежье резко снижается (рис. 9), что, очевидно, связано с откочевкой животных к местам зимовки (в море, либо на приглубые участки эстуария). Количество наблюдений за бентосом в зимовальный период в эстуариях, по понятным причинам, ограничено. Тем не менее, с февраля по июль 2009 г. исследован макробентос ограниченного участка эстуария р. Партизанская (рис. 1). Биомасса в зимний период (февраль) была максимальной — 50,7 г/м^2, в апреле, мае и июле она постепенно снижалась, достигнув в конце периода наблюдений величины 15,7 г/м^2. Снижение биомассы в зимне-весенний период можно связать с воздействием неблагоприятных зимних условий (промерзание, абразивное воздействие льда и т.п.), а также с естественной смертностью короткоцикловых видов (амфиподы, гастроподы и др.). Летом дальнейшее снижение биомассы, возможно, определялось рассредоточением животных (особенно, двустворчатых моллюсков) из глубинных участков на мелководье.

В целом, можно полагать, что описанная выше сезонная динамика обилия макробентоса на мелководье связана с процессами колонизации нарастающей растительности животными, в первую очередь, их молодью (у большинства видов пик размножения приходится на лето), а также миграциями взрослых особей с мест зимовки. В глубоких участках эстуариев «корбикульных» рек условия более стабильны и бентосные сообщества подвержены меньшей динамике и более устойчивы.

Межгодовая изменчивость

Хорошо известно, что в эстуариях продуктивность, поступление биогенов, терригенной органики, эффективность воспроизводства рыб и беспозвоночных зависит от объема пресного стока (Whitfield, Harrison, 2003). В Приморье при увеличении расхода воды и объема твердого стока в летний период снижается масштаб проникновения высокосоленых вод в эстуарий и, соответственно, снижаются масштабы присутствия эвригалинных видов рыб в эстуарии, формирующих высокие биомассы (Колпаков, Милованкин, 2010). Выше показано, что лимитирующим фактором для эстуарного бентоса (доминанты — морские эвригалинные виды) является соленость, поэтому очевидно, что межгодовая изменчивость состава и структуры сообществ макробентоса так же, как и рыб, в первую очередь, должна определяться многолетней динамикой водности рек.

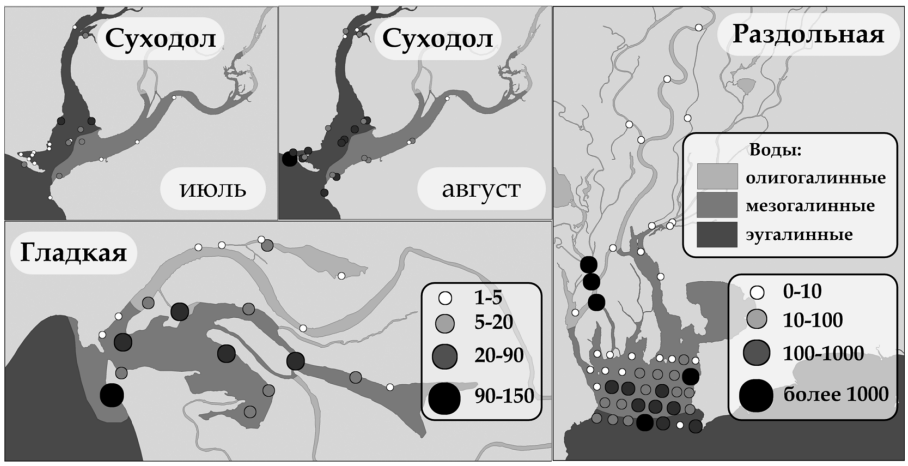


Рис. 8. Распределение макробентоса (г/м^2) в эстуариях в зависимости от структуры вод

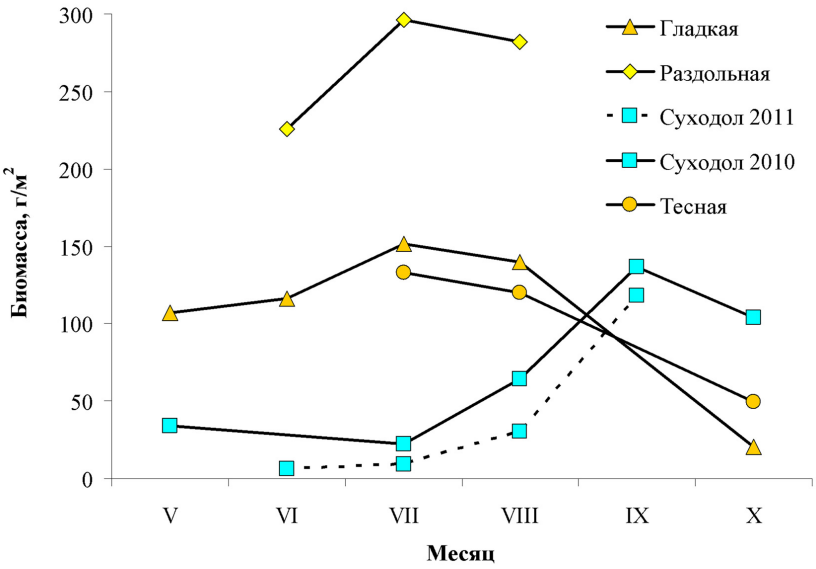


Рис. 9. Сезонная изменчивость биомассы макробентоса (г/м^2) в ряде исследованных эстуариев

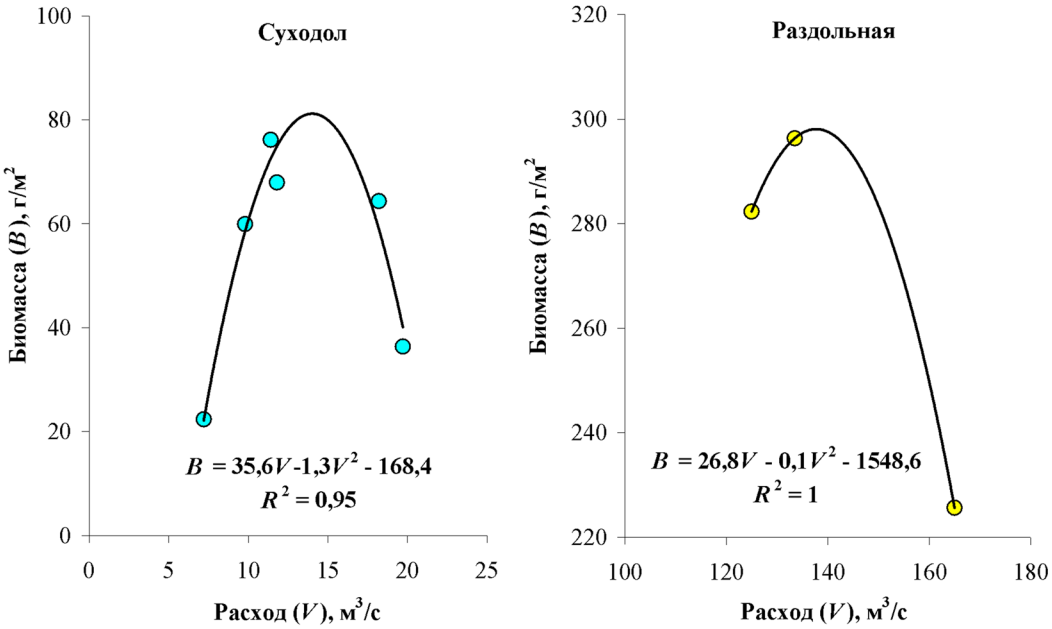


Рис. 10. Изменчивость биомассы макробентоса (г/м^2) в зависимости от объема пресного стока (м^3/с)

Сравнили данные по среднему стоку рек зал. Петра Великого в июне-августе 2007–2010 гг. (Будаева и др., 2010) со средней биомассой бентоса. В ряду лет с 2007 по 2010, 2007 г. характеризовался минимальным стоком, в остальные годы сток был заметно выше, но между годами (2008–2010 гг.) отличался несущественно. Предполагалось, что при увеличении объема пресного стока биомасса бентоса будет снижаться по экспоненте (Whitfield, Harrison, 2003). Однако в нашем случае кривая зависимости биомассы бентоса от объема пресного стока для разнотипных рек Раздольная и Суходол аппроксимировалась уравнением параболы с очень высоким коэффициентом детерминации (рис. 10). Интерпретировать полученный результат можно следующим образом: жизнедеятельность эстуарного макробентоса угнетается как при слишком высокой, так и при слишком низкой солености воды. Оптимум лежит где-то в средней части диапазона изменчивости пресного стока.

Общий запас макробентоса в эстуариях зал. Петра Великого, по нашим оценкам, составил 26,36 тыс. т (рис. 11), включая 16 тыс. т. корбикулы, 9 тыс. т дночерпательного бентоса и 1,32 тыс. т животных, ассоциированных с зарослями донных макрофитов. Из общего количества 20,89 тыс. т (79,3%) пришлось на долю двустворчатых моллюсков, 1,85 тыс. т — на долю брюхоногих (7%), 1,16 тыс. т амфипод (4,4%), 0,96 тыс. т декапод (3,6%), 0,79 т полихет (3%), 0,23 тыс. т усоногих (0,9%), 0,23 тыс. т изопод (0,9%), 0,10 тыс. т насекомых (0,4%).

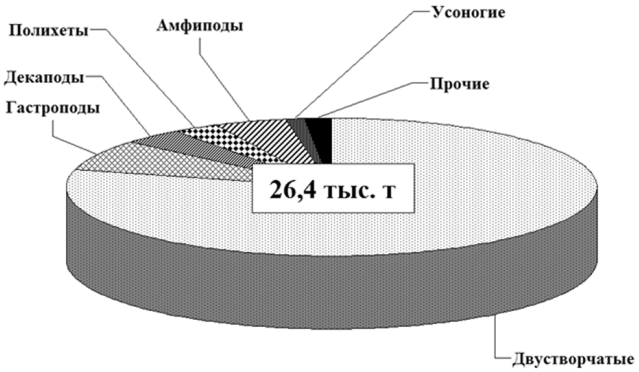


Рис. 11. Валовый запас и состав макробентоса в эстуариях зал. Петра Великого

Заключение

В результате проведенных работ: выявлены состав и структура сообществ макрозообентоса эстуариев южного Приморья, установлены закономерности их изменчивости в зависимости от ряда факторов (глубина, грунт, соленость, растительность); выполнена типизация иссле-дованных эстуариев; оценена сезонная изменчивость сообществ; проанализированы их межгодовые изменения; определен суммарный запас бентоса в эстуариях зал. Петра Великого. На очередном этапе исследований приоритетными задачами будут: определение продукции, расчет энергетических потоков и далее — выяснение особенностей функционирования бентосных сообществ эстуариев Приморья.

Благодарности

Авторы благодарят за обработку сборов беспозвоночных к. б. н. Л.Л. Будникову, к. б. н. Н.Т. Долганову, А.С. Долганову, Р.Г. Безрукова, Е.В. Колпакова.

Список литературы

Астахов М.В., Надточий В.А. 2005. Сообщества корбикулы (*Corbicula japonica*) некоторых эстуарных систем южного Приморья // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 3. С. 130–138.

Будаева В.Д., Зуенко Ю.И., Макаров В.Г. 2010. Структура и динамика вод залива Петра Великого в условиях сильного летнего распреснения (2008–2009 гг.) // Юбилейный выпуск. ДВНИГМИ - 60 лет. Владивосток: Дальнаука. С. 158–172.

Бурковский И.В., Столяров А.П., Колобов М.Ю. 2002. Пространственная организация и функ-ционирование морской (эстуарной) прибрежной экосистемы // Усп. современ. биол. Т. 122, № 4. С. 316–325.

Волова Г.Н. 1969. Бентос некоторых пресных и солоноватоводных водоемов Южного Примо-рья: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ДВГУ, 21 с.

Волова Г.Н. 1974. Макрозообентос солоноватых водоемов Южного Приморья (Японское море) // Гидробиол. журн. Т. 10, № 6. С. 32–37.

Дулепова Е.П. 2002. Сравнительная биопродуктивность макроэкосистем дальневосточных мо-рей. Владивосток: ТИНРО-центр, 273 с.

Иванков В.Н., Андреева В.В., Тяпкина Н.В., Рухлов Ф.Н., Фадеева Н.П. 1999. Биология и кормовая база тихоокеанских лососей в ранний морской период жизни. Владивосток: ДВГУ, 260 с.

Карпенко В.И. 1998. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО, 165 с.

Кафанов А.И., Иванова М.Б., Колтыпин М.В. 2004. Состояние изученности литорали россий-ских дальневосточных морей // Биол. моря. Т. 30, № 4. С. 320–330.

Кафанов А.И., Лабай В.С., Печенева Н.В. 2003. Биота и сообщества макробентоса лагун северо-восточного Сахалина. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 176 с.

Кафанов А.И., Плехов С.П. 2001. Донные сообщества лагуны Семячик (Кроноцкий биосферный заповедник, Восточная Камчатка) // Биол. моря. Т. 27, № 2. С. 121–127.

Колпаков Н.В., Милованкин П.Г. 2010. Распределение и сезонная изменчивость обилия рыб в эстуарии реки Раздольной (залив Петра Великого, Японское море) // Вопр. ихтиологии. Т. 50, № 4. С. 351–365.

Колпаков Н.В., Ольховик А.В., Колпаков Е.В., Милованкин П.Г. 2012. Первые данные по составу и структуре фитоконсорций эстуариев залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. Т. 170. С. 000-000.

Колпаков Н.В., Долганова Н.Т., Надточий В.А., Надточий В.В., Гусарова И.С., Галышева Ю.А., Лукьянова О.Н., Милованкин П.Г., Безруков Р.Г., Богачева С.В. 2010. Экосистемные исследования биоресурсов прибрежных и эстуарных вод южного Приморья // ТИНРО-85. Итоги десятилетней деятельности 2000–2010 гг. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 107–132.

Комендантов А.Ю., Орлова М.И. 2003. Экология двустворчатых моллюсков и полихет южного Приморья // Исследования фауны морей. Вып. 52(60). С.-Петербург: ЗИН РАН, 164 с.

Лабай В.С., Роготнев М.Г. 2005. Состав, структура и сезонная динамика макробентоса озера Тунайча (южный Сахалин) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 3. С. 62–94.

Лабай В.С., Заварзин Д.С., Мухаметова О.Н., Коновалова Н.В., Мотылькова И.В., Полупанов П.В. 2010. Планктон и бентос озер Вавайской системы (южный Сахалин) и условия их обитания. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 216 с.

Леванидова И.М. 1982. Амфибиотические насекомые горных областей Дальнего Востока СССР. Л.: Наука, 215 с.

Левич А.П. 1980. Структура биологических сообществ. М.: МГУ, 181 с.

Макарченко Е.А., Макарченко М.А., Зорина О.В., Сергеева И.В. 2005. Первые итоги изучения фауны и таксономии хирономид (Diptera, Chironomidae) Российского Дальнего Востока // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 3. С. 394–420.

Максименков В.В. 2002. Питание и пищевые отношения молоди рыб, обитающих в эстуариях рек и прибрежье Камчатки: Автореф. дис. … д-ра биол. наук. Владивосток: ТИНРО-центр, 42 с.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических иссле-дованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. 1984. Л.: ГосНИОРХ, 52 с.

Надточий В.А., Галышева Ю.А., Колпаков Н.В., Нестерова О.В. 2010. Распределение макробентоса в эстуариях рек бассейна залива Петра Великого в связи с характеристиками донных осадков // Изв. ТИНРО. Т. 163. С. 297–310.

Паули В.Л. 1954. К биоценологии солоноватых вод. (Проблема минимума видов солоноватых вод) // Тр. Севастопольск. биол. станции. Т. 8. С. 147–156.

Прозорова Л.А. 2001. Особенности распространения пресноводной малакофауны на Дальнем Восто-ке России и его биогеографическое районирование // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 1. С. 112–125.

Пузаченко Ю.Г. 2004. Математические методы в экологических и географических исследованиях: Учеб. пособие для студ. вузов. М.: Издательский центр «Академия», 416 с.

Семенькова Е.Г. 2007. Биология и перспективы промысла японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonica* в водоемах Приморья: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ ДВО РАН, 24 с.

Скарлато О.А., Голиков А.Н., Василенко С.В., Цветкова Н.Л., Грузов Е.Н., Несис К.Н. 1967. Состав, структура и распределение донных биоценозов в прибрежных водах залива Посьет (Японское море) // Биоценозы залива Посьет Японского моря. Л.: Наука. С. 5–61.

Тесленко В.А. 2006. Веснянки (Plecoptera) в экосистемах рек Дальнего Востока России: (фауна, биология, экология): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Владивосток, 48 с.

Тиунова Т.М. 2003. Поденки (Ephemeroptera) юга Дальнего Востока (фауна, биология, функциональная экология): Автореф. дис. … д-ра биол. наук. Владивосток, 47 с.

Хлебович В.В., Комендантов А.Ю. 1985. О физиологически пресноводных беспозвоночных морского происхождения // Журнал общей биологии. Т. XLVI, № 3. 331–336.

Хлебович В.В., Аладин Н.В., Плотников И.С. 2006. О границах эстуарных экосистем в Балтийском море. Опыт применения теории критической солености // День Балтийского моря: Тез. VII Международ. экол. форума. СПб.: Диалог. С. 518–520.

Шунтов В.П. 2001. Биология дальневосточных морей России. Т. 1. Владивосток: ТИНРО-центр, 580 с.

Явнов С.В., Раков В.А. 2002. Корбикула. Владивосток: ТИНРО-центр, 145 с.

Ярославцева Л.М. 1981. Исследование адаптаций к опреснению некоторых морских моллюсков Японского моря: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Л., 20 с.

Berezina N.A. 2008. Spatial distribution of macrofauna in a littoral zone with drifting macroalgae in the Neva estuary // Eston. J. Ecol. Vol. 57, № 3. P. 198–213.

Berezina N.A., Golubkov S.M. 2008. Effect of drifting macroalgae *Cladophora glomerata* on benthic community dynamics in the easternmost Baltic Sea // J. Mar. Syst. Vol. 74. P. 80-85.

Kado Y., Murata O. 1974. Responses of brackish-water and fresh-water clams *Corbicula japonica* and *Corbicula leana* to variation of salinity // J. Sci. Hiroshima Univ. Ser. B. Div. 1 (Zool.). Vol. 25, № 2. P. 217–224.

Whitfield A.K., Harrison T.D. 2003. River flow and fish abundance in South African estuary // J. Fish. Biol. Vol. 62. P. 1467–1472.

УДК 551.463.6

К ВОПРОСУ О СОПРЯЖЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ И В ХОЛОДНОМ ПОДПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ (ХПС) ДЛЯ АКВАТОРИИ У ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ

Тепнин О.Б.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский

Контактный e-mail: tepnin.o.b@kamniro.ru

Введение

На фоне значительного сокращения количества натурных наблюдений на акватории Тихого океана, прилегающей к Камчатскому полуострову, происходящего в последние десятилетия (рис. 1), возрастает роль дистанционного (спутникового) мониторинга гидрологической обстановки. Так данные по температуре поверхности с различным временным и пространственным осреднением на регулярной сетке, охватывают уже более чем 30-ти летний период (1981–2012).

Как в свое время было показано исследованиями И.В. Давыдова (Давыдов, 1972, 1974, 1988; Давыдов, Куцых, 1967) и нашими (Тепнин, 2002), достаточно надежной характеристикой гидрологических условий большей части деятельного слоя вод у восточного побережья Камчатки являются данные получаемые при проведении стандартного Авачинского разреза (рис. 2). Материалы, получаемые при его проведении широко использовались в КамчатНИРО при описании условий обитания и размножения многих ценных промысловых гидробионтов. Проявляли к ним интерес и при составлении прогнозов численности различной заблаговременности. Однако в последнее время, в связи с сокращением объемов проведения гидрологических исследованием и отсутствием у КамчатНИРО судна, способного выполнить такую работу в полном объеме, наблюдения на этом разрезе были прекращены (с 2009 г.) и возможность их возобновления по прежнему находиться под вопросом.

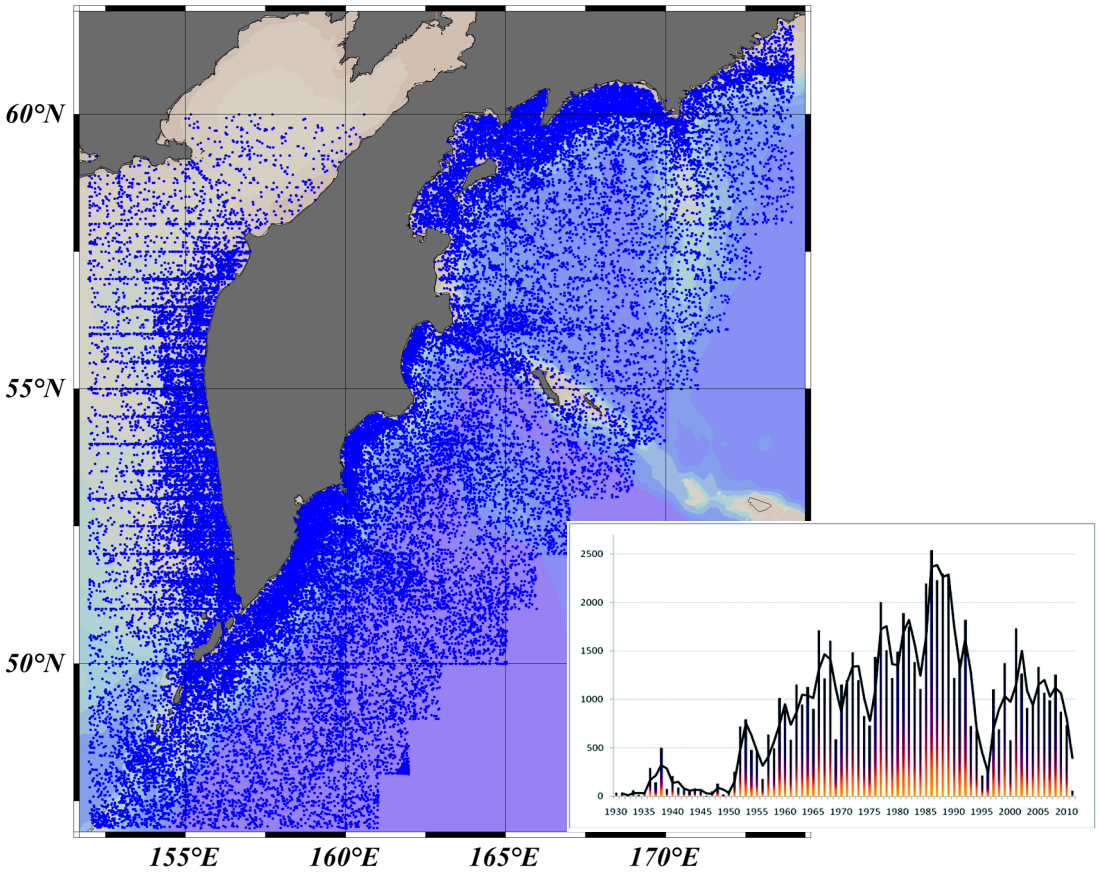


Рис. 1. Расположение гидрологических станций на акватории у Камчатского полуострова, выполненных за период с 1930 по 2011 гг. На врезке: гистограмма распределения количества станций (шт.) по годам

Учитывая тот факт, что теплосодержание (энтропия) вод большей части деятельного слоя у восточного побережья Камчатки формируется в холодный период года, в результате развития осенне-зимней конвекции, можно предположить наличие прямой связи температурных условий в зимний период и минимальной температуры в ядре холодного подповерхностного слоя (ХПС), сохраняющейся до следующего зимнего периода. В представленной работе предпринимается попытка выявить уровень сопряженности многолетних данных наблюдений за температурой поверхности (спутниковые данные) с аналогичными характеристиками, получаемыми посредством натурных наблюдений для деятельного слоя вод (данные стандартных разрезов у восточного побережья Камчатки), для характеристики термических условий конкретного года, используемой при разработке различных промысловых прогнозов.

Материал и методика

Материалами для работы послужили натурные наблюдения на стандартном Авачинском разрезе, регулярно выполняемом с 1957 г. в середине июня (рис. 2), а также среднемесячные данные о температуре поверхности в узлах регулярной сетки с шагом 1° по широте и долготе. В первом случае использовалась значения минимальной температуры в ядре ХПС по первым 6-ти станциям разреза за период с 1982 по 2009 гг. из архива КамчатНИРО. Во втором, это ежемесячные данные, получаемые посредством оптимальной интерполяции (OIv2, разработана Рейнольдсом с соавторами (Reynolds et al., 2002) на регулярную сетку спутниковых наблюдений за температурой поверхности и ее аномалии (период вывода среднего — 1971–2000 гг.), скорректированных всеми доступными натурными наблюдениями (подспутниковыми) и размещенные в свободном доступе на сайте Международного Научного Института Климата и Общества (IRI, http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.IGOSS/.nmc/.Reyn_SmithOIv2/).

Ежемесячные данные с 1982 по 2012 гг. на регулярной сетке выбирались для района акватории прилегающей к восточному побережью Камчатки, показанной на рис. 3. Таким образом, всего для каждого месяца к обработке принималось 162 станции. На основании данных о температуре поверхности и ее аномалии в этих точках рассчитывались средние по площади значения для каждого месяца 30-ти

летнего периода. В результате получены временные ряды межгодовой изменчивости средних по площади ТПО и ТПОа для всех 12 календарных месяцев.

Следует заметить, что при выборе среднего значения ТПО по площади, в качестве характеристики температурных условий на всей акватории для конкретного месяца, мы исходили из следующего факта. Применяя разложение полей ТПО с использованием эмпирических ортогональных функций (EOF), мы получали набор собственных векторов, первый из которых (собственно среднее значение) объяснял распределение поля температуры с вероятностью более 40%.

Статистическая обработка производилась в пакете программ Statistica 6 (StatSoft). Для визуализации карт распределения использовали программу Ocean Data View 3.4.3 (Schlitzer, R., Ocean Data View, http://odv.awi.de, 2012). Разложение полей ТПО по EOF выполнялось посредством пакета утилит Climate Data Operators (CDO) версии 1.5.4.

Результаты и обсуждение

На рис. 2 представлено типичное вертикальное распределение температуры и солености на Авачинском разрезе в середине июня. Как видно, холодный подповерхностный слой (ХПС) фиксируется на всем протяжении разреза, но максимальной мощности (более 300 м) достигает в непосредственной близости от материкового склона, на акватории Авачинского залива. Резкий, почти вертикальный подъем изотерм и изогалин наблюдается в районе 3-й станции разреза, над глубоководным желобом. Нередко температура в прибрежном ядре ХПС достигает отрицательных значений, но в среднем находиться на уровне 0.8° С (рис. 4) и сохраняется с минимальными изменениями на протяжении всего «теплого» периода года. Довольно часто на разрезе наблюдаются два «ядра» с минимальными значениями температуры, расположенными на удалении около 300 км друг от друга. Второе ядро обычно соотносится с положением основной ветви Восточно-Камчатского течения. Так как формирование ХПС происхо-

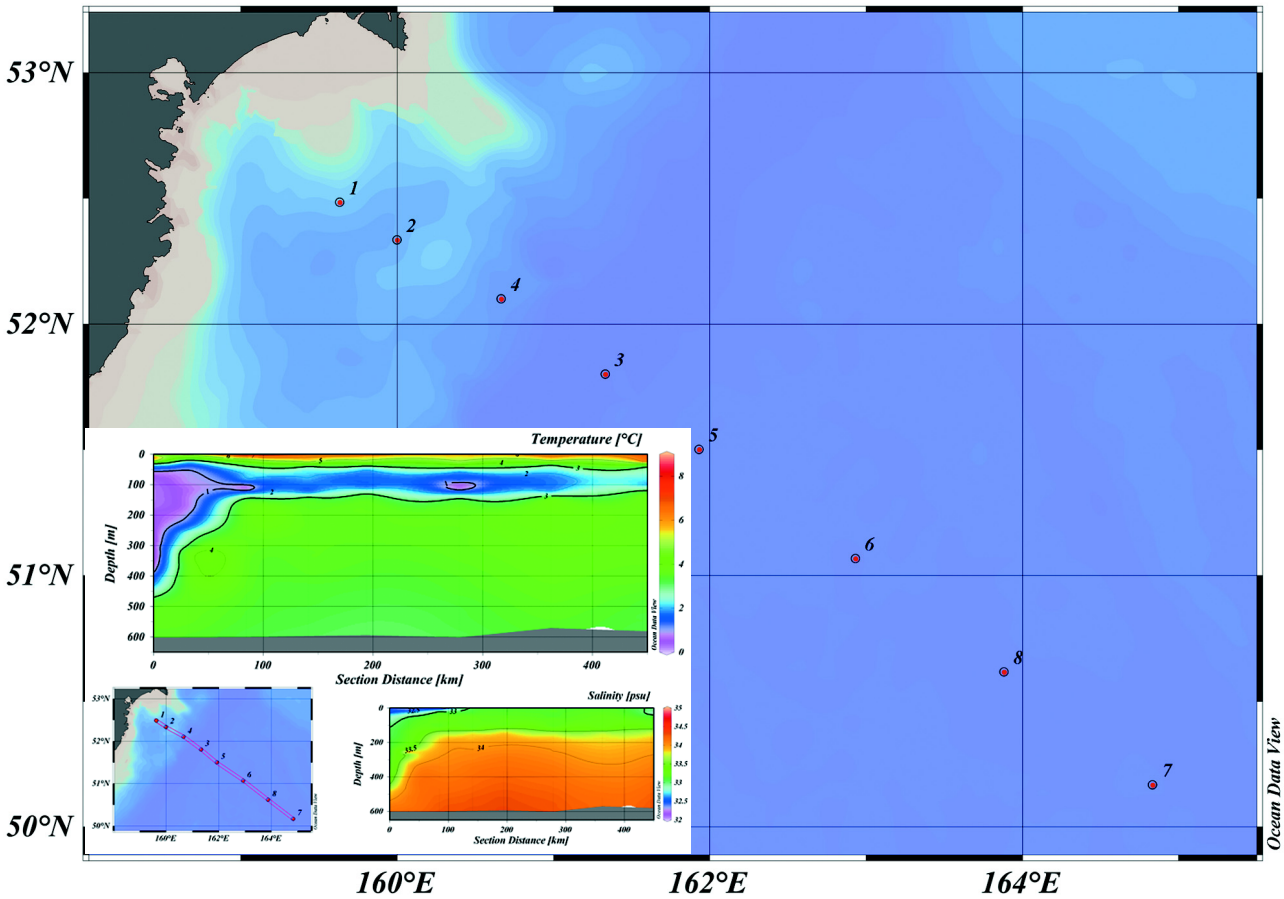


Рис. 2. Расположение станций стандартного Авачинского разреза и вертикальное распределение температуры и солености на нем

дит в холодную половину года, в результате развития осенне-зимней конвекции, логично предположить, что уровень теплосодержания ядра этого слоя должен иметь достаточно тесную связь с уровнем температуры (аномалии температуры) на поверхности в эти месяцы.

Для проверки такой гипотезы мы произвели прямое сравнение межгодового изменения среднемесячной аномалии температуры поверхности на акватории у восточного побережья Камчатки, с данными о минимальной температуре в ядре ХПС. Результат представлен на рис. 5 и наглядно показывает почти полную синхронность в ходе кривых для каждого из рассматриваемых месяцев. Особенно выделяются годы, когда изменения ТПО были наиболее существенны по сравнению с соседними годами (1988, 1997, 2006 гг.). Кроме того, подобная синхронность отмечается и при сопоставлении данных рядов с рассмотренным выше графиком изменчивости минимальной температуры на стандартном Ава-

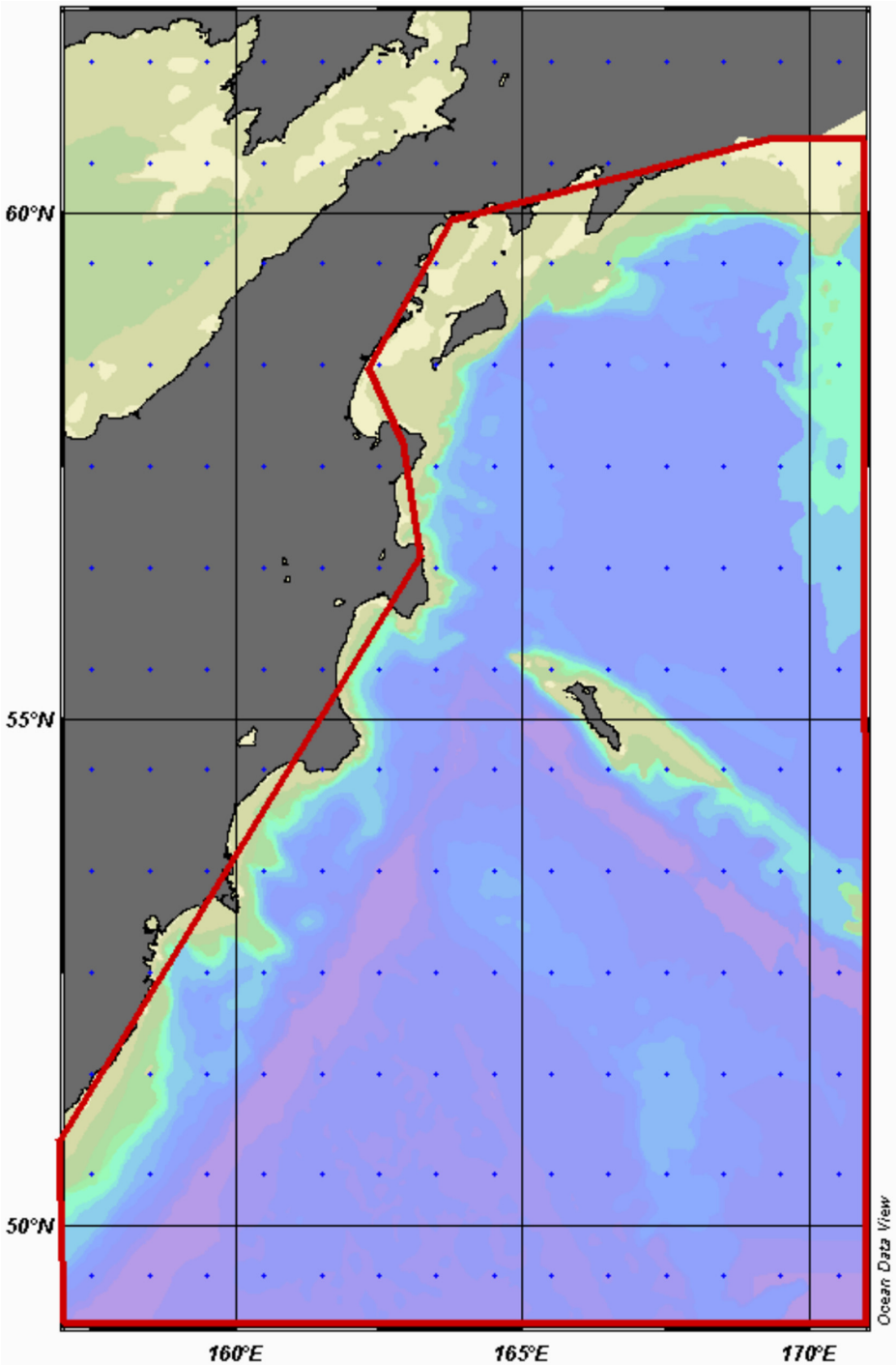


Рис. 3. Расположение точек регулярной сетки для расчета средней по площади температуры поверхности и ее аномалии

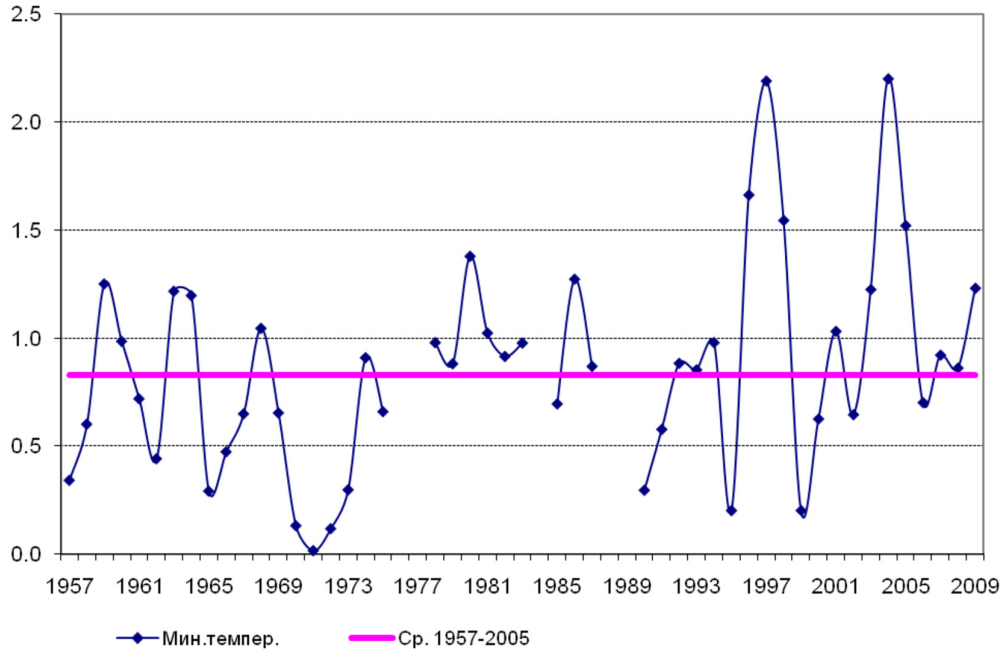


Рис. 4. Межгодовое изменение минимальной температуры в ядре ХПС на стандартном Авачинском разрезе

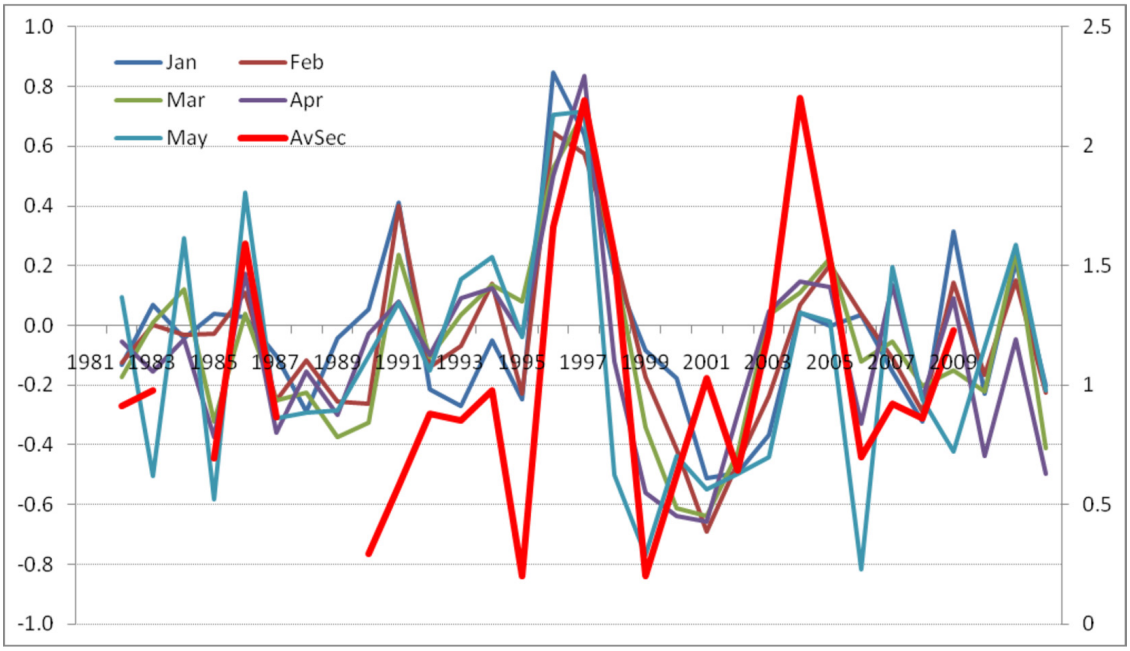


Рис. 5. Межгодовое изменение среднемесячной температуры поверхности (январь–март) и минимальной температуры в ядре холодного подповерхностного слоя на стандартном Авачинском разрезе

чинском разрезе. Т.е. уровень температуры на поверхности (или ее отклонения от нормы) в зимние месяцы находит свое отражение в теплосодержании вод ХПС.

Для проверки статистического уровня рассмотренных связей, мы расчитали коэффициенты парной корреляции для всех рядов — результат сведен в табл. 1. Как видно, большинство пар получили значимые коэффициенты корреляции (выделено желтым, уровень $p<0.05$). Как и следовало ожидать, наибольший уровень связи прослеживается между среднемесячными значениями температуры смежных месяцев (выделено красным) и с увеличением временного интервала — падает. При этом лнейная связь с температурной характеристикой ХПС также доставерна на всем рассмотренном интервале с максимумом приходящимся на март и апрель, а также с осредненными данными для всех зимних месяцев (ноябрь–март). Интересно, что последний временной ряд наиболее тесную связь показал с данными за

Таблица 1. Корреляционная таблица (АвРаз — минимальня температура на стандартном Авачинском разрезе, Зима — средняя температура поверхности за период с ноября по март)

	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Зима	АвРаз
Ноябрь	1.00	0.73	0.51	0.54	0.45	0.36	0.17	0.43	0.82	0.49
	p= ---	p=.000	p=.009	p=.005	p=.024	p=.080	p=.405	p=.032	p=.000	p=.012
Декабрь		1.00	0.82	0.77	0.69	0.71	0.54	0.58	0.93	0.47
		p= ---	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.005	p=.002	p=.000	p=.017
Январь			1.00	0.89	0.69	0.64	0.51	0.52	0.86	0.49
			p= ---	p=.000	p=.000	p=.001	p=.010	p=.008	p=.000	p=.013
Февраль				1.00	0.88	0.78	0.62	0.59	0.89	0.59
				p= ---	p=.000	p=.000	p=.001	p=.000	p=.000	p=.002
Март					1.00	0.89	0.74	0.59	0.80	0.60
					p= ---	0.00	p=.000	p=.000	p=.000	p=.001
Апрель						1.00	0.86	0.68	0.73	0.61
						p= ---	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000
Май							1.00	0.64	0.54	0.49
							p= ---	p=.001	p=.005	p=.001
Июнь								1.00	0.61	0.49
								p= ---	p=.001	p=.001
Зима									1.00	0.61
									p= ---	p=.000
АвРаз										1.00
										p= ---

декабрь — 0.93, хотя традиционно считается, что самым суровым месяцем в данном регионе является март.

Заключение

На фоне значительного сокращения количества наблюдений in situ на морских акваториях, все насущнее стоит вопрос о возможности использования дистанционных методов наблюдений, для характеристики условий обитания и размножения промысловых гидробионтов. Нами рассмотрены числовые ряды, характеризующие изменение температуры поверхности (спутниковые данные) за последние 30 лет у восточного побережья Камчатки и проведено сравнение их изменчивости с данными натурных наблюдений на стандартном Авачинском разрезе. В результате показано, что данные дистанционного мониторинга температурных условий поверхности в зимние месяцы могут с достаточной достоверностью характеризовать теплосодержание вод деятельного слоя и конкретно ХПС на протяжении большой части года.

Список литературы

Давыдов И.В., Куцых А.Г. 1967. Температура ядра холодного промежуточного слоя как прогностический показатель термического состояния вод, прилегающих к Камчатке // Изв. ТИНРО. Т. 61. С. 301–318.

Давыдов И.В. 1972. К вопросу об океанологических основах формирования урожайности отдельных поколений сельди западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. Т. 82. С. 281–307.

Давыдов И.В. 1974. Некоторые черты атмосферной циркуляции над северо-западной частью Тихого океана в связи с гидрологическими условиями на камчатском шельфе. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КамчатНИРО. С. 35.

Давыдов И.В. 1988. К вопросу об океанологических основах временной организации некоторых популяций рыб камчатского шельфа. Отчет. Петропавловск-Камчатский. КамчатНИРО. С. 35.

Тепнин О.Б. 2002. Стандартный Авачинский разрез, как показатель термического состояния вод, прилегающих к восточному побережью Камчатки // Тезисы докладов XII Международной конференции по промысловой океанологии. 9–14 сентября 2002. Калининград. С. 238–241.

Reynolds, R.W., N.A. Rayner, T.M. Smith, D.C. Stokes, and W. Wang. 2002: An Improved In Situ and Satellite SST Analysis for Climate. J. Climate, 15. P. 1609–1625.

УДК 628.394.6:57/.59

АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА НЕКОТОРЫЕ ЛОСОСЕВЫЕ РЕКИ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

Улатов А.В., Введенская Т.Л.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: ulatov.a.v@kamniro.ru, vvedenskaya@kamniro.ru

Введение

На Камчатке рыбохозяйственный комплекс и, в частности, лососевый промысел является одной из основных отраслей экономики края. Лососевый промысел практически целиком обеспечивается естественным воспроизводством на природных нерестилищах, поэтому сохранность лососевых нерестовых рек — гарантия устойчивого развития рыбной отрасли региона. Рыбохозяйственное значение пресноводных экосистем определяется величиной естественного нерестово-выростного фонда, его состоянием и численностью воспроизводящихся лососей. Лососи на Камчатке населяют преимущественно ненарушенные местообитания, которые обеспечивают изобилие и доступность укрытий, высокое видовое и внутривидовое разнообразие ихтиоценозов, что, в конечном итоге, определяет высокую ёмкость среды обитания, величину популяций и рыбохозяйственную ценность участка реки.

Численность лососей может подвергаться существенным изменениям в зависимости от влияния природных и антропогенных факторов. До настоящего времени воспроизводительный потенциал тихоокеанских лососей в водных объектах Камчатки, в основной массе, достаточно высок. Тем не менее, в связи с интенсификацией хозяйственного освоения новых территорий антропогенное воздействие на водоемы и водотоки усиливается. Под деградацией экосистем понимается процесс ухудшения (разрушения) природной среды, в результате которого снижается её способность поддерживать постоянство качества жизни (Реймерс, 1990). При планировании деятельности других хозяйственных объектов необходимо учитывать структуру и устойчивость экосистем к антропогенным нагрузкам, чтобы не допустить деградации естественных экосистем (Вронский, 1999; Шубина, 2006; Биоиндикация…, 2007; Введенская и др., 2012).

Во избежание деградации лососевых экосистем на осваиваемых территориях полуострова Камчатка целесообразно проводить постоянный эколого-рыбохозяйственный мониторинг, целью которого является определение происходящих изменений в экосистемах и оценка степени антропогенного воздействия.

Материал и методика

Эколого-рыбохозяйственный мониторинг проводился в пресноводных водоемах Камчатки, находящихся в зонах повышенного антропогенного воздействия (рис. 1).

Объектами и компонентами мониторинга в исследуемых водотоках являются макрозообентос, ихтиоценоз, показатели качества воды, гидрологические характеристики другие показатели. Методика сбора проб и материала приведена в работах Т.Л. Введенской (2011), Введенской и Улатова (2010).

Под качеством воды в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая пригодность для конкретных видов водопользования (ГОСТ 17.1.1.01–77), при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды. В настоящее время выделяют гидрологические и гидробиологические критерии оценки качества воды.

Гидробиологические критерии. Общие показатели видового разнообразия и количественного обилия бентоса неоднозначно реагируют на изменение экологической обстановки в водоёме и обычно резко снижаются уже при катастрофических ситуациях. Наиболее значимыми и широко применяемыми при мониторинге, особенно в горных реках и озерах, являются индексы EPT (n_{EPT} и $N_{EPT}/N_{общ.}$) — индикаторной группы организмов отрядов Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, наименее толерантных к различным видам загрязнения (Чебанова, 2009).

Экологическое состояние оценивали по индексу Гуднайта–Уитли (Goodnight, Whitley, 1961), равного отношению численности олигохет (индикаторная группа) к численности всего бентоса ($N_{ol}/N_{общ.}$). Индекс Гуднайта и Уитлея делят на шесть градаций (табл. 1).

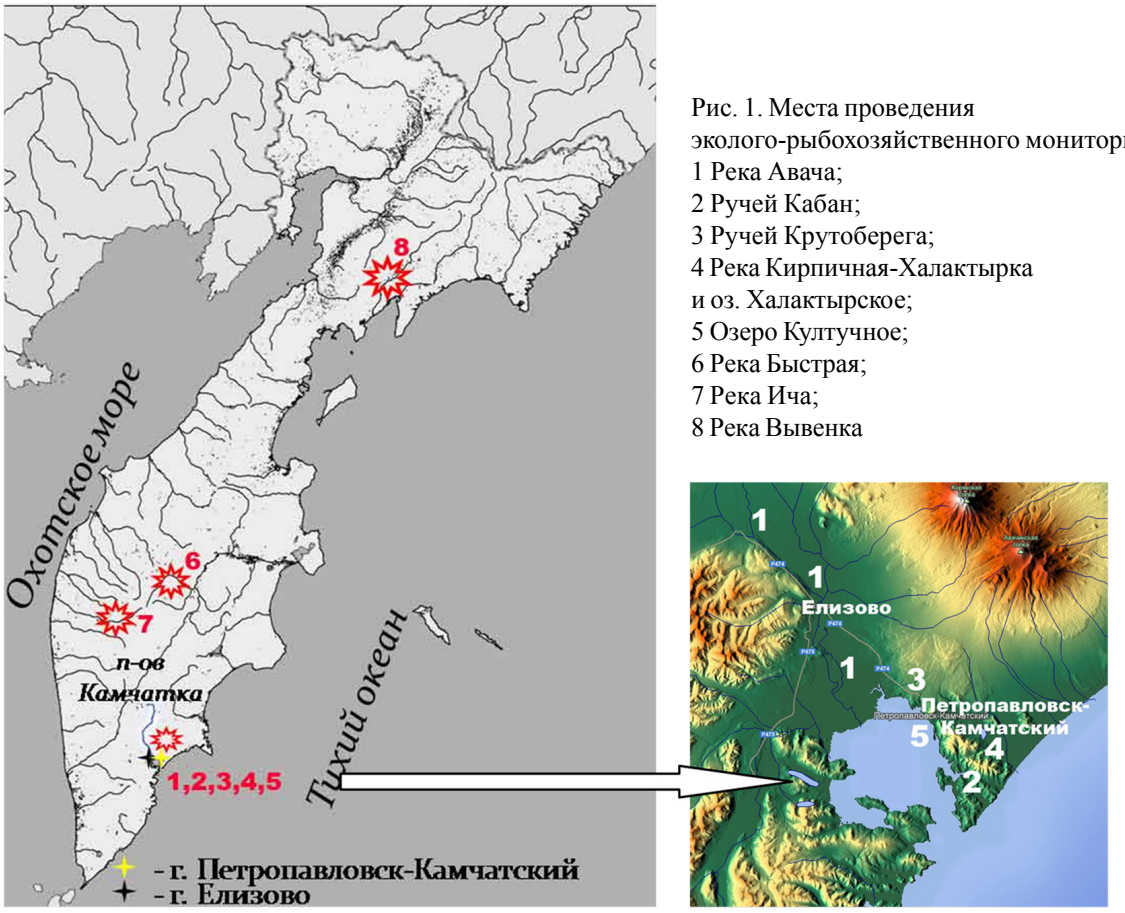


Рис. 1. Места проведения эколого-рыбохозяйственного мониторинга:
1 Река Авача;
2 Ручей Кабан;
3 Ручей Крутоберега;
4 Река Кирпичная-Халактырка и оз. Халактырское;
5 Озеро Култучное;
6 Река Быстрая;
7 Река Ича;
8 Река Вывенка

Таблица 1. Отношение численности олигохет к общей численности беспозвоночных (Goodnight, Whitley, 1961)

Индекс $N_{ol}/N_{общ.}$	0,01–0,16	0,17–0,33	0,34–0,50	0,51–0,67	0,68–0,84	0,85–1,00
Качество воды	Чистая	Условно чистая	Слабо загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная

При классификации водных объектов оценку качества воды дополняли характеристикой сапробности (степень загрязнения вод разлагающимися органическими веществами): олигосапробная зона — олигохет до ~ 30%, β-мезосапробная — 30–60%, β-а-мезосапробная — свыше 60 — до 70%, а-мезосапробная — свыше 70 — до 80% и полисапробная — свыше 80%.

Гидрохимические критерии. При оценке качества воды использовался наиболее часто употребляемый интегральный показатель (Введенская, Улатов, 2010) — гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ):

$$ИЗВ = \frac{\sum_{I=1}^{n} Ci / ПДКi}{N}$$

где C_i — концентрация компонента в воде; $ПДК_i$ — предельно допустимая концентрация компонента; N — число исследуемых показателей. В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (табл. 2).

В данной работе также представлены результаты обобщения данных А.Г. Остроумова (Остроумов, 1995, 1998, 1999), полученные им в результате многолетних аэровизуальных и наземных обследований с 1957 г. по 1995 г., касающиеся деградации нерестового фонда лососей в водных объектах Камчатки и Корякского нагорья во второй половине XX века.

Таблица 2. Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды

Воды	Значения ИЗВ	Класс качества вод
Очень чистые	до 0,2	1
Чистые	0,2–1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0–2,0	3
Загрязненные	2,0–4,0	4
Грязные	4,0–6,0	5
Очень грязные	6,0–10,0	6
Чрезвычайно грязные	>10,0	7

Результаты и обсуждение

Река **Авача** (длина 122 км) — крупнейшая нерестовая река на юго-востоке Камчатки. По данным КамчатНИРО (аэровизуальные наблюдения и данные официальной промысловой статистики) подходы тихоокеанских лососей и, соответственно, рыбопродуктивность р. Авача в настоящее время сократилась в 43 раза. В связи с резким уменьшением численности лососей их добыча в р. Авача закрыта, а промышленный лов осуществляется в Авачинской губе. В самой реке действует только спортивный лицензионный лов и отлов рыб для закладки икры на Кеткинский лососевый рыбоводный завод. В течение 2007 и 2009–2012 гг. были обследованы некоторые водотоки бассейна реки, находящиеся в зоне наиболее интенсивного антропогенного воздействия.

Река **Половинка** (длина 29 км) обследована в нижнем течении, в городской черте г. Елизово. Качество воды (экосистемы) этого участка по состоянию сообщества макрозообентоса оценивается как «чистая» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,03). По фондовым данным КамчатНИРО р. Половинка является местом нереста горбуши, кеты, кижуча и гольцов, но рыбохозяйственный статус водотока существенно снизился, т.к. из состава ихтиофауны в результате антропогенного воздействия исчезли тихоокеанские лососи, нерест которых в последние годы в реке не наблюдается. В 1990-е гг. еще наблюдался заход единичных экземпляров кижуча. Причиной деградации и исчезновения лососевых популяций в р. Половинка являются, во-первых, нарушение путей миграций в русле реки в виде бетонных каскадных гидротехнических сооружений в её нижнем течении, которые являются искусственным препятствием, затрудняющим проход лососей на нерестилища, а также являются причиной часто повторяющихся зимних наледей. Во-вторых, деградация лососевого ихтиоценоза в р. Половинка обусловлена интенсивным и многолетним браконьерством на нерестилищах и путях миграций к ним, что является основной причиной исчезновения лососей в большинстве малых притоков р. Авача. Единственный представитель ихтиоценоза, сохранившийся к настоящему времени в р. Половинка, является голец *Salvelinus malma* (преимущественно его жилая форма).

Река **Красная** (длина 20 км) в среднем течении протекает по населенным территориям (пос. Красный, пос. Двуречье, пригороды г. Елизово). В настоящее время экологическое состояние водотока (качество воды) по состоянию сообщества донных беспозвоночных оценивается как «слабо загрязненное» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,39). Компонентами ихтиоценоза являются минога тихоокеанская *Lampetra japonica*, трех- *Gasterosteus aculeatus* и девятииглая *Pungitius pungitius* колюшки, *S. malma* и тихоокеанские лососи, представленные кижучем *Oncorhynchus kisutch* (возраст 0+ и 1+) — процентное соотношение рыб соответственно 7, 7, 4, 32 и 50%. По фондовым данным КамчатНИРО в р. Красная вплоть до второй половины XX века наблюдался устойчивый нерест 3-х видов тихоокеанских лососей (горбуши, кеты и кижуча). В настоящее время в р. Красной сохранился эпизодический нерест немногочисленных производителей кижуча. В связи с установкой в русле реки 4-х железобетонных водопропусков, состоящих из нескольких лотков — труб круглого сечения, оказались нарушены пути миграций рыб вверх по течению — проход производителей лососевых рыб на нерестилища верхнего течения затруднен, а расселение молоди лососей вверх по течению — полностью прекращено.

Река **Колокольникова** (длина 35 км) в нижнем течении протекает по сельскохозяйственным угодьями. По данным А.Г. Остроумова (1989, 1998) река ещё в 1960-х гг. имела большое значение для нереста нерки, кеты, горбуши и, особенно, кижуча, но рыбохозяйственный статус водотока существенно снизился, т. к. из состава ихтиофауны в результате антропогенного воздействия исчезли тихоокеанские лососи, нерест которых в последние годы в реке не наблюдается. Гидрохимические исследования

показали, что качество речных вод соответствует рыбохозяйственным нормативам. Экологическое состояние реки (качество воды) по составу зообентосных сообществ также оценивается как «чистое» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,02). Вместе с тем значительное заиление реки за счет попадания в грунт мелкой фракции с сельскохозяйственных полей приводит к ухудшению условий развития кормовой базы для молоди лососей, что проявляется в сравнительно низких значениях биомассы донного населения (4,2–6,0 г/м^2). Отсутствие нереста и нагула тихоокеанских лососей в р. Колокольникова в последние десятилетия обусловлено браконьерством, нарушением водосбора и гидрологического режима реки сельхозугодиями, нарушением миграционных путей лососей кульвертом автодороги.

Река ***Кирпичная-Халактырка*** (длина 24 км) — По фондовым данным КамчатНИРО река Кирпичная-Халактырка вместе с оз. Халактырским и руч. Крутобереговым (1-м и 2-м Крутобереговым) являются местом нереста и нагула нерки *(O. nerka)*, кеты *(O. keta)*, горбуши *(O. gorbuscha)*, кижуча *(O. kisutch)*, гольцов *(S. alpinus complex et S. leucomaenis)*. Общий список жилых и проходных рыб басс. р. Кирпичная-Халактырка представлен 10-тью видами (без акклиматизированных видов), в него также включены минога тихоокеанская (*Lethenteron camtschaticum*), колюшка трехиглая *(Gasterosteus aculeatus)*, колюшка девятииглая *(Pungitius pungitius)*, малоротая корюшка *(Hypomesus olidus)*. В нижнем течении р. Халактырка возможен заход на нерест или нагул азиатской корюшки *(Osmerus mordax dentex)*, двух видов камбал (звездчатая *Platichthys stellatus* и желтобрюхая *Pleuronectes quadrituberculatus*) и бычков (сем. Cottidae).В начале 1990-х гг. в оз. Халактырском были акклиматизированы теплолюбивые рыбы-фитофаги — амурский сазан *(Cyprinus carpio haematopterus)* и серебряный карась *(Carassius auratus gibelio)*. В оз. Халактырском обитает редкая жилая форма кижуча (молокан).

В бассейне р. Кирпичная-Халактырка находится более 13 га нерестовых площадей тихоокеанских лососей. Максимальные заходы производителей в бассейн р. Кирпичная-Халактырка с 1957 г. в отдельные годы по видам составили (в тысячах шт.): горбуша — 15–20; кета — 4,5–6; кижуч — 7–11; нерка — 2–3. Максимальные уловы с 1948 г. в отдельные годы по видам составили (в тоннах): горбуша — 449 (1953 г.); кижуч — 159 (1951 г.); нерка — 65 (1948 г.), голец — 18 (1951 г.) (Остроумов, 1995). Приведенные данные свидетельствуют о высокой потенциальной рыбохозяйственной продуктивности речного бассейна. Данные о современных заходах и уловах лососей и других видов рыб в бассейне р. Кирпичная-Халактырка отсутствуют. В озере и в устье р. Кирпичная-Халактырка в настоящее время ведется только незаконный браконьерский лов рыбы, а наиболее многочисленным видом является малоротая корюшка, затем в порядке снижения численности следуют колюшка трёхиглая, колюшка девятииглая и жилая форма кижуча (молокан).

За последние 30–40 лет под влиянием антропогенных факторов (нарушение путей миграций, гидрологического режима и водосборной территории, загрязнение поверхностных и грунтовых вод хозяйственно-бытовыми и производственными сточными водами) нерестово-нагульный потенциал басс. р. Кирпичная-Халактырка существенно снизился, нерест лососевых рыб во многих частях бассейна прекратился, в большинстве ручьев и притоков лососи исчезли. Но нерестово-вырастной потенциал по-прежнему остается на высоком уровне, и, в случае очистки и рекультивации басс. р. Кирпичная-Халактырка, включая оз. Халактырское, а также реализации мер по восстановле+нию путей миграций и зарыбления, может стать основой восстановления популяций до наблюдавшейся исторической промысловой величины.

Несколько лучше ситуация в р. Крутобереговый (левый приток р. Халактырки) — здесь вплоть до середины 1990-х гг. ещё наблюдались малочисленные заходы на нерест горбуши, кеты и кижуча.

В среднем течении р. Кирпичная-Халактырка у кульверта автодороги на пос. Нагорный в 2009 и 2010 гг. экологическое состояние (качество воды) по оценке состояния зообентосного сообщества соответствовало от «слабого загрязнения» до «загрязненного» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,5–0,51). Ихтиоценоз отсутствовал.

Исследования, проведенные в 2009 и 2012 г., показали ухудшение экологического состояния среднего течения р. Кирпичная-Халактырка у микрорайона Северо-Восток. В связи с активным строительством трассы газопровода от АГРС-2 до ТЭЦ-2 и строительством нового жилого комплекса активизировались процессы эрозии, происходит загрязнение реки строительным грунтом и техногенной взвесью, в результате чего разнообразие гидробионтов уменьшилось до двух групп — малощетинковых червей и насекомых, представленных только комарами-звонцами. Заметно снизилось и их обилие. Экологическое

состояние (качество воды) по оценке зообентосного сообщества соответствовало от «слабого загрязнения» до «грязного» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,4 в 2009 г. и 0,8 в 2012 г.). Ихтиоценоз в 2009–2012 г. отсутствует.

*Река **Быстрая*** (длина 154 км) — крупнейший нерестовая река в басс. р. Камчатка. Основными видами рыб, нерестящихся в р. Быстрая в настоящее время являются: кета, гольцы, нерка, кижуч, чавыча, хариус, кунджа, горбуша и микижа. По данным государственного мониторинга водных биологических ресурсов (Остроумов, 1983), максимальный за последние 55 лет заход промысловых видов лососей в р. Быструю составлял: нерки — 220,0 тыс. экз., кеты — 84,0 тыс. экз., кижуча —55,0 тыс. экз., горбуши — 21,0 тыс. экз., чавычи — 4,8 тыс. экз. Общая площадь нерестилищ в р. Быстрой превышает 183,5 га. При исторической удельной бассейновой рыбопродуктивности 1,44 кг/м^2 продукционные возможности нерестового фонда р. Быстрой составляют около 2650 т ихтиомассы ежегодно. В настоящее время субпопуляции лососей в р. Быстрая, как и во многих других крупных притоках верхнего и среднего течения р. Камчатка, испытывают депрессию численности. Из-за дефицита производителей на нерестилищах, вследствие браконьерства в реках и море, лососи в отдельных притоках и ручьях басс. р. Быстрой полностью исчезли, а современная удельная рыбопродуктивность нерестилищ р. Быстрая (по данным аэровизуальных наблюдений КамчатНИРО и официальной промысловой статистики) по отдельным видам тихоокеанских лососей в 7–50 раз ниже исторической.

На исследованных участках р. Быстрая среди донных беспозвоночных высокое значение имели амфибиотические насекомые, в т. ч. представители группы EPT, причем все показатели макрозообентоса в исследованных биотопах практически не отличались. Антропогенное воздействие на водотоки басс. р. Быстрой в виде загрязнения хозяйственно-бытовыми сточными водами оказывают поселки Анавгай и Эссо, которые выражается в виде незначительных структурных перестроек в составе зообентоса. Тем не менее, экологическое состояние (качество воды) в 2003 и 2009 гг. р. Быстрой ниже п. Эссо и п. Анавгай, выше и ниже гидроузла мГЭС-4, а также р. Уксичан и ручьев протекающих по территории пос. Анавгай, по оценке зообентосного сообщества соответствует «чистому» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,0–0,06).

Характеризуя экологическое состояние водотоков басс. р. Быстрой в зонах антропогенного воздействия, можно заключить, что негативного влияния от сбросов сточных вод практически не имеется. Но, отмеченные незначительные структурные перестройки в составе зообентоса, являются основанием для проведения постоянного контроля состояния донных биоценозов.

*Река **Вывенка*** (длина 395 км) — одна из наиболее крупных и значимых лососевых нерестовых рек на Северо-Востоке России — в последние два десятилетия испытывает повышенную техногенную нагрузку от деятельности ЗАО «Корякгеолдобыча» — предприятия, разрабатывающего Сейнав-Гальмоэнанское месторождение. В зоне фактического влияния горных разработок данного предприятия в басс. р. Вывенка оказались нерестилища тихоокеанских лососей общей площадью около 282,44 га (20% нерестового фонда р. Вывенка), способные давать уловы не менее 12,0–13,0 тыс. т лосося. Мониторинг состояния среды обитания и воспроизводства лососевых рыб ведется на протяжении 17-ти лет. Экологическое состояние водотоков в басс. р. Вывенки определяется постоянным сверхнормативным поступлением в речную сеть техногенной взвеси и коренным изменением гидрологического режима ряда водотоков. Площадь нерестилищ лососей в основных нерестовых реках, подверженных наибольшему техногенному воздействию — рр. Ветвей и Левтыринываям — равняется 188 и 22,2 га, или 12,2 и 1,0%, соответственно. По фондовым данным КамчатНИРО до 2002 г. заходы лососей в рр. Ветвей и Левтыринываям отражали общую тенденцию для басс. р. Вывенка, не демонстрируя снижение численности под воздействием горных работ. По мере удлинения временных рядов стало проявляться устойчивое снижение нерестового значения р. Левтыринываям в общем воспроизводстве лососей р. Вывенка. По данным наземного мониторинга, в результате разработки россыпного месторождения р. Левтыринваям частично утратила свое рыбохозяйственное значение — нерестилища лососей на участке добычи подверглись прямому изъятию под разработки, а расположенные в верховьях реки стали недоступны из-за образования в руслоотводном канале высокого порога. Сокращение площади нерестилищ в нижнем течении обусловлено сокращением подземного питания и водности, а также заилением русла [Чалов и др., 2005]. По данным аэровизуальных наблюдений, площадь нерестилищ в р. Левтыринываям сократилась в 6 раз (с 24,08 га до ≈4,0 га), т. е. более чем на 20 га, в основном русле р. Вывенка (участок длиной 108 км ниже устья руч. Ольхового) техногенному влиянию горных разработок россыпной платины подверглись 141,54 га нерестилищ, в р. Ветвей — 120,9 га.

В связи с отработкой третьей, четвертой и пятой россыпи на ручьях Ветвистый, Южный и р. Янытайлыгинваям в басс. р. Ветвей ожидается дальнейшее снижение численности лососей и сокращение площади нерестилищ в этих реках по аналогии с р. Левтыринываям. Особенно заметное снижение численности лососей наблюдалось в 2008 г., когда рыбодобывающие предприятия в р. Вывенка остались практически без уловов, в то время как в соседних речных бассейнах такой ситуации не наблюдалось. Современная численность чавычи в водотоках в зоне техногенного воздействия в 5 раз ниже наблюдавшейся до начала отработки, а нерки и кеты — в 10 раз меньше. И только численность доминантного поколения горбуши нечетных лет в басс. р. Вывенки (за исключением р. Левтыринваям) близка к историческому максимуму. Зона техногенного заиления и замутнения, выносимого в р. Вывенку вместе со стоком рр. Левтыриныаям, Ветвей и руч. Ольхового, регистрировалась по аэровизуальным наблюдениям за шлейфами мутности на протяжении 120–150 км вплоть до впадения р. Вывенка в Беринго море.

*Река **Ага*** (длина 15 км) — правый приток р. Копылье, типичный горный лососевый водоток с порожисто-водопадным руслом, характеризуется значительным уклоном и быстрым течением. В верховьях р. Ага локализовано золотосеребряное месторождение «Агинское». В 1973–1994 гг. водоток подвергался воздействию геологоразведочных работ, с 2005 г. принимает сточные воды с Агинского ГОКа (в 12-ти км ниже от территории ГОКа впадает в р. Копылье, в 23-и км ниже — в р. Ича). Глубина воды в русле 0,2–1,0 м, скорость течения 1,0–2,5 м/с, ширина: в верховьях — 0,6–0,8 м, в среднем течении — 3,4–5,7 м, в устье — 6,5 м, площадь водосбора — 59,0 км^2. В р. Ага имеются нерестилища кижуча (*O. kisutch*) и гольцов (*S. malma*).

С 2006 г. р. Ага подвергается воздействию аварийных сбросов. Так, на хвостохранилище Агинского ГОКа в конце января–начале февраля 2006 г. произошла авария — разрушению подвергся основной конструктивный элемент хвостохранилища — полиэтиленовый противофильтрационный экран (геомембрана) на общей площади 17,3 тыс. м^2 (≈половина полезной площади хвостохранилища). Это создало условия для дальнейшего хронического неконтролируемого загрязнения дренажных вод и ухудшению качества воды. Аварийные сбросы также имели место в конце лета 2006 г. и привели к массовой гибели рыбы и других гидробионтов.

Результаты многолетних наблюдений за качеством воды р. Ага по гидрохимическим показателям (валового содержания 31–36 химических элементов) в пробах воды, отобранных в контрольном створе № 2 Агинского ГОКа, выявили картину ухудшения качества воды в р. Ага. Так, например, если в период 2005–2010 гг. индекс загрязнения воды (ИЗВ) в контрольном створе р. Ага изменялся в узких пределах от 0,61 до 0,86 (2-й класс качества — «чистые воды») с единичными учтенными выбросами (27.09.2006) — 1,26 (3 класс — умеренно загрязненные воды), то в 2011 г. значения ИЗВ изменялись уже в пределах от 1,87 (3 класс — умеренно загрязненные) до 5,35 (5 класс — грязные воды). В устье р. Ага показатель ИЗВ изменялся между 0,26 и 0,83 в 2005-2006 гг., что соответствовало 2 классу качества (чистые воды), в 2007 г. индекс ИЗВ увеличился до 1,21 (3 класс — умеренно загрязненные), в 2010 г. — до 5,74 (5 класс — грязные воды), а в 2011 г. составил от 2,95 (4 класс — загрязненные воды) до 6,07 (6 класс — очень грязные воды).

Заметное ухудшение качества воды по гидрохимическим показателям отмечено также и в р. Копылье в створе, расположенном 200 м ниже по течению от устья р. Ага. Если в 2005 г. показатель ИЗВ составил 0,49–0,73 (2-й класс — чистые воды), то в 2011 г. он увеличился до 1,57 (3 класс — умеренно грязные). И только в районе устья р. Элькевой (6,3 км ниже устья р. Ага) и в среднем течении р. Ича (61 км ниже устья р. Ага, 0,7 км ниже устья р. Шануч) за весь период наблюдений (в 2005 г. и 2011 г.) поверхностные воды в водотоках в период отбора проб соответствовали 2 кл. (чистые воды, ИЗВ = 0,37–0,83).

Результаты многолетних наблюдений за качеством воды р. Ага по гидробиологическим показателям (количественные и качественные характеристики макрозообентоса) подтверждают степень и масштабы воздействия Агинского ГОКа на водотоки в басс. р. Ича. Так, например, динамика в 1995–2011 гг. биомассы макрозообентоса р. Ага на контрольном створе № 2 Агинского ГОКа выявила картину 7–8-кратного сокращения биомассы сообщества беспозвоночных. В сентябре 2006 г. особенно катастрофически (почти в 100 раз) снизилась до 0,63 г/м^2 биомасса бентоса в р. Ага на контрольном створе № 2 Агинского ГОКа с фоновых значений 57,6 г/м^2 (август 2005 г.) (Чебанова, 2009) — что является следствием аварии на ГОКе, произошедшей в августе 2006 г. В 2007 г. на контрольном створе № 2 Агинско-

го ГОКа произошло некоторое восстановление биомассы до 12,35 г/м^2 (21% — от исходного уровня), но уже в последующие 3–4 года произошло дальнейшее постепенное сокращение биомассы и продукционных характеристик сообщества до 7,6–9,1 г/м^2 (13–16% — от исходного уровня).

Экологическое состояние (качество воды) в р. Ага за период исследований (1995–2011 гг.) по оценке зообентосного сообщества изменилось от «чистого» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,03–0,1) до «загрязненного» и «грязного» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,66–0,7). А в р. Копылье за тот же период (1995–2011 гг.) в зависимости от степени загрязнения водотока качество воды по гидробиологическим показателям изменялось с фонового «чистого» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,02–0,1) до «условно чистого», «слабо загрязненного» и «загрязненного» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,22–0,6). Массовое развитие олигохет и их высокая доля в сообществе в отдельные годы указывает на то, что рр. Ага и Копылье в зоне воздействия переходили в категорию загрязненных водотоков в β-а-мезосапробной зоны.

Индекс EPT — наиболее чувствительной к загрязнению группы организмов — в р. Ага за период исследований (1995–2011 гг.) неоднократно снижался с фоновых 0,16–0,37 до значений 0,01–0,07. В р. Копылье в 200 м ниже устья р. Ага за период исследований этот показатель снизился с фонового показателя 0,6 в 1995 г. до 0,04 в 2005 г. и 0,22 в 2011 г.

Таким образом, имеющиеся данные, по водотокам расположенным ниже по течению от Агинского ГОКа, указывают на существенное ухудшение экологической обстановки, углубляющуюся и расширяющуюся год от года техногенную нагрузку на водные экосистемы в басс. р. Ича. Современное экологическое состояние (качество воды) по гидрохимическим показателям р. Ага изменяется от «загрязненного» до «очень загрязненного», что подтверждается и гидробиологическими показателями — от «загрязненного» до «грязного». В р. Копылье на участке, расположенном ниже по течению от устья р. Ага до устья р. Элкевая современное экологическое состояние (качество воды) изменяется в пределах от «умеренно грязного» до «грязного». Отсутствие техногенного воздействия по оценкам состояния макрозообентоса регистрируется только в 22 км ниже Агинского ГОКа — на приустьевом участке р. Копылье (1 км выше впадения в р. Ича). Складывающаяся ситуация позволяет прогнозировать, что с течением времени кумулятивный эффект от техногенного воздействия будет продолжать нарастать, и в перспективе имеется риск его проявления на бассейновом уровне.

Нерестовые водные объекты *Елизовского района и г. Петропавловска-Камчатского.* В таблице 3 обобщены данные собственных наблюдений за экологическим состоянием водотоков и водоемов, находящихся в черте застроек населенных пунктов Елизовского района и г. Петропавловска-Камчатского. Важность данных водных объектов, заключается в возможности частичного или полного восстановления их прежнего рыбохозяйственного (нерестового) значения для тихоокеанских лососей, а также их использования в рекреационных, эколого-просветительских и культурных целях. Все эти водные объекты в настоящее время потеряли статус воспроизводства для тихоокеанских лососей вследствие изменения гидрологического режима, неконтролируемого загрязнения сточными водами, трансформирования водосборов, браконьерства и других факторов воздействия.

Другие нерестовые реки Камчатки и Корякского нагорья. В таблице 4 обобщены и представлены сведения А.Г. Остроумова за период аэровизуальных наблюдений с 1957 по 1995 гг. по водотокам, которые в результате хозяйственной деятельности оказались полностью или частично исключены из процессов естественного воспроизводства лососевых ресурсов, в которых произошла деградация лососевых популяций, их нерестового фонда и среды обитания. Таким образом, общий список рек Камчатки с пострадавшим нерестовым фондом включает в себя более 20-ти малых, средних и крупных рек. Общие потери нерестилищ к настоящему времени составляют около 450–750 га, или ≈1,5–2,0% нерестового фонда лососей Камчатского края.

Заключение

Отсутствие регулярной системы наблюдений и полноценного контроля за экологическим состоянием водных объектов, скоординированных усилий различных ведомств по предупреждению деградации среды обитания лососевых рыб, значительное усиление и увеличение объемов добычи природных ископаемых на Камчатке, приводит к тому, что на данный момент в регионе только начато формирование путей решения экологических проблем лососевых рек и озер, подверженных значительному антропогенному воздействию.

Таблица 3. Оценка состояния нерестовых водотоков и водоемов Елизовского района и г. Петропавловска-Камчатского с высокой степенью антропогенной нагрузки, которая стала причиной исчезновения в них лососей, деградации нерестового фонда и среды обитания, частичного или полного исключения рек из процессов естественного воспроизводства лососевых ресурсов (собственные наблюдения).

Водоток / его длина, км / бассейн	Характер антропогенного воздействия, его последствия для лососевых популяций, их нерестового фонда и среды обитания
Руч. б/н / 16 / Мутная-1 (Авача)	Экологическое состояние в нижнем течении по составу зообентоса соответствует «условно чистому» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,32). Руч. нерестовый для горбуши, кеты, кижуча и гольцов, но рыбохозяйственный статус снизился, т.к. из состава ихтиофауны исчезли тихоокеанские лососи, нерест которых в последние годы не наблюдается. Ихтиоценоз ручья выше и ниже трассы магистрального газопровода в настоящее время состоит только из жилой формы гольцов S. malma, размеры которых при многолетнем обследовании ручья, были от 2,1 см (сеголетки) до 15,0 см (половозрелые особи). Отсутствие тихоокеанских лососей является результатом браконьерства, нарушением миграционных путей с 2006 г. кульвертом вдольтрассового проезда магистрального газопровода. До строительства кульверта наблюдался нерест немногочисленных производителей кижуча, в первые годы после строительства (2006–2008 гг.) ниже кульверта наблюдались несколько особей кижуча, которые не имели возможности пройти через кульверт. В связи с невозможностью прохода производителей кижуча на нерестилища, которые сохранились только в верхнем течении, в настоящее время нерест кижуча прекратился. Нерест горбуши и кеты в р. Мутная-1 и её притоках прекратился намного раньше — в конце 80-х – начале 90-х гг.
Руч. Хуторской / 10 / Авача	В нижнем течении и в устье экологическое состояние водотока по гидробиологическим показателям оценивается как «чистое» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,04). Ихтиоценоз ручья ниже автодорожного кульверта состоит из тихоокеанских лососей и гольцов — кижуча и мальмы: возраст кижуча — 0+ и 1+, мальмы — 1+–2+, плотность населения которых в июне 2012 г. достигала 20 экз./м^2 (процентное соотношение соответственно 5 и 95%). Выше кульверта ихтиоценоз состоит исключительно из гольцов жилой формы при плотности населения 1–2 экз./м^2. В устье ручья ихтиоценоз состоит из кижуча и мальмы (в соотношении 20 и 80%): возраст кижуча — 1+, мальмы — 0+–2+, при плотности населения 10–15 экз./м^2.
Руч. Канонерский / 8 / Авача	Гидрологический режим сильно нарушен. В верхнем течении (протяженность около 3 км) отведен из естественного русла в сеть агромелиоративных каналов (в обход взлетно-посадочной полосы аэропорта г. Елизово). В среднем течении установлен кульверт с полностью затопленными отверстиями. Основное обследование ручья проведено в нижнем течении (на участке 2,5 км от устья) вблизи 2-х рыбоперерабатывающих предприятий (1,5–1,6 км от устья), которые являются основными загрязнителями водотока. Органолептические свойства воды на этом участке соответствуют сильнозагрязненным сточным водам — имеют зловонный запах, черно-синюю окраску и высокую мутность. Сообщество беспозвоночных (зообентос) на участке 1,5 км от устья полностью отсутствует. Донные гидробионты встречаются в грунте только на расстоянии 1,6 км от устья ручья и выше. В бентосных пробах иногда встречаются мухи-журчалки из семейства Syrphidae. Личинки этих мух являются сапрофагами и обитают по берегам или в прибрежье, в богатых органикой средах и способны выживать при крайне низком содержании кислорода, т. е. в заморных водоёмах. В 2011 г. в период весенне-летнего половодья в ручье в 450 м от устья на поверхности воды наблюдались несколько экземпляров колюшки трехиглой, ориентация и движения которых были нарушены — рыбы задыхались и хватали кислород с поверхности. Гидрохимические анализы воды по основным показателям показывают значительное превышение над рыбохозяйственными нормативами качества воды: по аммонию — до 26 раз, по фосфатам — до 33 раз, по железу — до 113 раз. Отмечается также крайне низкая концентрация кислорода в воде — 0,9–2,4 мг/л, или 8–22 % от насыщения, и крайне высокое его биологическое потребление (значения БПК5 в июле 2012 г. составляли от 88,0 до 108,4, при нормативных значениях 2,0–3,0). ИЗВ на участке 1,5 км от устья руч. Канонерского изменялся в узких пределах от 23,6 до 27,9 и соответствовали последнему 7-му классу качества — «чрезвычайно грязные воды». Экологическое состояние ручья по гидробиологическим показателям соответствует также «очень грязному». До загрязнения ручей являлся местом массового нагула молоди тихоокеанских лососей, которые заходили в водоток из основного русла р. Авача. К настоящему времени руч. Канонерский как нагульный лососевый водоток уничтожен, а сточные воды, поступающие из ручья в р. Авача, оказывают негативное воздействие на её водную биоту и способствуют ухудшению экологического состояния бассейна реки.

Продолжение таблицы 3

Водоток / его длина, км / бассейн	Характер антропогенного воздействия, его последствия для лососевых популяций, их нерестового фонда и среды обитания
Руч. Кабан / <10 / Авачинская губа	Впадает в бух. Раковая Авачинской губы (микрорайон ЖБФ–Капай г. Петропавловска-Камчатского). Гидрологический режим ручья ещё в 1960-х гг. был благоприятным для нереста и нагула лососевых рыб. В связи с последующим строительством гидротехнических (дамб, кульвертов, канализирования естественного русла) и водозаборных сооружений к настоящему времени гидрологический режим ручья сильно нарушен, а единственным представителем ихтиофауны в верхнем и среднем течении являются жилые формы гольцов от 2,7 см (сеголетки) до 16,0 см (половозрелые особи). Более ранние рыбохозяйственные сведения отсутствуют. Фауна беспозвоночных представлена преимущественно малощетинковыми червями, которые доминируют по численности и биомассе. Численность олигохет в 2009 г. составляла 1 351,8 тыс. экз./м^2 (99,6% от общей численности зообентоса), в 2010 г. — 1 066,7 тыс. экз./м^2 (93,0%), а масса, соответственно, 698,2 и 533,3 г/м^2 (99,5 и 93,2%). В 2011 г. были проведены работы по очистке русла, кульвертов и прибрежья от твердых бытовых отходов. До расчистки кульверты были почти полностью погребены мусором, и русло ручья перед ними представляло запруду с очень слабым течением. После расчистки кульвертов проточность водотока увеличилась, но состав гидробионтов в 2012 г. по сравнению с предыдущими годами изменился незначительно (доминирование малощетинковых червей сохранилось — 95,8% по численности, 84,8% по биомассе), но резко сократилось их обилие — численность уменьшилась в 42–45 раз, биомасса — в 37–45 раз. Экологическое состояние ручья (качество воды) в нижнем течении соответствует «очень грязному» ($N_{ol}/N_{общ}$ = 0,96–1,0). Очень высокая численность в донных сообществах малощетинковых червей и низкая численность других ее представителей характеризует экологическое состояние ручья в нижнем течении как тяжелое, соответствующее полисапробной зоне. Отсутствие ихтиофауны здесь также подтверждает крайне высокую загрязненность. Обеднение состава зообентосного сообщества в нижнем течении ручья и отсутствие ихтиоценоза являются следствием обильного поступления загрязнений органического происхождения и нарушения путей миграций рыб. Ухудшение экологического состояния ручья усугубляется снижением водности и проточности ручья в связи с забором воды на нужды технологического водоснабжения ТЭЦ-1. Кроме того, в результате проведенного в мае–июне 2012 г. строительства межпоселкового газопровода от ТЭЦ-2 до ТЭЦ-1 и, как следствие, активизации процессов эрозии на нарушенных и нерекультивированных прибрежных территориях и крутых (до 60°) склонах Петровской сопки — ручей подвергся дополнительному загрязнению строительным грунтом и техногенной взвесью.
Руч. Крутоберёга / 11 / Авачинская губа	Руч. нерестовый для горбуши, кеты, кижуча и гольцов, но рыбохозяйственный статус водотока существенно снизился, т.к. из состава ихтиофауны в результате антропогенного воздействия исчезли горбуша и кижуч, нерест и нагул которых в последние годы в ручье не наблюдается. В среднем течении водоток относительно чистый – экологическое состояние по оценке зообентосного сообщества в 2009–2012 гг. соответствовало «слабому загрязнению». Признаки загрязнения выражены в стойком заилении и заметном уплотнении грунтов донных отложений в результате заполнения мелкими фракциями межгалечникового пространства. Представителями ихтиофауны здесь являются исключительно малочисленные (менее 0,5 экз./м^2) жилые гольцы. Проходные гольцы и тихоокеанские лососи в верхнем и среднем течении полностью исчезли, что связано с нарушением путей миграций кульвертами 2-х автомобильных дорог. В нижнем течении в 2009–2010 гг. ихтиоценоз отсутствовал, обитателями донных биотопов были в основном малощетинковые черви, экологическое состояние (качество воды) соответствовало «очень грязному» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,89–0,95), что обусловлено сбросом сточных вод с Пионерского сельского поселения. В 2012 г. экологическое состояние ручья в этом месте заметно улучшилось и соответствует «чистому» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,08), что связано с временным прекращением сброса сточных вод. Произошло резкое снижение доли малощетинковых червей (от 88,9 до 8,4% по численности и от 76,3 до 1,8% по биомассе) и, соответственно, произошло увеличение доли других донных беспозвоночных — комаров-звонцов (от 7,2 до 57,7% по численности и от 12,9 до 87,2% по биомассе). В составе зообентоса появились такие насекомые как Simuliidae, Plecoptera, Trichoptera — обитатели чистых вод, которые ранее в данных сообществах не встречались. Кроме того, резко снизилось обилие зообентоса — численность уменьшилась с 108,8 тыс. экз./м^2 до 32,9 тыс. экз./м^2. Подтверждением улучшения экологического состояния водотока в насто-

Продолжение таблицы 3

Водоток / его длина, км / бассейн	Характер антропогенного воздействия, его последствия для лососевых популяций, их нерестового фонда и среды обитания
	ящее время является обнаружение при неводных обловах молоди гольцов (S. malma) и тихоокеанских лососей (кета O. keta). Плотность населения ихтиоценоза в 2012 г. составила 1,5 экз./м^2. Размерно-весовые показатели двух отловленных сеголеток кеты равнялись, соответственно 5,4 и 6,2 см и 1,9 и 2,9 г. Пища в их желудках состояла из насекомых на разных стадиях развития (84,5% по массе) и малощетинковых червей (15,5%). Среди насекомых преобладали комары-звонцы (80,2%) на стадии куколки (46,1%). Интенсивность питания характеризовалась высокими показателям, индексы наполнения были в пределах 226,6–316,4‰. Таким образом, в настоящее время в связи с прекращением сброса сточных вод в нижнем течении начался процесс самовосстановления водотока — в ручье вновь появилась молодь тихоокеанских лососей, что указывает на возобновление (возможно пока эпизодических) заходов производителей в ручей на нерест. В случае реабилитации (рекультивации) водотока, а также восстановления нарушенных путей миграций и реакклиматизации (выпуску молоди лососей в ручей) в ручье могут быть заново восстановлены популяции тихоокеанских лососей.
Оз. Халактырское/ - / Кирпичная-Халактырка	Близость г. Петропавловска-Камчатского определяет большое количество органических взвесей в воде, а зимой — резкий дефицит кислорода в нижних слоях озера (Куренков, 2005). В акваторию поступают загрязненные воды с окружающих территорий, застроенных городскими постройками, с сельскохозяйственных угодий совхоза «Петропавловский». Значительное количество загрязнителей в озеро вносятся вместе со стоком р. Кирпичная-Халактырка: в верхнем течении через русло реки в 2009 г. построена и до сих пор нерекультивирована трасса межпоселкового газопровода от АГРС-2 до ТЭЦ-2; ниже по течению загрязнители вносятся с городских территорий (со строительных площадок новых жилых микрорайонов и водовыпусков канализационных коллекторов и перекачивающих станций хозяйственно бытовых сточных вод). Озеро также подвергается тепловому загрязнению сбросами циркуляционной воды с ТЭЦ-2 (в южной части озера функционирует водозабор и сбросной канал с несколькими водовыпусками). В донных сообществах литоральной зоны озера в его юго-западной части состав организмов представлен несколькими группами организмов, достигающих очень высокой численности (168,9–171,3 тыс. экз./м^2). Основными его компонентами являются малощетинковые черви и комары-звонцы (соответственно, 42,4–45,4 и 32,5–38,4% по численности, 7,0–13,3 и 64,6–88,7% по биомассе). В глубоководных биотопах, на глубине около 7 м, единственными обитателями остаются лишь малощетинковые черви, численность и биомасса которых довольно низкая (2,1 тыс. экз./м^2, 1,0 г/м^2). Экологическое состояние (качество воды) по оценке зообентосного сообщества в литоральной зоне соответствует «слабо загрязненному» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 0,42-0,45), а в профундали — «очень грязному» ($N_{ol}/N_{общ.}$ = 1,0).
Оз. Култучное / - / Авачинская губа	Длина озера — 815 м, ширина — 283 м, глубина — 7 м, толщина ила — 3 м (измерения сделаны в 2009 г.). С Авачинской губой озеро сообщается протокой длиной 120, шириной 0,5–1,2 м в русле которой под дорогой установлен арочный бетонированный кульверт. Площадь озера в связи с расширением города сокращалась во второй половине XX века на 70% (засыпано привозным грунтом). Имело высокое рыбохозяйственное значение, так как в него заходили на нерест кижуч (*O. kisutch*), голец (*S. malma*) и корюшка азиатская (*O. mordax dentex*). Основные нерестилища кижуча располагались в северной части озера в районе современного стадиона «Спартак», где ранее существовали, а позднее были засыпаны, ключи, которые горожане называли «родниковое поле». В настоящее время состав ихтиофауны представлен трехиглой колюшкой Gasterosteus aculeatus проходной морфы (trachurus), девятиглой колюшкой *Pungitius pungitius* жилой морфы (leiurus), корюшкой азиатской (эпизодически) и интродуцированным видом — серебряным карасем (*C. auratus gibelio*). Постоянное и многолетнее воздействие в разных проявлениях на экосистему озера способствовало постепенному ухудшению гидрологического режима и изменению трофического статуса водоема. Озерные воды подвергаются загрязнению стоками с дорог и прилегающих территорий, особенно интенсивный в период таяния снега, несанкционированные сбросы через канализационные трубы, выведенные в акваторию озера со стороны перекачивающей станции у стадиона «Спартак». Загрязнения разного уровня приводят к прогрессирующей эвтрофикации гидросистемы, накоплению химических токсикантов в разных средах, снижению биопродуктивности. Местами наблюдается полная или частичная дегра-

Продолжение таблицы 3

Водоток / его длина, км / бассейн	Характер антропогенного воздействия, его последствия для лососевых популяций, их нерестового фонда и среды обитания
–/–	дации озерной экосистемы. По состоянию зообентосных сообществ экологическая обстановка (качество воды) на большей акватории озера соответствует «грязному» и «очень грязному» ($N_{ol}/N_{общ.}$=0,83–1,0). Это касается не только глубоководных, но и мелководных биотопов. По величине сапробности озеро является полисапробным, лишь некоторые участки, расположенные в западном районе озера (их два — юго-западный и протока) являются более чистыми (β-а-мезоспаробными).

Таблица 4. Оценка состояния нерестовых рек Камчатки и Корякского нагорья с высокой степенью антропогенной нагрузки, которая стала причиной исчезновения в них лососей, деградации нерестового фонда и среды обитания, частичного или полного исключения рек из процессов естественного воспроизводства лососевых ресурсов (Остроумов, 1995, 1998, 1999).

Водоток / его длина, км / бассейн	Характер антропогенного воздействия, его последствия для лососевых популяций, их нерестового фонда и среды обитания
Гольцовка (Дальняя Гольцовка) / 69 / Большая	Нерестилища верхнего и среднего течения в результате геологоразведочных работ 1960–1970-х гг. на россыпное золото были полностью выведены из строя, и только в конце 1980-х гг. лососи вновь в небольших количествах стали появляться на этих нерестилищах
Камешкова (Обещанная) /18/ Большая	В результате добычи золота методом промывки аллювия гидромониторами река на долгие годы полностью потеряла нерестовое значение. Ранее река являлась местом нереста чавычи, горбуши, кеты и кижуча
Большая / 275 / Охотское море	В результате агромелиорации произошла деградация нерестового фонда верхней (от р. Поперечной до оз. Начикинского) части бассейна р. Плотникова (один из 2-х наиболее крупных притоков р. Большая). С учетом потерь нерестилищ в результате геологоразведочных и добычных работ в рр. Гольцовка и Камешкова потери нерестового фонда по басс. р. Большой составляют 80 га для ранних рас и 3 га для поздних рас лососей.
Котельная / 14 / Авачинский залив	По причине браконьерства популяции нерки, горбуши, кеты и кижуча за последние 25–30 лет полностью исчезли или критически снизили численность.
Сухая Речка / 30 / Авачинский залив	В результате строительства мелиоративных каналов в нижнем и среднем течении, размещения на водосборе населенных пунктов, воинских частей и полигонов ТБО, за последние 25–30 лет катастрофически снизилась численность или полностью исчезли популяции нерки, горбуши, кеты и кижуча.
Таёнка, Половинка / 16, 16 / Авачинский залив	По причине строительства мелиоративных каналов в нижнем и среднем течении, размещения на водосборе населенных пунктов, воинских частей и полигонов ТБО, за последние 25–30 лет катастрофически снизилась численность или полностью исчезли популяции нерки, горбуши, кеты и кижуча.
Без названия / 11 / Авачинская бухта	Под влиянием антропогенных факторов (расположен в черте г. Петропавловска-Камчатского) популяции горбуши, кеты и кижуча оказались полностью уничтожены.
Каменистый и Сумный / 14 и 12 / Авача	После завершения работ по добыче россыпного золота методом промывки аллювия гидромониторами в 1975–1980 гг. старательской артелью комбината «Приморзолото», долины ручьев превратились в «долины перемытых отвалов», а заходы горбуши, кеты и кижуча на нерест полностью прекратились. Общий объем перемытой горной породы в отвалах в долинах ручьев составляет от сотен тысяч до миллиона тонн, нарушены десятки га водосборной территории. Во время добычи строились временные дамбы и плотины, руслоотводы, перемытый аллювий смывался в водотоки, сильнейшему заилению на десятки километров подверглись нижележащие водотоки. В 1970-е гг. на предгорной равнине начались агромелиоративные работы, в результате которых воды руч. Каменистого были направлены в мелиоративную сеть и заключены в водопропускные трубы. После завершения горнодобывающих и агромелиоративных работ гидрологический режим ручьев оказался серьезно нарушен. Как показали наблюдения в 2002 и 2010 гг., экосистемы ручьев до сих пор не восстановились до состояния приемлемого для нереста лососей и массового нагула молоди. Прежде всего, это связано с необратимым изменением гидрологического режима и качества донных отложений.
Старо-Корякская / 19 / Авача	Вследствие браконьерства и других видов антропогенного воздействия река утратила нерестовое значение. Ранее наблюдался нерест кеты и кижуча.

Продолжение таблицы 4

Водоток / его длина, км / бассейн	Характер антропогенного воздействия, его последствия для лососевых популяций, их нерестового фонда и среды обитания
Тихая / 13 / Паратунка	В результате распашки водосбора почти полностью потеряли нерестовое значение Николаевские Ключи, которые имели огромное значение для воспроизводства позднего кижуча Авачинской губы. Из-за истощения грунтового питания нерестилищ, а также из-за заиления, нерестовые площади сократились в 20 раз. Количество заходящих на нерест производителей позднего кижуча снизилось в 60–80 раз. Помимо кижуча в реке нерестилась кета.
Итомчик / 32 / Удова	В результате антропогенного воздействия (источник и характер не описываются) в значительной степени утратила нерестовое значение. Река являлась местом нереста нерки, горбуши, кеты и кижуча.
Домашняя / 19 / Удова	В результате геологоразведочных работ на золото и браконьерства нерестилища лососей выведены из строя, заходы лососей в реку на нерест прекратились.
Капитанская / 26 / Облуковина	В результате геологоразведочных работ на золото и браконьерства нерестилища лососей выведены из строя, заходы лососей в реку на нерест прекратились.
Кондырева / 188 / Пенжина	В связи с разработкой россыпного золота методом промывки аллювия гидромониторами в верховьях р. Кондырева, а также в верховьях р. Ушканья и в правом (без названия) притоке р. Кондыревой, речные долины в пределах коренных берегов в пределах многокилометровых добычных участков полностью уничтожены. Техногенные взвеси от истоков правого притока р. Кондыревой распространялись вниз по течению на 200 км. Достоверных сведений о заходах лососей ни в годы, предшествовавшие разработке, ни в последующие годы, нет.
Камчатка / 758 / Камчатский залив	В результате сельскохозяйственной деятельности в Мильковском районе полностью потеряли нерестовое значение притоки р. Камчатки — рр. Берш, Черебокош, Денохонок. В Усть-Камчатском районе оказались уничтоженными нерестилища в оз. Домашнем-Козыревском, протоке Домашней, р. Рыборазводной. В оз. Белое, протоку Крекалу и р. Солдатскую лососи практически перестали заходить. На 30% сократились нерестовые площади в оз. Ушковском. Существенно сократился нерестовый фонд притоков оз. Нерпичьего — рр. Таловая, 1-я, 2-я и 3-я Ольховые, Беспутная. Всего выведено из строя 146 га нерестилищ ранних рас лососей и 90 га поздних, или 3 и 7% (в сумме 10%) нерестового фонда лососей р. Камчатки.
Басс. р. Авача	Под влиянием антропогенного пресса выведено из строя 75 га нерестилищ ранних рас лососей и 21 га поздних. Ранние расы утратили 23%, а поздние 25% нерестовых площадей р. Авачи (в сумме — 48% нерестового фонда реки).

Необходимо разработать действенную систему экологического контроля и мониторинга в районах развития промышленных производств, оказывающих наибольшее воздействие на водные экосистемы, на территории Камчатского края. Наиболее полно такой экологический контроль и мониторинг должен предъявляться к объектам горнодобывающей промышленности.

Хозяйственная и производственная деятельность на территории Камчатского края необходимо вести с учетом интересов долгосрочного устойчивого развития и сохранения биоресурсной базы рыболовства, в частности лососевого промысла. Экологическое состояние утраченных и находящихся в различной стадии деградации лососевых нерестовых водных объектов полуострова Камчатка указывает на необходимость принятия решений о сбалансированном развитии хозяйственного комплекса Камчатки с приоритетом тех отраслей, которые оказывают минимальное воздействие воздействие на экосистемы лососевых рек.

Список литературы

Биоиндикация экологического состояния равнинных рек. 2007. / Под ред. О.В. Бухарина, Г.С. Розенберга, М.: Наука, 403 с.

Введенская Т.Л. 2011. Река Кирпичная-Халактырка (Камчатка), исследованная В.Я. Леванидовым: современное экологическое состояние // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 5. Владивосток: Дальнаука. С. 86–91.

Введенская Т.Л., Уматов А.В. 2010. Оценка состояния речных донных биоценозов в реках Морошечная, Сопочная и Рассошина (северо-запад Камчатки) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. № 17. С.12–23.

Введенская Т.Л., Коваль О.О., Логачев А.Р., Уматов А.В. 2012. Оценка воздействия хозяйственной деятельности на водные биоресурсы и эколого-рыбохозяйственные исследования // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. № 25. С. 208–218.

Вронский В.А. 1999. Экология: словарь-справочник. Ростов-на-Дону, 153 с.

Куренков И.И. 2005. Зоопланктон озёр Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 178 с.

Остроумов А.Г. 1995. Отчет о НИР: «Нерестовый фонд лососей Камчатской области». Петропавловск-Камчатский, КамчатНИРО, 92 с.

Остроумов А.Г. 1998. Отчет о НИР: «Нерестовое значение рек и озер Камчатской области и Корякского автономного округа (Восточное побережье)». Петропавловск-Камчатский, КамчатНИРО, 145 с.

Остроумов А.Г. 1999. Отчет о НИР: «Нерестовое значение рек и озер Камчатской области и Корякского автономного округа (Западное побережье)». Петропавловск-Камчатский, КамчатНИРО, 121 с.

Реймерс Н.Ф. 1990. Природопользование. М.: изд-во «Мысль», 109 с.

Чалов С.Р., Чебанова В.В., Леман В.Н., Песков К.А. 2005. Техногенные изменения русла малой лососевой реки и их влияние на сообщество макрозообентоса и лососевых рыб (юго-восточные отроги Корякского нагорья) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука. С. 36–48.

Чебанова В.В. 2009. Бентос лососевых рек Камчатки. М.: Изд-во ВНИРО, 172 с.

Шубина В.Н. 2006. Бентос лососевых рек Урала и Тимана. С.-Пб.: Наука, 400 с.

Goodnight C.J. and Whitley L. 1961. Oligochaetes as indicators of pollution // Proc. 15th Ind. Waste Conf. Pardue Univ. Ext. Ser. 106. P. 139–142.

УДК 551.463.6

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КЛИМАТА ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ

Хен Г.В., Басюк Е.О., Устинова Е.И., Фигуркин А.Л.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: gennady1@tinro.ru

Введение

Климат и его изменения являются важными факторами, влияющими на функционирование экосистемы морей и океанов, и их изучению посвящены достаточно много работ в России и за рубежом. Из них можно сделать один важный вывод: циклы климатических изменений нестационарные. С начала 20 века в северной части Тихого океана были зафиксированы последовательные изменения климата в 1925, 1947, 1976 (Minobe, 1997), а также в конце 1980-х и в конце 1990-х гг. (Overland et al., 2008; Котенев, Родионов, 2009). Таким образом продолжительность климатических режимов от 25 до 35 лет до 1980 г и приблизительно 10 лет в последние 30 лет. Более частая смена режимов происходила на фоне резкого потепления климата земли в конце 20 века (Trenberth et al., 2007).

Климат дальневосточных морей имеет как общие, так и свои региональные черты, связанные с особенностями расположения центров действий атмосферы, главным образом Сибирского максимума и Алеутской депрессии зимой и Дальневосточной депрессии и Гавайского максимума летом. Для всех морей характерны муссоны, наиболее ярко выраженные над Японским морем и менее развитые в Беринговом море (Глебова и др., 2009). Общим для всех морей является нелинейный характер колебания температуры воды на поверхности (Хен, Сорокин, 2008). Во второй половине 20 века среднегодовая температура во всех трех морях вначале уменьшалась, а затем повышалась. Переломными годами явились: для Берингова моря — 1977 г., Охотского моря — 1984 г., Японского моря — 1981 г., для северо-западной части Тихого океана (СЗТО) — 1986 г.

Для дальневосточных морей России одним из основных индикаторов крупномасштабных изменений является площадь ледяного покрова, которая служит своего рода «естественным интегратором» и ха-

рактеризует термическое состояние деятельного слоя не только в холодную половину года, но и в теплое полугодие, оказывая влияние на формирование и трансформацию холодного промежуточного слоя (ХПС). Кроме того, начало весеннего цветения, сезонная и межгодовая динамика зоопланктона, сезонные миграции рыбных объектов и другие важные экологические процессы тесно связаны с изменчивостью ледяного покрова. Современное состояние и последние изменения ледовитости дальневосточных морей характеризуются следующими чертами. Наиболее значимое снижение ледовитости за 50 лет наблюдений произошло в Охотском море (Ustinova et al., 2011a), в Беринговом море направление тренда в последнее годы изменилось в сторону увеличения ледяного покрова, а в Японском море значимый тренд не обнаружен (Ustinova et al., 2004).

В данной работе будут рассмотрены особенности изменений термических условий в период с 1950 по 2011 гг. не только на поверхности, но и в промежуточных слоях, где обитают и воспроизводятся многие промысловые объекты. Основное внимание уделяется Охотскому и Берингову морям, наиболее продуктивным для отечественного рыбного промысла. Дается оценка термических условий последних лет и возможного его развития в последующем.

Материал и методика

При анализе океанологических использовалась база океанологических данных (БОД) ТИНРО-Центра. Она постоянно пополняется за счет ежегодных наблюдений, производимых в комплексных экспедициях по изучению условий обитания и биологических ресурсов эпипелагиали, а также минтая и других рыб на шельфе и континентальном склоне дальневосточных морей и СЗТО. По этим данным для теплого полугодия были рассчитаны средние температуры на горизонтах 0, 50, 100, 200, 500 и 800 м в западной части Берингова моря и восточной глубоководной части Охотского моря (рис. 1А), соответствующие областям Климатического Атласа морей северной части Тихого океана (Luchin et al., 2001). Атлас охватывает период с 1950 по 2004 гг., а наши расчеты начинаются со второй половины1980-х гг. для Берингова моря и начала 1970-х гг. для Охотского моря по настоящее время.

В качестве основного материала по ледовитости за период с 1957 по 1991 г. использованы данные регулярных авианаблюдений, выполнявшихся подразделениями Гидрометслужбы. Этот уникальный и достаточно качественный климатический материал был в свое время передан в ТИНРО по договору. После прекращения этих наблюдений с начала 90-х гг. все последующие ледовые карты были составлены на основе факсимильной информации японского метеорологического агентства (JMA) и спутниковых данных, получаемых из сайта Национального ледового центра США NIC (National Ice Center) — http://www.natice.noaa.gov/. Эти виды информации имеют определенную субъективность, так как зависят от человеческого фактора. Естественно, при объединении данных, полученных по разным наблюдениям, возникает вопрос о климатологической однородности

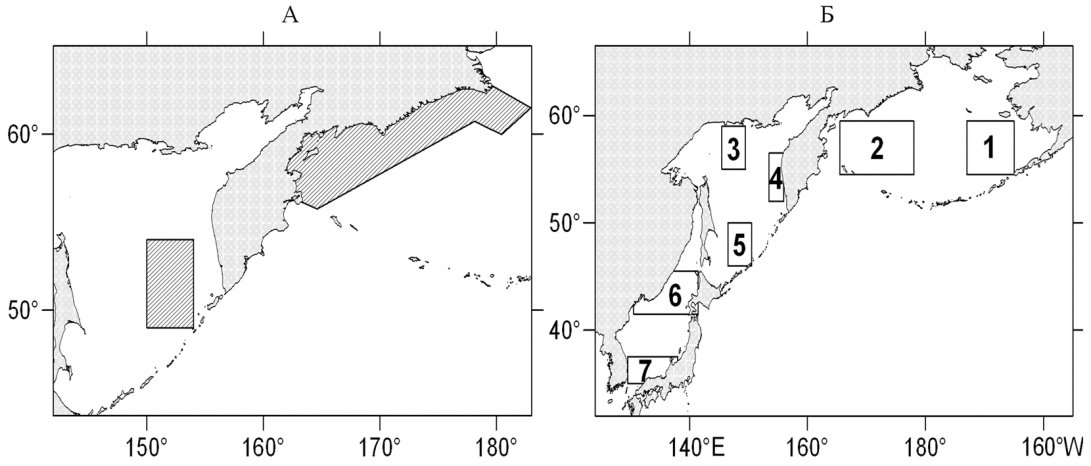


Рис. 1. Области дальневосточных морей, для которых производились расчеты температуры воды по горизонтам для теплого полугодия (А) и средних температур на поверхности для весны и лета (Б). 1 и 2 — запад и восток Берингова моря; 3, 4 и 5 — север, восток (западно-камчатский шельф) и юг Охотского моря; 6 и 7 — север и юг Японского моря

ряда. Однако стандартными статистическими методами нам не удалось обнаружить неоднородности рядов при переходе от одного вида данных к другому.

Для исследования изменчивости температура воды на поверхности (ТПО) послужили ежемесячные данные JMA с пространственным разрешением 1x1° (с 1950 г. по 2011 г. Эти данные были получены нами в рамках международного проекта NEAR-GOOS с сайта http://goos.kishou.go.jp/rrtdb/usr/pub/JMA/cobesst/ в режиме онлайн. Расчеты температуры производились для отдельных областей дальневосточных морей (рис. 1Б). В данной работе представлены весенние и летние температуры, как наиболее информативные для характеристики репродукционных областей.

Для анализа взаимосвязи колебаний термического режима ДВ морей с глобальными и тихоокеанскими процессами привлекались широко используемые во всем мире климатические индексы. Это индекс Арктической осцилляции (Arctic Oscillation, AO), индекс Алеутской депрессии (Aleutian Low Pressure, AL), индекс Сибирского максимума (Siberian High Pressure, SH), индексы Тихоокеанской десятилетней осцилляции (Pacific Decadal Oscillation, PDO).

Длительные временные ряды данных об этих климатических индексах, были получены из сайтов: http://www.beringclimate.noaa.gov.

Результаты и обсуждение

Изменчивость термического режима на поверхности дальневосточных морей

Основной особенностью изменений термического режима поверхностных вод дальневосточных морей с 1950 г. является преобладание положительных линейных трендов аномалий ТПО во все сезоны года (рис. 2). Весной во всех рассматриваемых районах наблюдаются значимые тренды на потепление: в Беринговом море около 0,1°С/10 лет, в Охотском море и северной части Японского — 0,2°С/10 лет. Летом вклад многолетнего тренда в общую изменчивость ТПО существенно меньше, чем в остальные сезоны, а осенью вновь увеличивается до весенних величин и скорость потепления составляет 0,15–0,20 °С/10 лет.

На фоне общего потепления следует отметить непродолжительное похолодание в первой половине 1970-х гг. в Беринговом море и во второй половине данного десятилетия в Охотском море. В Японском море похолодание было менее заметным, но более продолжительным — с середины 1970-х гг. до конца 1980-х гг. На рисунке 2 хорошо заметно кратковременное похолодание в Беринговом и Охотском морях на стыке двух тысячелетий, точнее, с 1998 по 2002 гг. Весной аномалии составили в западной части Берингова море -0,5; -0,8 °С, а в Охотском море до — 1,0°С, что на уровне экстремально низких величин за период с 1950 по настоящее время. Летние аномалии были на уровне минус 1,0 °С в Беринговом море и -1,5; -2,0°С в Охотском море. Похолодание на стыке веков стало масштабным событием в дальневосточных морях, охватившим широкий спектр термодинамических характеристик. Было отмечено увеличение площади ледяного покрова (Хен и др., 2004), усиление зимней конвекции в Охотском море и охлаждение нижней части деятельного слоя (Фигуркин и др. 2008). Резкие колебания температуры 1970-х гг. совпадают с изменениями в PDO и AO (Minobe, 1997; Stabeno & Overland, 2001), а на рубеже столетий с изменением Эль-Ниньо Южная осцилляция (ENSO) и второй моды ЕОФ температуры воды на поверхности северной Пацифики (Victoria pattern, Overland et al., 2008), т. е. они имеют глобальные причины.

Надо отметить, что в последнее десятилетие наблюдается очередное понижение температуры, особенно заметное в Японском и Беринговом морях, где ее аномалии в отдельные годы стали ниже нормы, тогда как в Охотском море температура воды пока остается заметно выше нормы. До начала похолодания в ряде районов были зафиксированы новые абсолютные максимумы температуры (для временных рядов с 1950 г.): весной в восточной части Берингова моря в 2003 г., в северной части Охотского моря в 2008 г., летом — в западной части Берингова моря и во всех районах Охотского в 2008 г., на севере Японского моря — в 2010 г., осенью — в западной части Берингова моря в 2003 г., в северной части Охотского моря в 2008 г. и на севере Японского моря — в 2010 г. Новый абсолютный минимум всего один — в северной части Охотского моря летом 2001 г.

Изменения ТПО происходят по определенным сценариям, имеющим ярко выраженные сезонные и региональные особенности. Эти изменения, так или иначе, связаны с планетарными процессами, и поиск таких связей диктуется необходимостью объяснения причин этих изменений, и возможностью получения прогностических моделей, хотя бы на качественном уровне.

Прямая корреляция между ТПО и климатическим индексами не является показательной, коэффициенты в большинстве случаев низкие (Хен и Сорокин, 2008). Только для открытых областей северной части Тихого океана просматривается связь между ТПО и PDO. 5-ти летнее сглаживание также не повышает тесноты связи индексов с ТПО. При 11-тилетнем сглаживании резко увеличивается значимость Северо-Тихоокеанского индекса (NPI) для Японского и Охотского морей, а также индекса ENSO — для открытой вод северной части Тихого океана (СТО). Однако, резкие снижения температуры и последующие ее повышения в 1970-х гг. и на стыке столетий, как было сказано выше, совпадают с климатическими сдвигами в PDO, AO, ENSO и других индексов, что дает, казалось бы, возможность предвидеть очередное изменение климата дальневосточных морей. Но сами сдвиги климатических индексов пока не поддаются прогнозу. Тем не менее, резкое, в течение 1–2 лет изменение величины индексов дает основание предположить о начавшемся изменении термического режима.

Для визуализации распределения аномалий ледовитости внутри ледового сезона и по годам одновременно нами были построены рисунки, на которых представлены аномалии ледовитости для каждого моря, нормированные на среднее квадратичное отклонение (рис. 3).

Хорошо заметно потепление последних 8 лет в Охотском море и Татарском проливе. Как видно из этих рисунков, в экстремальные годы знак аномалий весьма устойчив, он сохраняется, как правило, с января по апрель. Начало зимы, как правило, определят последующие зимние ледовые условия.

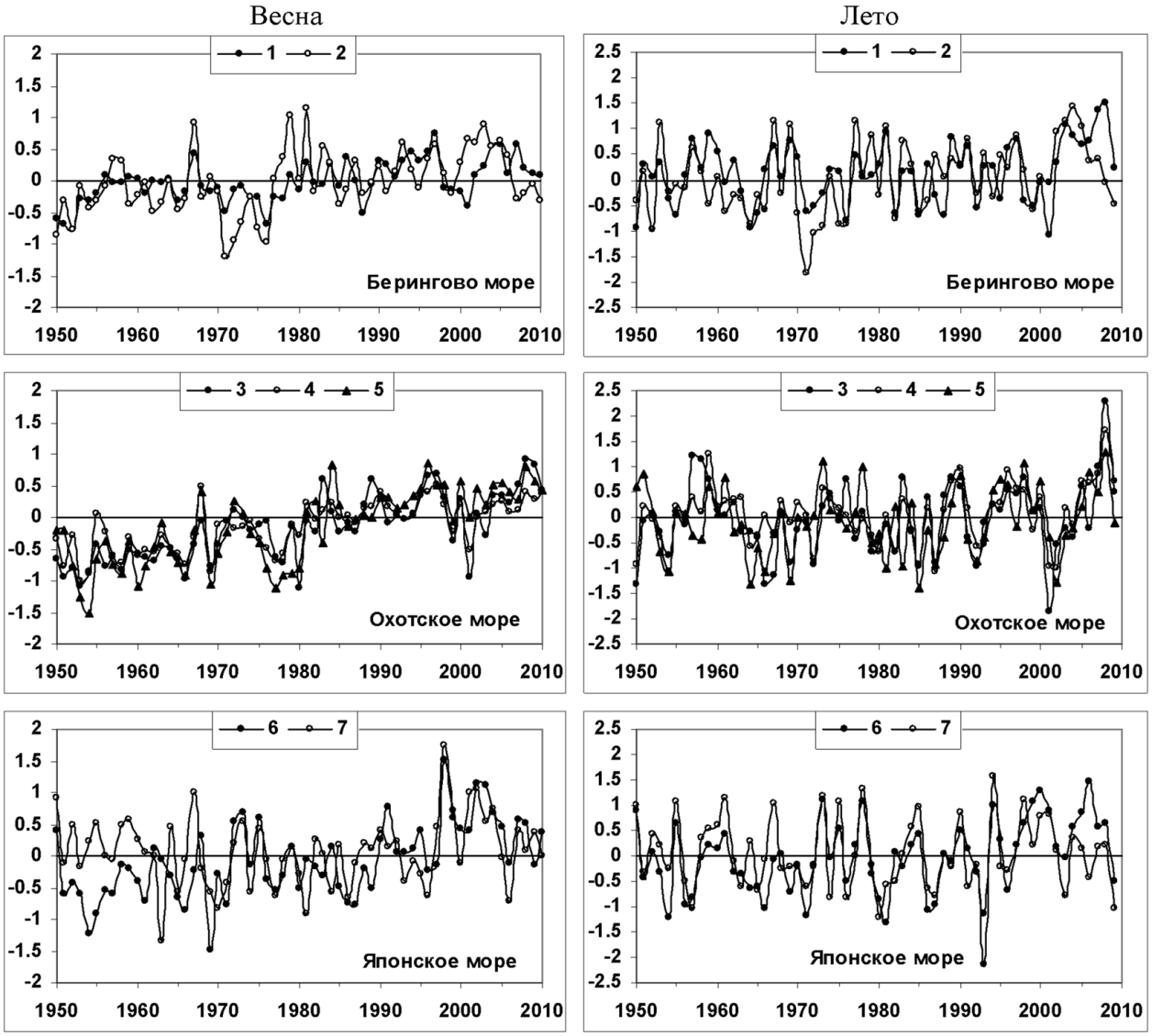


Рис. 2. Аномалии ТПО в дальневосточных морях весной и летом за период 1950–2010 гг. 1 — западный, 2 — восточный районы Берингова моря; 3 — северный, 4 — западнокамчатский, 5 — южный районы Охотского моря; 6 — северный, 7 — южный районы Японского моря

Для Берингова моря характерна своеобразная структура чередования очень суровых зим (носящих характер «события») с более продолжительными по времени теплыми условиями. В других морях холодные и теплые периоды более умеренные, их смена происходит сглажено. Холодные периоды в Беринговом море наступают на несколько лет раньше, чем в Охотском и Японском морях, и только в середине 1980-х гг. наблюдалось их совпадение. В 2009 г наступил очередной многоледовитый период в Беринговом море, который в последние годы углубился. В ледовый сезон 2011–2012 гг. произошел резкий рост ледовитости в Беринговом море и Татарском проливе. Среднезимняя (за январь–апрель) ле-

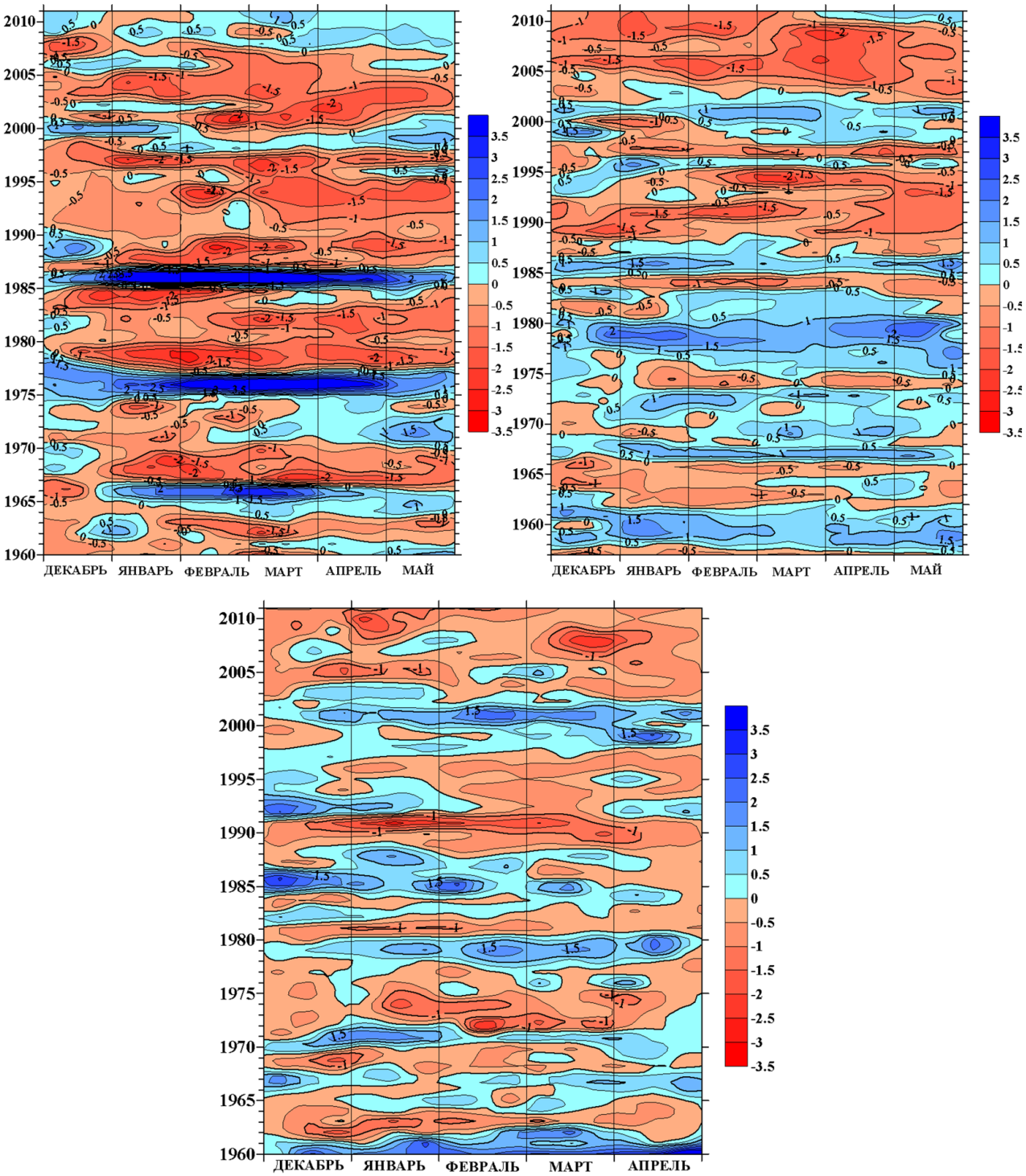


Рис. 3. Межгодовая и внутрисезонная изменчивость аномалий ледовитости Берингова (A) и Охотского (B) морей и Татарского пролива (C), нормированных на среднее квадратичное отклонение. Отрицательный знак показывает пониженную ледовитость, положительный — повышенную ледовитость

довитость Берингова моря достигла 41,3%, что всего лишь на полпроцента ниже, чем абсолютный максимум (41,8%), наблюдавшийся в 1976 г. В Татарском проливе среднезимняя ледовитость возросла до 39,4%. Это — седьмой по величине максимум в ранжированном ряду среднезимней ледовитости с 1960 года. И в Охотском море зима 2012 года стала самой ледовитой с 2004 г и приблизилась к среднему многолетнему уровню. По аналогии с предыдущими событиями, видимо, следует ожидать дальнейшее повышение ледовитости как в Охотском, так и Японском морях.

В последние годы конец марта - начало апреля становится более суровым. Так, если среднезимняя ледовитость ниже среднемноголетнего значения, то в этот период близка среднемноголетней, а если среднезимняя ледовитость выше среднемноголетней, то именно в этот период отмечается максимальная максимальная аномалия внутригодового хода ледовитости. В соответствии с этим возросла скорость последующего весеннего разрушения ледяного покрова, что должно сказывается на последующие гидрологические и гидробиологические условия.

Изменчивость промежуточных вод в западной части Берингова моря

На рисунке 4 показаны изменения температуры воды от поверхности до глубины 800 м в западной части моря по судовым данным. В нем два графика изменчивости: первый — из Climate Atlas of the North Pacific Seas 2009 (Luchin et al, 2009), второй — построенный по БОД ТИНРО-Центра. Наложения кривых за 1988–2004 гг., показали их сходство, что позволило реально рассмотреть и оценить изменчивость за период с 1950-по 2010 гг. В первую очередь рассмотрим направления трендов на различных уровнях моря. На поверхности, как и по данным NEAR-GOOS (рис. 2), температура в целом повышается, тогда как ниже сезонного термоклина на глубинах 50, 100, 200 м тренд имеет обратный ход, т.е. в слое активной жизнедеятельности большинства морских объектов, включая, многие промысловые виды, по крайней мере, с середины 20 века произошло похолодание. На глубине 50 м с 1950 по 2010 гг. темпе-

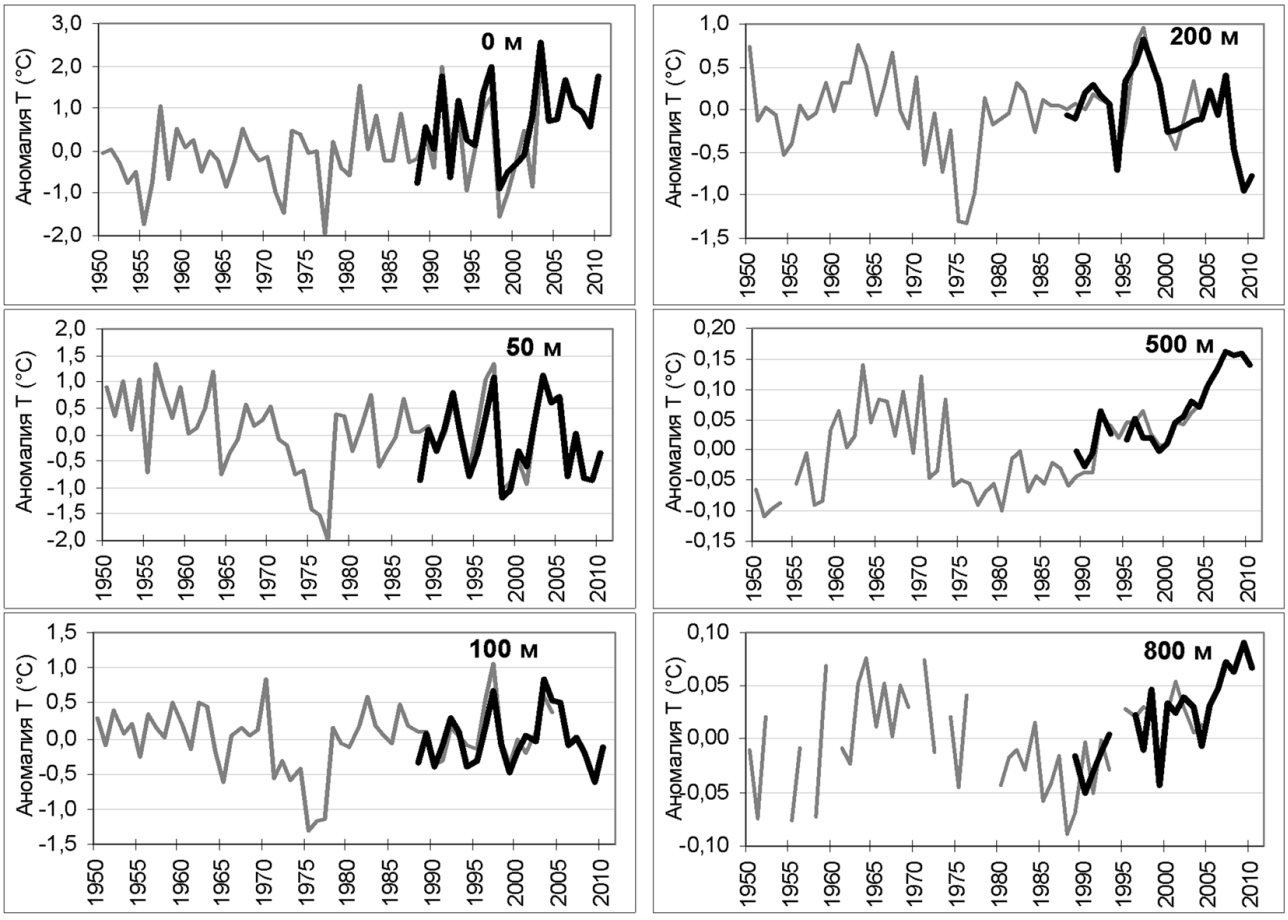


Рис. 4. Изменчивость аномалий температуры от поверхности до 800 м в западной части Берингова моря в теплое полугодие. Серая кривая — из Climatic Atlas … (2009) за период 1950–2004 гг.; черная линия — по данным ТИНРО-Центра за период 1988–2010 гг.

ратура воды понизилась на 1°С, на 100 м. — на 0.5°С, на 200 м — на 0.3°С. На фоне отрицательного тренда в слое 50–200 м, как на поверхности, заметно сильное похолодание в середине 1970-х гг., и на рубеже столетий. Особенно глубокое похолодание было в первом случае, когда температура воды в течение трех лет (1975–1977 гг.) стал ниже среднего на 1.5–2.0 °С. Резкое повышение температуры в течение 1978 г. (сдвиг климатических индексов PDO и AO) вывело ее на средний многолетний уровень.

В нижнем отделе теплого промежуточного слоя, на глубинах 500 и 800 м, межгодовой ход имеет свою особенность. До середины 1960-х гг. наблюдался ее рост, затем она стабилизировалась в течение нескольких лет, и в середине 1970-х гг. как в верхних горизонтах, резко понизилась. Но в отличие от верхних слоев сдвиг в конце 1970-х гг. не произошел, холодные условия сохранялись до начала 1990-х гг. В последующие годы наблюдался тренд на повышение температуры и во второй половине 2010-х гг. она достигла своего максимума.

Похолодание последних лет, отмеченное в поверхностном слое (рис. 2), произошло и в нижних горизонтах западной части моря, но его начало сдвигается на более поздние годы: на 50 и 100 м — 2006 г, на 200 м — 2008 г, на 500 и 800 м — возможно 2010 г. Возможно, последнее похолодание связано с региональными изменениями в атмосфере, в частности со смешением Алеутского минимума на запад и изменением его давления (Khen et al., in press).

Разнонаправленный тренд на поверхности и подповерхностном слое привел к обострению сезонного термоклина более чем на 0.1 град/м. в течение последних 15 лет и в 2010 г. он достиг 0.3–0.35 град/м (рис. 5). Наряду с этим происходит увеличение толщины летнего квазиоднородного слоя почти на 10 м: с 20–25 м в середине 1990-х гг. до 30 м в конце 2010-го гг. Данный результат, возможно, важен для лососей, обитающих в верхней эпипелагиали.

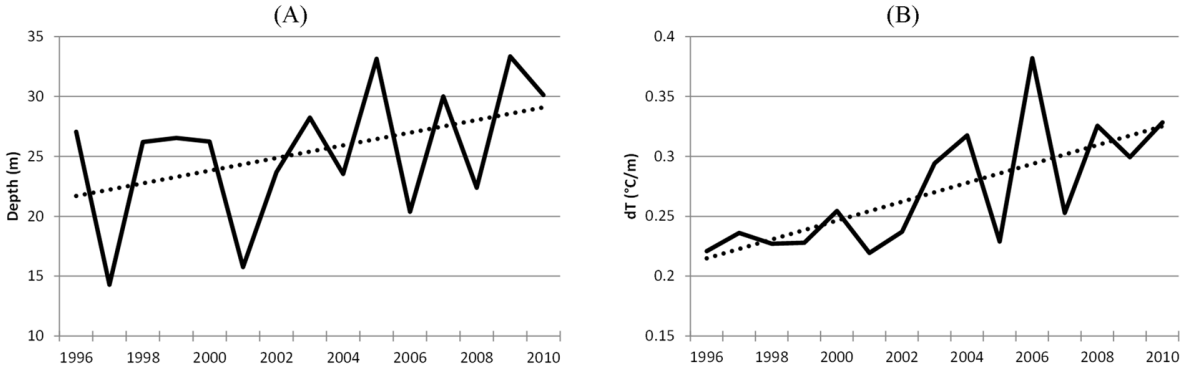


Рис. 5. Изменчивость толщины поверхностного однородного слоя (А) и характеристики сезонного термоклина (В) летом в западной части Берингова моря

Изменчивость промежуточных вод в восточной глубоководной части Охотского моря

Рисунок 6 показывает слабое сходство средних температур между Климатическим Атласом (Luchin et al, 2009) и нашими расчетами в период 1970–1980-е гг, особенно на поверхности, 500м и 800 м. Причинами могут быть, во-первых, разнородность данных (в Атласе в основном данные Гидрометеослужбы, основу наших данных составляют наблюдения на судах ТИНРО-Центра), во-вторых, область, рассматриваемая в Атласе охватывает частично СЗТО, где частота станций выше, чем в Охотском море. Наша область не выходит за пределы Охотского моря. Однако для последних 20 лет результаты сходны, и направления трендов в целом совпадают, что дало основание рассматривать их совместно.

Величина аномалий на поверхности достигает ±4°С, на 50 м — +3…-1,5°С, в слое 100–200 — ±1°С, в слое 200–500 — ±0,8°С, 500–800 м — ±0,4°С (здесь в большой величине аномалии присутствует и пространственная составляющая, но и сравнение температуры в сходных точках также показывало колебание порядка ± 0,1–0,2 °С в толще воды 500–1000 м).

В многолетнем ходе температуры в восточной глубоководной части моря есть отличия от того, что мы получали для северной половины моря, в частности, привычная для севера периодика, связанная с ходом ледовитости моря (Фигуркин, 2006), просматривается лишь в поверхностной толще, а глубже 100 м

отсутствует. Отсутствует также отмеченный в Беринговом море теплый тренд на поверхности моря. Видимо, для Охотского моря вклад летних температур в формирование аномалий теплого периода года выше, чем в Беринговом море. Не случайно в Охотском море многолетний ход по судовым данным близок летним закономерностям (рис. 2), а в Беринговом море — весенним.

В Охотском море достаточно хорошо выражен противоположный ход температуры на поверхности и в слое ХПС (например, по ряду ТИНРО корреляция температуры на поверхности и 50 м характеризовалась коэффициентом **r = - 0.65**). Приуроченность пространственного максимума летней температуры к ядрам холода отмечал Чернявский (1992); полученный нами результат (значимая обратная связь) показал, что и во временном ходе более сильное зимнее выхолаживание часто сопровождалось также и более сильным прогревом верхнего слоя летом.

В Охотском море в многолетнем ходе температуры на всех горизонтах, кроме поверхностного слоя, наиболее отчетливо различимы два периода (два типа термического режима): до 1980 и после. В течение 1978–1984 гг. (после климатического сдвига) произошел существенный рост температуры и переход от преобладающих отрицательных аномалий к преобладанию положительных аномалий.

Данные по аномалиям температуры поверхностного слоя воды, рассчитанные на основе судовой информации, возможно, дают несколько искаженную информацию, в частности преобладание отрицательных аномалий ТПО в период после 1998 года можно объяснить переориентацией исследований по лососям с периода анадромных миграций (июль–август 1989–1998) на период посткатадромных миграций (сентябрь–октябрь 2000-х). Однако данные NEAR-GOOS также показывают понижение температуры воды на поверхности в начале XXI века (рис. 2), причем и весной, и летом. Смена сроков экспедиций повлияла на увеличение величин отрицательных аномалий в середине последнего десятилетия до экстремальных значений (-2; -3,5°С), тогда как по данным NEAR-GOOS аномалии были в пределах минус 1,5°С.

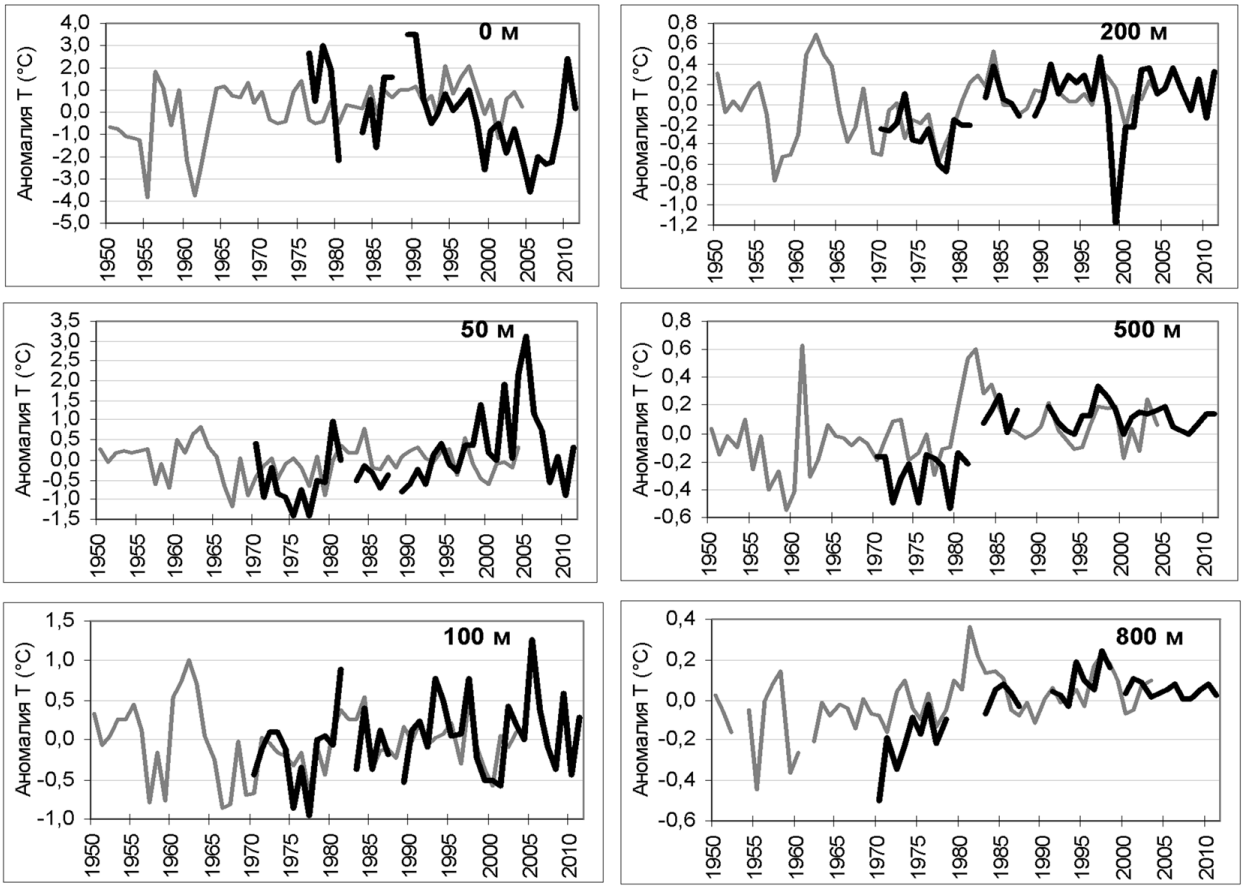


Рис. 6. Изменчивость аномалий температуры от поверхности до 800 м в восточной глубоководной части Охотского моря в теплое полугодие. Серая кривая — из Climatic Atlas … (2009) за период 1950–2004 гг.; черная линия — по данным ТИНРО-Центра за период 1970–2011 гг.

В целом на исследованном отрезке времени в толще воды 0–800 м можно заметить тенденцию к потеплению, наиболее интенсивному с конца 1970-х гг. по конец 1990-х гг., и несколько замедлившемуся в последнее десятилетие. На глубине 50 и 100 м (слой ХПС) в последние годы, как и в Беринговом море, происходит даже похолодание.

На глубинах 500 и 800 м многолетний ход отличается от Берингова моря, что связано с формированием промежуточных вод. В Беринговом море они тихоокеанского происхождения (Арсеньев, 1967), тогда как в Охотском море велика роль охотоморских вод зимнего выхолаживания (Гладышев и Хен, 2004). Многоледовитые 1960–1970-гг определили холодные условия в Охотском море, а в малоледовитые 1980-1990- гг. температура была выше нормы. В Беринговом море, как было отмечено выше закономерности противоположные. В первом десятилетии XXI столетия в Охотском море наблюдается слабое похолодание, тогда как в Беринговом море стало теплее.

Изменчивость климатических индексов

События в дальневосточных морях, так или иначе, связаны с крупномасштабными процессами. Ранее одним из авторов данной статьи были выявлены наиболее важные для регионов дальневосточных морей крупномасштабные климатические индексы (Ustinova, Sorokin, 2009; Ustinova et al., 2011b). К ним, в первую очередь, относится индекс Арктического колебания (АО), которое характеризует состояние тропосферы и стратосферы Северного полушария, где аномалии атмосферного давления в полярных и умеренных широтах колеблются между положительными и отрицательными фазами. Влияние этого колебания не ограничено только Арктикой; оно является важным «источником изменчивости» для северного полушария в целом. Арктическая осцилляция является доминантной модой изменчивости и в поле приземного атмосферного давления в северном полушарии от 20°с.ш. до Северного полюса, и в поле геопотенциальных высот (Tompson, Wallace, 1998). Мощный Сибирский антициклон играет существенную роль в меридиональном переносе воздуха, особенно над Японским морем, где развит зимний муссон, однако «масштаб действия» АО на дальневосточный муссон гораздо больше. При высоких значениях индекса АО (положительная фаза) происходит даже своего рода «подавление» Сибирского антициклона.

Следует заметить, что в положительную фазу АО давление воздуха в СА и АД падает, как было в 1990-е гг. В последнее десятилетие преобладали годы с отрицательными аномалиями АО, два других индекса стабилизировались, а с 2005 г. в AL давление увеличилось, т.е. стал заметным обратный тренд изменчивости у всех индексов (рис. 7). В 2010 г. отмечалось рекордно низкое значение АО, свидетельствующее об ослаблении западного переноса, а индексы Сибирского антициклона и Алеутской депрессии при этом выросли. Такое состояние может свидетельствовать о начале нового климатического сдвига.

Последние изменения носят планетарный характер, о чем свидетельствует термобарические колебания двух центров действий атмосферы (Азорского максимума и Исландского минимума) в северной Атлантике (Бышев и др. 2011). В 20 веке над северной Атлантикой были отмечены три климатические сценарии: 1990–1930, 1940–1975 и 1980–2000 гг. По их мнению в настоящее время происходит возврат сценарий 1940–1975 гг. на что указывают события последних лет. Индекс PDO, характеризующий долгопериодные колебания гидрометеорологического режима в Тихом океане, также показал смену нескольких относительно однородных по термическим условиям режимов (климатических сценарий): относительно холодные — в 1890–1924 гг. и 1947–1976 гг., и относительно теплый — в 1925–1946 гг. и 1977–1997 гг., что с небольшим временным сдвигом совпадают со сценариями в северной Атлантике. В 2000-е гг. PDO, в частности зимний, стал уменьшаться в сторону похолодания, т.е. наметилось повторение холодного периода. Таким образом, последние изменения в СТО, показывающие смену трендов основных индексов, повышение уровня ледовитости, понижение температуры воды, в целом согласуются с событиями на западном полушарие. В дальневосточных морях следует ожидать возврат климатического режима 1960–1970 гг. с более суровыми ледовыми условиями, прохладными вёснами, интенсивной плотностной конвекцией в Японском море (Chen et al., 1999), сильным Камчатским течением (Хен и Заочный, 2009).

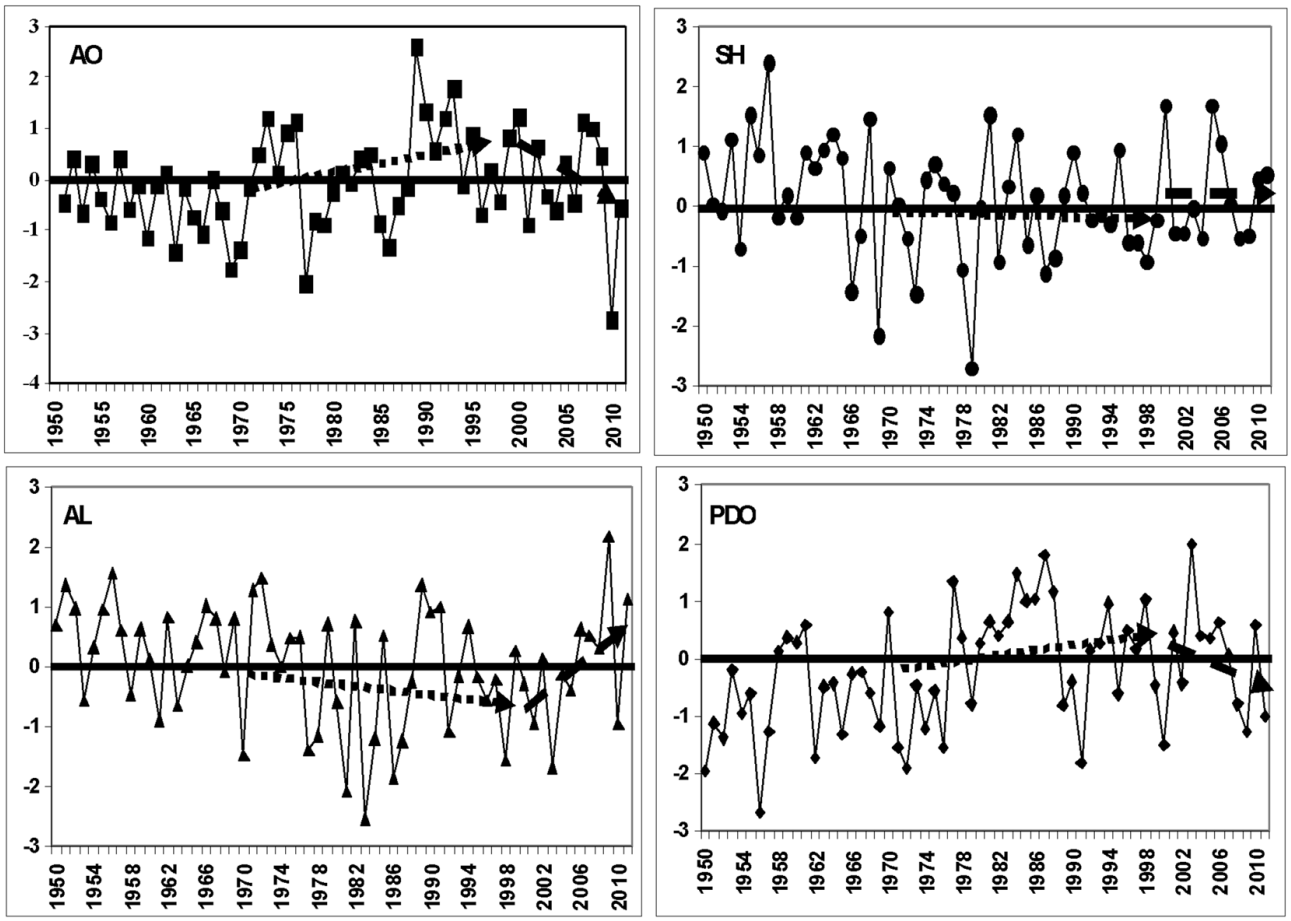


Рис. 7. Изменчивость климатических индексов северной части Тихого океана. AO — индекс Арктической осцилляции; AL — индекс Алеутской депрессии; SN — индекс Сибирского максимума; PDO — индекс Тихоокеанской десятилетней осцилляции. Стрелками показаны направления трендов в 1970–1999 гг. и в 2000–2011 гг.

Список литературы

Арсеньев В.С. 1967. Течения и водные массы Берингова моря. Москва: Наука, 135 с.

Бышев В.И., В.Г Нейман, Ю.А. Романов, И.В. Серых. 2011. О фазовой изменчивости некоторых характеристик современного климата в регионе северной Атлантики // ДАН. Т. 438. № 6. С. 817–822.

Гладышев С.В., Хен Г.В. 2004. Распространение плотных шельфовых вод в глубоководной части Охотского моря // ДАН Т. 398. № 1. С. 113–117.

Глебова С.Ю., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д. 2009. Долгопериодные тенденции в ходе атмосферных процессов и термического режима дальневосточных морей за последний 30-летний период // Изв. ТИНРО. Т.159. С. 285–298.

Котенев Б.С., Родионов С.В. 2009. О проблеме многодекадных климатических режимов в северной части Тихого океана // Вопр. пром. океанологии. Вып. 6. № 1. С. 60–98.

Фигуркин А.Л. 2006. Ледовитость как индикатор термического состояния придонных вод северной части Охотского моря// Изв. ТИНРО.Т. 145. С. 259–270.

Фигуркин А.Л., Жигалов И.А., Ванин Н. С. 2008. Океанологические условия в Охотском море в начале 2000-х гг.// Изв. ТИНРО. Т. 152. С. 240–252.

Хен Г.В., Заочный А.Н. 2009. Изменчивость расхода Камчатского течения и океанологических параметров в Камчатском проливе // Изв ТИНРО. Т. 158. С. 247–260.

Хен Г.В., Сорокин Ю.Д. 2008. Сезонные особенности многолетних изменений ТПО в северной части Тихого океана и в отдельных его областях // Вопр. пром. океанологии. Вып. 5. № 1. С. 164–183.

Хен Г.В., Устинова Е.И., Фигуркин А.Л., Зуенко Ю.И., Новиков Ю.В., Сорокин Ю.Д., Гаманюк М.В. 2004. Гидрологические условия в северо-западной части Тихого океана и дальневосточных морях в начале XXI века и ожидаемые тенденции // Вопросы пром. океанологии. Вып. 1. С. 40–58.

Чернявский В.И. 1992. Особенности формирования термики деятельного слоя Охотского моря. В кн.: Океанологические основы биологической продуктивности вод северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО. С. 91–104.

Chen C.T.A., A.S. Bychkov, S.L. Wang, G.Yu. Pavlova. 1999. An anoxic Sea of Japan by the year 2200? // Marine chemistry. 67. P. 249–265.

Khen G.V., E. O. Basyuk, N.S. Vanin, V.I. Matveev. Hydrography and biological resources in the western Bering Sea //Deep Sea Research. In press.

Luchin V.A., A. Kruts, O. Sokolov, V. Rostov, N. Rudykh, T. Perunova, E Zolotukhin, V. Pishalnik, L. Romeiko, V. Hramushin, V. Shustin, Y. Udens, O. Baranova, I. Smolyar, E. Yarosh. 2009. Climatic Atlas of the North Pacific Seas 2009: Bering Sea, Sea of Okhotsk and Sea of Japan. V. Akulichev, Yu. Volkov, V. Sapoznikov, S. Levitus, Eds., NOAA Atlas NESDIS 67, U.S. Gov. Printing Office., D.C. 380 pp.

Minobe S. 1997. A. 50–70 years climatic oscilation over the North Pacific and North America //Geophis. Res. Let. 24. P. 683–686.

Overland. J., S. Rodionov., S. Minobe and N. Bond. 2008. North Pacific regime shifts: Definitions, issues and recent transitions //Progress in oceanograthy. Vol. 77. Nos 2–3. P. 92–102.

Stabeno P. J., J.E. Overland. 2001. The Bering Sea shifts toward an earlier spring transition //Eos, Transitions of the American Geophysical Unionю. 82. P. 317–321.

Thompson, D.W.J. and Wallace, J.M. 1998. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields //Geophys. Res. Lett. N25(9). P. 1297–1300*Ustinova E.I., Yu. D. Sorokin* 2009. Low-frequency oscillations of the thermal regime in the Okhotsk Sea and the relationships with large-scale climatic indices // Proceeding of the 24th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 15–20 February 2009. P. 21–24.

Trenberth K.E., Jones P.D., Ambenje P., Bojariu R., Easterling D., Klein Tank A., Parker D., Rahimzadeh F., Renwick J.A., Rusticucci M., Soden B. and Zhai P. 2007. Observations: Surface and Atmospheric climate change. In.: Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change. S.D. Solomon et al. (Eds). Cambridge University press. 996 pp.

Ustinova E.I., S. Yu. Glebova, Yu. D. Sorokin. 2011a. Anomalous sea ice conditions in the Okhotsk Sea and features of the atmospheric circulation // Proceeding of the 26-th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 20–25 February 2011. P. 205.

Ustinova E.I., Yu. D. Sorokin. 2009. Low-frequency oscillations of the thermal regime in the Okhotsk Sea and the relationships with large-scale climatic indices // Proceeding of the 24-th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan15–20 February 2009. P. 21–24.

Ustinova E.I., Sorokin Y.D., Glebova S.Y. 2011b. Regional and seasonal inhomogeneity of climatic variability in the Far-Eastern Seas //Abst. PICES-2011 Meeting. Khabarovsk, Russia. P. 173.

Ustinova E.I., Yu. D. Sorokin, G.V. Khen. 2004. Ice cover variability and long-term forecasting in the Far-Eastern Seas // Proceeding of the 19-th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 22–28 February 2004. P. 75–80.

БОЛЕЗНИ ГИДРОБИОНТОВ И ИХ ПРОФИЛАКТИКА

УДК 597-12

МНОГОСВОРЧАТЫЕ МИКСОСПОРИДИИ (MYXOZOA, MULTIVALVULIDA) ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ ТИХОГО ОКЕАНА

Асеева Н.Л.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: aseeva_n@hotmail.com

Введение

Миксоспоридии (Myxozoa, Myxosporea) — самая многочисленная группа простейших, паразитирующих у рыб. Как и все паразитические организмы, они оказывают патогенное влияние на своих хозяев, которое в некоторых случаях может быть опасным. Миксоспоридии способны переходить к паразитированию в других органах и осваивать новых хозяев, при этом ранее не опасные виды становятся опасными. Заболевания, вызываемые миксоспоридиями — миксоспоридиозы относятся к тем немногим инвазионным заболеваниям, против которых до сих пор не разработаны средства и методы лечения. Даже не вызывая гибели хозяев, эти простейшие ухудшают товарный вид и вкусовые качества рыб. В морских водах наиболее опасны миксоспоридии отряда Multivalvulida или многостворчатые миксоспоридии. В частности, многостворчатые миксоспоридии рода *Kudoa* разжижают мускулатуру рыб, что приводит к их гибели и выбраковке больших партий рыбной продукции.

Единственно возможным путём к снижению экономического ущерба, наносимого миксоспоридиями, является тщательное изучение миксоспоридий, вызываемых ими заболеваний и их последствий. Прежде всего, необходимо выявить всех возбудителей заболеваний, установить очаги сильной зараженности, а также виды рыб, подверженные заболеванию. Это позволит указать благоприятные и неблагоприятные с паразитологической точки зрения места вылова той или иной рыбы. При наличии сезонной изменчивости показателей зараженности рыб, можно рекомендовать более благоприятные сроки вылова. В случаях, когда сильная зараженность какого-либо вида рыб в определенном районе сохраняется в течение года, можно рекомендовать использование этих рыб только в непищевых целях — для производства кормовой муки, удобрений и т. д. В этом случае массовый отлов рыбы, уменьшая плотность популяции, может оказаться средством «биологической мелиорации» рыб, способствующей уменьшению зараженности стада (Шульман,1976а; 1976; 1978).

Многостворчатые миксоспоридии Тихого океана изучены достаточно слабо, хотя в этом есть острая необходимость. Дело в том, что исследование миксоспоридий технически сложно из-за их мелких размеров, сложной методики приготовления и анализа препаратов, а также труднодоступности районов обитания их хозяев. По нашим и литературным данным, к настоящему времени у рыб Тихого океана обнаружено 30 видов из примерно 60 видов отряда Multivalvulea, включая 10 видов рода *Kudoa*, которые рассматриваются как возможно новые. Из-за недостатка материала описания этих видов пока не опубликованы, и они обозначаются как Kudoa sp. nov. 1–10. Можно предположить, что видовое разнообразие этих простейших в Тихом океане значительно больше.

Материал и методика

Основой для написания данной работы послужили результаты сборов, проведен-ных с 1980 по 2010 годы в Беринговом, Чукотском, Охотском морях, северо-восточной части Тихого океана, в Японском море и на восточном побережье Камчатки, Курильских и Японских островов на научных судах ТИНРО, а также на промысловых судах, сдавав-ших уловы на рыбокомбинаты о. Попова и БСФ им. Ш.Надибаидзе, а также исследова-лась рыба, доставленная в ТИНРО с научных и промысловых судов из Японского, Охотского и Берингова морей и с тихоокеанской стороны Курильских и Японских островов. За этот пе-

риод было вскрыто 2455 экземпляров рыб, относящихся к 13 отрядам, 42 семейству, 80 родам и 121 семейству. Видовая идентификация рыб проводилась по определителям Линдберга и др. (1980); Линдберга, Легеза (1959, 1965), Линдберга, Красюковой (1965, 1975, 1987). Часть определений рыб осуществлена ихтиологами ТИНРО. Все виды рыб-хозяев обследованы методом полных вскрытий с подробным изучением органов и тканей (Быховская-Павловская, 1969, 1985). Мышцы, жабры, серозная оболочка кишечника исследовались с помощью бинокулярных стереоскопи-ческих микроскопов МБС-1 и МБС-9. С их же помощью измерялись размеры цист[1] миксоспоридий. В полевых условиях наличие миксоспоридий определялось с помощью дорожного микроскопа «Биолам-13». Из свежих мазков цист паразитов, а также спор, найденных в содержимом и стенках мочевого, желчного и плавательного пузырей и других внутренних органов хозяев, изготавливались глицерин-желатиновые препараты по методике З.С. Донец и С.С. Шульмана (1973). Дальнейшая обработка препаратов проводилась на микроскопе «Биолам-211» с использованием фазового контраста. Определение видов паразитов производилось с учетом последних представлений о макросистеме миксоспоридий (Шульман, Подлипаев, 1980).

Результаты и обсуждение

К настоящему времени у рыб Тихого океана зарегистрированы многостворчатые миксоспоридии следующих семейств:

- Trilosporidae: обнаружено два вида рода *Trilospora* и 3 вида рода *Unicapsula*;
- Kudoidae: 24 вида рода *Kudoa*;
- Hexacapculidae: 1 вид рода *Hexacapcula*.

Рассмотрим подробно распространение и локализацию всех видов, а также вызываемые ими патологии.

Миксоспоридии *Trilospora californica* обнаружены в желчном пузыре ряда морских рыб, выловленных у побережья Калифорнии (Noble, 1939). *T. sphaerica* обнаружены в Беринговом море и у тихоокеанского побережья Японских островов в мускулатуре лемонемы *Podonema longipes* и двуперого ликода *Lycodes diapterus diapterus*, где они образуют капсулы светло-желтого цвета размером 2–5 мм (Асеева, Красин, 2000).

Unicapsula muscularis описаны еще в 1924 году в мышцах белокорого палтуса *Hippoglossoides stenolepis* из Берингова моря. Паразит обнаружен в мышечных волокнах, которые разрастаются, белеют и хорошо контрастируют со здоровыми мышечными волокнами (Davis, 1924). Пораженные мышечные волокна приобретают сходство с червями и поэтому в США зараженная рыба «уникапсулой» носит название «червичный палтус» (Шульман и др.,1987). *U. pacifica* обнаружены в мускулатуре малоглазого долгохвоста *Coryphaenoides pectoralis* в Охотское море и у тихоокеанского побережья Курильских островов. Вегетативные формы U. schulmani найдены в мочевом пузыре малоглазого долгохвоста *Coryphaenoides pectoralis* из Охотского моря в виде удлиненных плазмодиев с одной длинной псевдоподией(Асеева, Красин, 2000).

Споры *Hexacapcula neatthunni* обнаружены в разжиженных участках мышц тунца *Neothunnus macropterus*, выловленного в Японском море (Arai, Matsumoto, 1953).

Большая часть видов многостворчатых миксоспоридий принадлежит к семейству Kudoidae, роду Kudoa (табл.) Наиболее широко распространён *Kudoa thyrsites*, встречающийся во всех океанах и паразитирующий в мускулатуре 25 рыб разных семейств, включая лососевых, тресковых и камбаловых. В Тихом океане этот вид встречается в основном вдоль тихоокеанского побережья Северной Америки у тихоокеанского хека *Merluccius productus*; его плазмодии и споры диффузно располагаются по всей мускулатуре хозяина, степень инвазии снижается с севера на юг в среднем с 35 до 19% особей хека, иногда достигая 80% (Kabata, Whitaker, 1981). У корифены Coryphaena hippurus *K. thyrsites* вызывает разжижение мышечной ткани, инвазия достигает 100%. Сильно заражён K. thyrsites также анчоус *Endraulis mordax* (до 70%). Менее заражены этим видом минтай *Theragra chalcogramma*, стрелозубый палтус, белобрюхая камбала и двухлинейная камбала. Часто (в среднем в 86% случаев) вместе с *K. thyrsites* в мускулатуре тихоокеанского хека отмечается другой вид этого же рода — *K. paniformis*, вызывающий образование в мышечной ткани рыб псевдоцист белого цвета, которые со временем полностью разрушаются в результате ответной реакции хозяина, с отложением вокруг зараженных волокон гранул меланина, что делает заражение более заметным и препятствует использованию рыбы в пищу

(Гаевская, 2004). *Kudoa sebastea* обнаружены в Японском море у 15% особей окуня *Sebastes minor*, у которого плазмодии этого паразита вызывают гистолиз мускулатуры после смерти хозяина(Aseeva, 2004). *Kudoa caudata* паразитирует у японской скумбрии Scomber japonicus из открытых вод восточной части Тихого океана, встречаясь в мускулатуре в виде белых или желтоватых цист[1], обычно не более чем у 10% особей, при количестве цист 1–30 на особь (Ковалева Гаевская,1983).

Kudoa azonusi — паразит терпугов. У южного одноперого терпуга Pleurogrammas azonus отмечено образование веретеновидных капсул белого цвета длиной 2–8 мм, расположенных параллельно мышечным волокнам, после снятия кожи видимых невооруженным глазом; у терпуга *Hexagrammos octogrammus* вегетативные формы миксоспоридий K. azonus наблюдаются в виде мелких плазмодиев, диффузно располагающихся в мускулатуре (Aseeva, 2004). *Kudoa nova* обнаружены на жабрах у снежного керчака, выловленного в Японском море; округлые цисты серо-белого цвета, окруженные соединительной тканью хозяина, располагаются на жаберных тычинках по 5–20 штук, каждая из них содержит огромное количество спор миксоспоридии(Aseeva, 2004). У окуня *Sebastes paucispinises* у побережья Мексики в мышцах обнаружены споры и цисты *K. minisuriculata*.

K. amamiensis обнаружены в мышечной ткани нескольких видов рыб японских вод, они формируют многочисленные белые сферические или овальные цисты диаметром 1–5 мм, количество которых бывает столь велико, что снижает товарную ценность рыбы (Egusa, Nakajama. 1980). *K. cruciformis* обнаружены в мускулатуре морского судака *Lateolabrax japonicas*. *K. musculiquefaciensвs* в мышцах рыбы-меч *Xiphaias gladis* (Matsumoto, , Arai, 1954). K. iwatai найдены у пятнистого оплегната *Oplegnaths punctatus*, а также у красного окуня Pargus major (Matsumoto, Arai, 1954. Egusa, Nakajama. 1980). Цисты белого цвета *K. intestinalis* зарегистрированы в кишечнике у лобана *Mugil cephalus*, распространённого в эстуариях рек Японии (Maemo et al. 1993). K. pericardialis и K. shiomitsu обнаружены в сердечной мускулатуре у рыбы-собаки и у японского желтохвоста *Seriola quinqueradiata* (Nakajama, Egusa,. 1978; Egusa, Shiomitsi. 1983). *K. miniauriculata* встречается у побережья Калифорнии в мускулатуре окуня-бокаччо Sebastes paucispinis в виде мелких жёлтых цист (Whitaker et al., 1996).

В водах северной части Тихого океана обнаружены ещё 10 новых видов рода *Kudoa*, которые пока не описаны, поэтому им следует уделить особое внимание.

В северо-восточной части Тихого океана найдены 3 новых вида:

- *Kudoa* sp. nov. 1: у поперечного окуня *Sebastes goodies*, выловленного у полуострова Калифорния; мелкие амебоиды паразита располагаются в мышцах внутри капсул, образованных соединительной тканью хозяина, споры имеют нитевидные отростки, нехарактерные для спор других видов этого рода;

- *Kudoa* sp. nov. 2: у бокаччо *Sebastes paucispinises*, скорпены *Scorpena guttata*, кабезуба *Gaulolatus princes*, выловленных у побережья США и Мексики; мелкие цисты белого цвета отмечены в мускулатуре этих рыб, споры отличаются от спор других видов этого рода наличием коротких боковых отростков;

- *Kudoa* sp. nov. 3: у калифорнийского анчоуса *Endraulis mordax* вдоль побережья Калифорнии; отмечена диффузная инфильтрация паразита в мускулатуре хозяина, причём споры отличаются от спор других видов рода большими размерами и заостренным передним полюсом.

В северо-западной части Тихого океана найдено 7 новых видов:

- *Kudoa* sp. nov. 4: у полярного ликода *Lycodes polaris* в Беринговом море; мелкие цисты белого цвета зарегистрированы в мускулатуре хозяина, споры отличаются от спор других видов рода квадратной формой наличием очень коротких боковых отростков;

- *Kudoa* sp. nov. 5: у двух видов макрурусов, обитающих в прикурильском районе на глубинах 800–1200 м: малоглазого долгохвоста *Coryphanoides pectoralis* (заражено 5% особей) и пепельного макруруса C. cinereus (21%); наблюдалась диффузная инфильтрация по всему телу хозяина, при этом интенсивность инвазии увеличивается с возрастом хозяина, споры отличаются от спор других видов рода сильно закругленной формой полюсов;

- *Kudoa* sp. nov. 6: у чёрного макруруса *Coryphanoides acrolepis*, выловленного у тихоокеаского побережья о. Хонсю с глубины 800–1400 м (заражено 24% особей); заражённые особи буквально нашпигованы цистами белого цвета длиной 5–12 мм;

[1]«Циста» — это термин, введенный С.С. Шульманом (1966), обозначающий вегетативную стадию развития некоторых видов миксоспоридий, часто употребляемый в научной литературе. Более корректно применять для обозначения этих стадий термин «капсула», поэтому в статье употребляются оба слова.

Таблица. Зараженность рыб Тихого океана миксоспоридиями отряда Multivalvulea (Myxosporidia, Cnidosporidia)

№	Паразит	Хозяин	Район обнаружения	Локализация	Характер заражения
1	*Trilospora californica*	Гиббонсия элегантная *Gibbonsia elegans,* Гиббонсия Метца *G. metsi,* Тифлогобиус калифорнийский *Typhlogobius californiensis*	Тихий океан, Калифорнийское побережье	Желчный пузырь	споры и плазмодии
2	*Trilospora sphaerica*	Лемонема *Podonema longipes*, двуперый ликод *Lycodes diapterus diapterus*	Берингово море, тихоокеанское побережье Японских о-вов	Мускулатура	капсулы светло-желтого цвета из соединительной ткани хозяина
3	*Unicapsula muscularis*	Белокорый палтус *Hippoglossoides stenolepis*	Тихоокеанское побережье Северной Америки	Мышечные волокна	разрастание и перерождение мышечных волокон
4	*Unicapsula schulmani*	Малоглазый долгохвост *Coryphaenoides pectoralis*	Охотское море, тихоокеанское побережье Курильских о-вов	Мочевой пузырь	удлиненные плазмодии с одной длинной псевдоподией
5	*Unicapsula pacifica*	Малоглазый долгохвост *Coryphaenoides pectoralis*	Охотское море, тихоокеанское побережье Курильских о-вов	Мускулатура	мелкие капсулы белого цвета
6	*Hexacapcula neatthunni*	Тунец *Neothunnus macropterus*	Японское море	Мускулатура	споры в разжиженных участках мышц
7	*Kudoa thyrsites*	Тихоокеанский хек *Merluccius productus*, Корифена *Coryphaena hippurus*, Анчоус *Endraulis mordax*, Минтай *Theragra chalcogramma*, Звездчатая камбала *Platichthys stellatus*, Тихоокеанский малорот *Microstomus pacificus*	Тихоокеанское побережье Северной Америки	Мускулатура	диффузно
8	*Kudoa. paniformis*	Тихоокеанский хек *Merluccius productus*	Тихий океан, Калифорнийское побережье	Мускулатура	мелкие капсулы белого цвета и черного цвета
9	*Kudoa sebastea*	Малый окунь *Sebastes minor*	Японское море	Мускулатура	диффузно
10	*Kudoa caudata*	Японская скумбрия *Scomber japonicus*	Восточная часть Тихого океана Японское море	Мускулатура	белые или желтоватые капсулы.
11	*Kudoa azonusi*	Восьмилинейный терпуг *Hexagrammos octogrammus*, Южный одноперый терпуг *Pleurogrammus azonus*	Японское море	Мускулатура	капсулы из соединительной ткани хозяина и диффузная инфильтрация
12	*Kudoa nova*	Снежный керчак *Myoxocephalus brandti*	Японское море	Жабры	округлые капсулы серо-белого цвета

Продолжение таблицы

№	Паразит	Хозяин	Район обнаружения	Локализация	Характер заражения
13	*Kudoa amamiensis*	Абудефдуф шестиполосый *Abudefduf sexfasciatus*, Абудефдуф обычный *A.vagiensis*, Хромис *Chromis isharai*, Хромис *Ch. notatus*, Хризоптерия необычная *Chrysiptera assimilis*, Японский желтохвост *Seriola quinqueradiata*	Побережье Японских о-вов	Мышцы при тяжелой инвазии кожа плавники	капсулы-белого цвета
14	*Kudoa cruciformis*	Рыба-меч *Xiphaias gladis*, Японский морской судак *Lateolabrax japonicas*	Побережье Японских о-вов	Мускулатура	капсулы белого цвета, мелкие плазмодии
15	*Kudoa musculiquefaciens*	Рыба-меч *Xiphaias gladis*	Побережье Японских о-вов	Мускулатура	капсулы белого цвета
16	*Kudoa iwatai*	Пятнистый оплегнат Oplegnaths punctatus, Красный тай *Pargus major*	Побережье Японских о-вов	Мускулатура	белые сферические или овальные капсулы
17	*Kudoa intestinalis*	Лобан *Mugil cephalus*	Эстуарии рек Японии	Стенки кишечника	капсулы разных размеров
18	*Kudoa pericardialis*	Японский желтохвост *Seriola quinqueraddiata*	Побережье Японских о-вов	Перикардиальная полость	белые капсулы
19	*Kudoa shiomitsu*	Рыба-собака *Takifugu rubripes*	Побережье Японских о-вов	Перикардииальная полость	белые капсулы
20	*Kudoa miniauriculata*	Окунь Бокаччо *Sebastes paucispinises*	Побережье Калифорнии	Мускулатура	мелкие капсулы жёлтого цвета
21	*Kudoa* sp. nov. 1	Поперечный окунь *Sebastes goodies*	Калифорнийское побережье	Скелетная мускулатура	мелкие амебоиды внутри капсул, образованных соединительной тканью
22	*Kudoa* sp. nov. 2	Окунь Бокаччо *Sebastes paucispinises*, Скорпена *Scorpena guttata*, Кабезуб *Gaulolatus princes*	Побережье США и Мексики	Мускулатура	мелкие капсулы белого цвета
23	*Kudoa* sp. nov. 3	Калифорнийский анчоус *Endraulis mordax*	Калифорнийское побережье	Мускулатура	диффузная инфильтрация
24	*Kudoa* sp. nov. 4	Полярный ликод *Lycodes polaris*	Берингово море	Мускулатура	мелкие капсулы белого цвета
25	*Kudoa* sp. nov. 5	Малоглазый долгохвост *Coryphanoides pectoralis*, Пепельный макрурус *Coryphanoides cinereus*	Охотское море, район Курильских островов	Мускулатура	диффузная инфильтрация
26	*Kudoa* sp. nov.6	Чёрный макрурус *Coryphanoides acrolepis*	Тихоокеанское побережье Хонсю	Мускулатура	капсулы белого цвета
27	*Kudoa* sp. nov. 7	Лемонема *Podonema longipes*	Тихоокеанское побережье Японии	Мускулатура	диффузная инфильтрация
28	*Kudoa* sp. nov. 8	Желтопёрая камбалы *Limanda aspera*	Берингово море	Мускулатура	мелкие капсулы белого цвета
29	*Kudoa* sp. nov. 9	Азиатский стрелозубый палтус *Aterestes evermanni*	Берингово море	Мускулатура	диффузная инфильтрация
30	*Kudoa* sp. nov. 10	Палтусовидная камбала *Hippoglossoides elassodon*	Берингово море	Мускулатура	веретеновидные капсулы белого цвета

- *Kudoa* sp. nov. 7: у 25% лемонемы *Podonema longipes*, выловленной у тихоокеанского побережья Японии с глубины 500–600 м; мелкие плазмодии плавают в гистолизированной мышечной ткани хозяев, споры отличаются от спор других видов рода вытянутыми створками;

- *Kudoa* sp. nov. 8: у желтопёрой камбалы *Limanda aspera* в Беринговом море; мелкие цисты белого цвета зарегистрированы в мускулатуре хозяина, споры отличаются от спор других видов рода закругленной и одновременно вытянутой формой полюса;

- *Kudoa* sp. nov. 9: у азиатского стрелозубого палтуса *Aterestes evermanni*, обитающего в Беринговом море на глубинах 400–500 м; мелкие плазмодии наблюдаются в размягченной мускулатуре хозяина, споры отличаются от спор других видов рода очень тонкими вершинами створок и наличием на них нитевидных отростков;

- *Kudoa* sp. nov. 10: у палтусовидной камбалы *Hippoglossoides elassodon*, обитающей в Беринговом море на глубине около 300 м (заражено 18% особей); веретеновидные капсулы белого цвета длиной до 2–8 мм отмечены в мускулатуре хозяина, споры отличаются от спор других видов рода очень тонкими отростками на вершинах створок.

По характеру воздействия на организм рыб многостворчатые миксоспоридии делятся на две группы: 1) образующие капсулы (цисты) и 2) диффузно располагающиеся в мускулатуре. Миксоспоридии первой группы обычно проявляют невысокую ферментативную активность, лишь в некоторых случаях вызывая гистолиз мышечной ткани вокруг цист. При термической обработке жизнедеятельность этих видов прекращается, поэтому даже при сильной зараженности обработанную рыбу можно использовать в технических целях, а при малой интенсивности заражения рыба пригодна в пищу. Миксоспоридии второй группы проявляют высокую ферментативную активность. Пораженная ими рыба внешне не отличается от здоровой, и лишь в редких случаях наблюдается прижизненная деструкция тканей. Но интенсивное замораживание не убивает миксоспоридий, а лишь временно останавливает разжижение тканей, после дефростации гистолиз возобновляется и даже ускоряется. Поэтому рыбу, зараженную такими миксоспоридиями, необходимо замораживать сразу после вылова, а дефростация должна быть очень быстрой, и последующую термическую обработку следует проводить при высоких температурах порядка 160–165 °С (Лосева, Кизеветтер, 1976).

Пока не известны случаи развития многостворчатых миксоспоридий в организме человека, поэтому для человека употребление заражённой миксоспоридиями рыбы в пищу не представляет опасности. Вместе с тем следует учитывать, что мышечная ткань рыбы, пораженная миксоспоридиями, изменяется по химическому составу за счет уменьшения количества белка и жира, обедняется аминокислотный состав белков, что в целом снижает пищевую ценность продукта. Практически более важен вопрос о возможности пищевого использования зараженного миксоспоридиями сырья из эстетических соображений, который решается в каждом отдельном случае — оценивается товарный вид рыбы. Следует избегать выбрасывания зараженной рыбы в море, поскольку это способствует воспроизводству паразитов.

Благодарности

Автор считает своим долгом выразить искреннюю благодарность своим первым учителям С.С.Шульману и А.А. Ковалевой, способствовавшим моему становлению как специалиста-протистолога, и бывшему сотруднику ТИНРО паразитологу В.К. Красину, который собрал большую часть исследованного материала.

Список литературы

Асеева Н.Л., Красин В.К. 2001. Новые виды миксоспоридий семейства Trillosporidae (Mixosporidia: Multivalvalida) рыб Тихого океана // Паразитология. Т. 4. Вып. 35. С. 353–356.

Быховская-Павловская И.Е. 1969. Паразитологические исследования рыб (методы паразитологических исследований). Л.: Наука, 108 с.

Быховская-Павловская И.Е. 1985. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 120 с.

Донец З.С., Шульман С.С. 1973. О методах исследований Myxosporidia (Protozoa: Cnidosporidia) // Паразитология. Т. 7. Вып. 2. С. 191–193.

Гаевская А.В. 2004. Паразиты и болезни морских и океанических рыб в природных и искусственных условиях. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 237 с.

Ковалева А.А., Гаевская А.В. 1983. Первые сведения о миксоспоридиях рыб открытых вод юго-восточной части Тихого океана // Вестн. зоологии № 1. С. 6–11.

Линдберг Г.У., Герд А.С., Расс Т.С. 1980. Словарь названий морских промысловых рыб. Л.: Наука, 562 с.

Линдберг Г.У., Красюкова З.В. 1969 Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Л.: Наука. Ч. 3, 480 с.

Линдберг Г.У., Красюкова З.В. 1975. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Л.: Наука. Ч. 4, 463 с.

Линдберг Г.У., Красюкова З.В. 1987. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Л.: Наука, Ч. 5. 526 с.

Линдберг Г.У., Легеза М.И. 1959. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. М.-Л.:, Ч. 1, 108 с.

Линдберг Г.У., Легеза М.И. 1965. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. М.-Л.:, 1965. Ч. 2, 392 с.

Лосева А.В., Кизеветтер И.В. 1976. О влияние миксоспоридий на технологические свойства стрелозубых палтусов // Изв. ТИНРО Т. 28. С. 8–9

Шульман С.С. 1966. Миксоспоридии фауны СССР. М.-Л.: Наука, 507 с.

Шульман С.С. 1976. Миксоспоридии рода *Kudoa* (Multivalvulida Myxosporidia) Атлантики // Проблемы зоологии. Л. С. 89–92.

Шульман С.С. 1978. Результаты исследования многостворчатых миксоспоридий Multivalvulea (Myxosporidia, Cnidosporidia) Тихого океана // Морфология, систематика и эволюция животных. Л.: С. 37–39.

Шульман С.С., Донец З.С., Ковалева А.А. 1997. Класс миксоспоридий (Myxosporea) миро-вой фауны. С.-Пб.: Наука. Т. 1. Общая часть, 567 с.

Шульман С.С., Подлипаев С.А. 1980. Положение Cnidosporidia в системе Protozoa // Принципы построения макросистемы одноклеточных животных. Тр. ЗИН АН СССР. Т. 94. Л.: С. 85–102.

Arai J., Matsumoto K. 1953 On a new sporozoa Hexacapsula neothunni gen. et sp. nov. from the yellowfin tuna Neothunnus macropterus // J. Jap. Soc. Sci. Fish. № 18.(7). P. 292–293.

Aseeva N.L. 2004. New species of myxosporidian from genus *Kudoa* (Myxozoa; Multivalvulida) found in muscles of some fishes of the Japan Sea // Vestnik zoologii. 38. (2). P. 31–37.

Davis H.S. 1924. A new myxosporidian parasite, the cause of "wormy" halibut // Rep. U.S.Comm.Fish.(1923) № 8. (Doc.857). P. 1–5.

Egusa S., Nakajama. K. 1980. Kudoa amamiensis n. sp. (Myxosporea; Multivalvulea) found in cultured yellowtails and wild damselfishes from Amami-Ohshima and Okinawa, Japan // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. Vol. 46. (10). P. 1193–1198.

Egusa, S. Shiomitzi. T. 1983. Two new species of the genus *Kudoa* (Myxosporea; Multivalvulea) from marine cultured fish in Japan // Fish. Pathology, Vol, 18. № 3. P. 163–171.

Kabata Z., Whitaker D.J. 1981 Two species of Kudoa (Myxosporea: Multivalvulida) parasitic in the flesh of Merluccius productus (Ayres, 1855) (Pisces: Teleosti) in the Canadian Pacific // Can. J. Zool. 1981. V. 59. № 11. P. 2085–2091.

Noble E.R. 1939 Myxosporidia from the pool fishes of California // J. Parasitol.. Vol. 25. № 4. P. 356–364.

Maemo Y, Nakajama. K., Sorimachi M. 1993. *Kudoa* intestinalis n .sp. from the intestinal musculature of the striped Mullet, Mugil cephalus L from Japan // J. Parasitol. Vol. 79. № 2. P. 190–192.

Matsumoto K. 1954. On the two new Myxosporidia Chloromyxum musculoliguefaciens sp. n. and Neochloromyxum cruciformum g. n. sp. n. from the jellied muscle of swordfish *Xiphias gladius*, Linne and common Japanese sea-bass (Lateolabrax japonicus Temmnik et Schlegel) // Bull. Jap. Soc. Fish. Vol. 20. № 6. P. 469–479.

Sidermann C.J. 1966. Diseases of marine fishes // Adv. Mar. Biol. № 4. P. 1–89.

Sidermann C.J., Rosenfi. 1954. Diseases of fishes of the West North Atlantic. I. Disease of sea herring (*Clupea harrengus*) // Res. Bull. Dept. Sea Shore Fish. Vol. 18, 23 p.

Whitaker D.J., Kent M.L., Sakanari J.A. 1996. *Kudoa* miniauriculata n. sp. (Myxozoa, Myxosporea) from the musculature of Bocaccio (*Sebastes paucispinis*) from California // J. Parasitol. Vol. 82. № 2. P. 312–315.

УДК 597-12:597.587.9

ПАТОГЕНЫ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ КАМБАЛ БЕРИНГОВА МОРЯ

Бочкова Е.В., Гаврюсева Т.В., Грицких Е.А.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: e_v_botch@mail.ru

Введение

Камбалы дальневосточных морей, отличающиеся большим видовым разнообразием, относятся к массовым и широко распространенным рыбам, что обусловливает их важное промысловое значение в экономике Дальнего Востока. Особенности распределения, биологии, динамики численности камбал предопределяют риск быстрого перелова стад (Фадеев, 1971), поэтому организация рационального промысла, оптимальный режим эксплуатации популяций возможны лишь при глубоком знании этих вопросов, что отражено в многочисленных публикациях. Однако до сих пор недостаточно изучен вопрос о состоянии здоровья основных популяций этих видов рыб.

В стабильных популяциях рыб, которые не подвергнуты рыболовному прессу, пополнение численности балансируется естественной смертностью. Когда повышается антропогенное воздействие на популяцию, понимание естественной смертности, происходящей из-за хищничества, инфекционных и инвазионных заболеваний, становится для нее значительно более важным (Mulcahy, 2002). Редкие исследования состояния здоровья морских рыб очень разрозненны и касаются, преимущественно, инвазионных заболеваний, тогда как наиболее опасными являются инфекционные — вирусные, бактериальные, которые помимо острой формы с явными клиническими признаками характеризуются наличием скрытой, латентной. При этом асимптоматические носители инфекционного агента сами не болеют, но могут являться источником заражения для других рыб, обитающих по соседству с ними.

В зарубежной литературе стали появляться статьи о патобиологическом мониторинге, особое место в котором отводится изучению болезней камбалообразных из-за особенностей занимаемой ими экологической ниши. Появляется больше сообщений о заболеваниях, аномалиях развития, поражениях и повреждениях этих видов рыб, что может быть обусловлено их тесным контактом с грунтовыми осадками, накапливающими различные поллютанты, и питанием донными и придонными организмами (Mulcahy, 2002).

Сотрудники лаборатории здоровья гидробионтов ФГУП КамчатНИРО с 2008 г. проводят комплексные мониторинговые исследования промысловых видов камбал Берингова моря. Подобные работы до этого времени не делали, тогда как они позволяют оценить состояние здоровья рыб, выявить наличие патогенов, портящих товарное качество рыбопродукции и/или опасных для здоровья человека и теплокровных животных, а в некоторых случаях и предотвратить их распространение, а также, в перспективе, выделить виды, способные оказывать влияние на численность гидробионтов.

Цель настоящих исследований — выявление патогенов различной этиологии комплексными методами и оценка состояния здоровья промысловых видов камбал.

Материал и методика

В 2008–2011 г. проводили комплексное (вирусологическое, бактериологическое, паразитологическое и гистологическое) обследование трех промысловых видов камбал западной части Берингова моря - северной двухлинейной (*Lepidopsetta polyxystra*), желтоперой (*Limanda aspera*) и палтусовидной (*Hippoglossoides elassodon*). Последний вид обследовали только в 2011 г. Общее количество отобранных для исследований рыб составило 540 экз. Единовременная случайная выборка составляла 60 экз. Пробы отбирали на рыбоперерабатывающих предприятиях Карагинской подзоны в поселках Вывенка (2008 г.) и Оссора (2009–2011 гг.). После измерения основных биологических показателей (длины и массы тела), визуального учета внешних и внутренних признаков патологии отбирали материал для каждого вида исследований. Пробы транспортировали в лабораторию, где проводили их дальнейшую обработку по стандартным методикам.

Вирусологические исследования проводили на перевиваемых линиях клеток: EPC (эпидермальные новообразования больного оспой карпа), CHSE-214 (эмбрион чавычи), CHH-1 (сердце кеты) и BF-2

(хвостовой стебель синежаберного солнечника). Культивирование линий клеток, обработку проб внутренних органов (отбирали кусочки переднего отдела почек и селезенки), инокуляцию клеточных культур проводили в лаборатории по отечественным и зарубежным методикам (Сборник инструкций …, 1998; Fish Pathology…, 2009). Заражение клеточных линий осуществляли одновременно с посевом клеток в лунки микропанелей, которые затем инкубировали при температуре 15 °С в течение 14 дней. При отсутствии изменений клеточного монослоя, проводили два дополнительных пассажа материала. Результат считали отрицательным при отсутствии признаков цитопатического эффекта (ЦПЭ) на монослое во втором-третьем пассаже.

Бактериологические исследования. От каждой особи делали посевы из заднего отдела почки на универсальную питательную среду TSA (Tryptone Soya Agar) с добавлением 1,5% NaCL для выявления широкого спектра бактерий и на пептонно-щелочную воду и селективную среду TCBSA (Thiosulfate-Citrate-Bile-Sucrose Agar; Vibrio Selective Agar) для выделения бактерий р. Vibrio. Определение морфологических и культуральных свойств бактерий определяли по стандартным методикам (Лабораторный практикум…, 1983). Биохимические свойства бактерий изучали с помощью тест-систем API RapiD 20E (BioMerieux, Франция). Путем сопоставления культуральных, морфологических и биохимических свойств устанавливали таксономическую принадлежность микроорганизмов (Bergey s manual…, 2004).

Паразитологические исследования. У рыб исследовали желудочно-кишечный тракт, мускулатуру на наличие паразитарных агентов, делали отпечатки почки, сердца, печени и мышц. Для изготовления временных препаратов, фиксации, окрашивания постоянных препаратов использовали отечественные методики (Лабораторный практикум…, 1983). Видовую принадлежность паразитов устанавливали с помощью определителей (Fagerholm, 1982; Guide to the parasites…, 1988; Guide to the parasites…, 1989; Gibson, 1995) Статистическую обработку проводили общепринятым методом (Ройтман, Лобанов, 1985).

Гистологические и гистохимические исследования. Образцы органов и тканей рыб фиксировали непосредственно после отлова в жидкости Дэвидсона, затем переносили в 70о спирт. Дальнейшую обработку проб проводили по общепринятым методикам (Лабораторный практикум…, 1983; Bancroft et al., 1990). Срезы изготовляли толщиной 4–5 мкм. Препараты окрашивали гематоксилин-эозином по Мейеру, по Ван-Гизону, по Романовскому-Гимза и железным гематоксилином по Гейденгайну (выявление паразитов), по Циль-Нильсену (подтверждение цероидной дегенерации печени, выявление спор миксоспоридий), ШИК-световым зеленым (выявление слизистых клеток, подтверждение грибковой природы заболевания) и по Граму (выявление бактерий и спор микроспоридий).

Результаты и обсуждение

Клинические признаки. В 2009–2010 гг. на теле у двухлинейной и желтоперой камбал отмечали гематомы и кровоизлияния (геморрагии) разной степени интенсивности, часть из которых проникала в мускулатуру. Геморрагии, в основном, локализовались вдоль боковой линии и у плавников. При сильной степени выраженности они покрывали всё тело и плавники.

Кроме того, у 8,3% двухлинейной, 10% желтоперой в 2010 г. и до 100% палтусовидной камбал на коже и плавниках отмечали перламутрово-белые округлые образования ∅ 1–1,5 мм, у некоторых рыб подобные гранулы-цисты регистрировали на внутренних органах (печени, желудочно-кишечном тракте, половых продуктах) и в мускулатуре.

Вирусологические исследования. При инокуляции постоянных клеточных линий: EPC, CHSE-214, CHH-1 и BF-2 материалом, отобранным у палтусовидной, желтоперой и двухлинейной камбал, признаков цитопатического действия не наблюдали. Патогенов вирусной этиологии у перечисленных видов камбал в 2008–2011 гг. не выявили.

Бактериологические исследования. У двухлинейной и желтоперой камбал в 2008–2010 гг. выявили бактерий 6 родов: *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* и *Vibrio* (рис. 1). Бактериологическое тестирование трех обследуемых видов камбал в 2011 г. было направлено только на выявление бактерий р. *Vibrio*.

Все вышеперечисленные представители бактериальной микрофлоры относятся к условным патогенам рыб и при действии стрессовых факторов (большой численности рыб, изменений среды обитания, наличии вирусных или алиментарных заболеваний и т. д.), способны вызывать бактериозы. Среди них особо опасен для морских гидробионтов вибриоз, характерным признаком которого является по-

вреждение кровеносных сосудов. Вызывают его бактерии р. Vibrio. Нескольких представителей вибрионов, например, Vibrio anguillarum некоторые исследователи относят к облигатным, т. е. способным вызвать заболевание независимо от состояния организма рыбы и условий среды (Бычкова и др., 2000, Pathobiology of marine…, 1993). В 2009 и 2010 гг. распространенность бактерий р. *Vibrio* у двухлинейной и желтоперой камбал была довольно высокой и варьировала от 40 до 90% (рис. 1), из них от 12 до 40% — *V. anguillarum*. Однако вибрионы, как и остальные представители выделенной у камбал микрофлоры, постоянно циркулируют в морской воде, и высокий процент их носительства у рыб не всегда подразумевает наличие заболевания. При наличии клинических признаков (геморрагий и гематом) диагноз ставят только после бактериологических и гистологических исследований (Гаевская, 2004).

Гистологическими методами в 2009 г. у обоих видов камбал выявили скопление мелких палочковидных бактерий, предположительно, р. *Vibrio* в мышечном слое желудка и в просвете почечных канальцев, локальный некроз, деструкцию и меланизацию макрофагов вокруг почечных канальцев и локальную воспалительную реакцию. В желудочно-кишечном тракте отмечали скопления бактерий и интенсивное катаральное воспаление кишечника (рис. 2А). В скелетной мускулатуре рыб регистрировали геморрагии, гидратацию и локальную деструкцию миоцитов со скоплениями грамотрицательных бактерий. У желтопёрой камбалы скопления грамотрицательных бактерий наблюдали не только в просвете почечных канальцев, но и в гемопоэтической ткани почки, в некоторых случаях вокруг этих микроорганизмов формировалась грануляционная ткань (рис. 2Б). В печени подобные бактерии отмечали в кровеносных сосудах и в гранулемах, а в паренхиме регистрировали некроз гепатоцитов.

В 2010 г. у двухлинейной камбалы грамотрицательные бактерии выявили только в просвете почечных канальцев и в кровеносных сосудах печени. Отсутствие инфекционного процесса и связанных с ним патоморфологических изменений внутренних органов и тканей, очевидно, указывает именно на носительство этих патогенов у *L. polyxystra*. У желтоперой камбалы обнаружили гистопатологические изменения, аналогичные вышеописанным у камбал в 2009 г. На основании клинических признаков (наличия геморрагий на теле и внутренних органах рыб) и результатов бактериологических и гистологических исследований в 2009 г. у двухлинейной и желтоперой, а в 2010 г. — у желтоперой камбал диагностировали вибриоз (Жукова и др., 2010; Бочкова и др., 2011). Внешних и внутренних признаков патологии у рыб в 2008 и 2011 гг. не отмечали. Распространенность бактерий р. *Vibrio* в 2011 г. у этих двух видов камбал была невысокой (рис. 3), у палтусовидной вибрионов не выявляли.

Следует отметить, что в 1997–1998 гг. у половозрелой горбуши с клиническими признаками геморрагической септицемии в Карагинском заливе диагностировали вибриоз (Пугаева и др., 2000). Определили высокую патогенность выделенных изолятов *V. anguillarum* для мальков кеты: погибло 76% молоди (Сергеенко и др., 2000). В 2010–2011 гг. этот патоген выделяли от горбуши без клинических признаков заболевания.

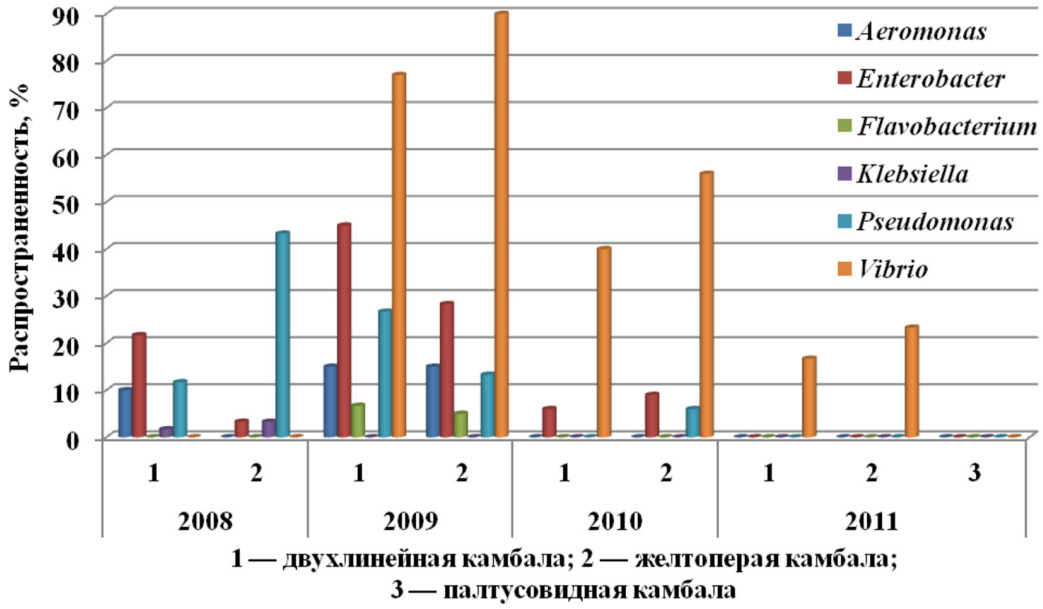


Рис. 1. Распространенность условных бактериальных патогенов у двухлинейной, желтоперой и палтусовидной камбал в 2008–2011 гг.

Паразитологические исследования. У двухлинейной камбалы выявили 22 вида паразитов, относящихся к шести классам: миксоспоридии — 4, цестоды — 2 трематоды — 9, нематоды — 3, скребни — 2, ракообразные — 2; у желтоперой камбалы обнаружили 21 вид паразитарных агентов: три вида — миксоспоридии, три — цестоды, девять — трематоды, три — нематоды; два — скребни и один - ракообразные. У палтусовидной камбалы зарегистрировали 10 представителей паразитофауны, относящихся к четырем классам: миксоспоридии — 2, цестоды — 2 трематоды — 5, скребни — 1 (таблица 1). Средняя интенсивность инвазии практически во всех случаях обнаружения паразитов была невысокой (за исключением зараженности миксоспоридиями — до 23,8 экз.) и, в основном, не превышала 7 экз., индекс обилия паразитов в популяции рыб почти всегда был в пределах 1.

Обнаруженные в желчном пузыре, желчных протоках и просвете почечных канальцев камбал миксоспоридии были представителями двух родов: Ceratomyxa и Myxidium. Несмотря на то, что эти паразиты оказались самыми многочисленными, серьезных структурных нарушений в органах и тканях рыб они не вызывали (рис. 2 В).

Часто встречающимися во все года исследований паразитами у двухлинейной и желтоперой камбал были скребни *Corynosoma* sp. l. и *Echinorhynchus gadi*, экстенсивность инвазии первым агентом доходила до 60%, вторым — до 46% (таблица 1). Среди скребней у морских рыб паразитируют как взрослые особи, так и их личиночные стадии, соответственно, рыбы могут выступать как в роли промежуточных, так и окончательных хозяев. При гистологических исследованиях рыб в поджелудочной железе выявляли локальный некроз экзокринной части, вызванный присутствием скребней, в некоторых случаях наблюдали формирование гранулем вокруг паразита.

Общими и встречающимися у двухлинейной и желтоперой камбал почти во все года исследований паразитами были личинки нематод р. *Anisakis*, потенциально опасные для человека и теплокровных животных, и трематоды *Lecithaster gibbosus* и *Steringophorus fusciger* (таблица 1). *S. fusciger* оказался одним из самых распространенных и у палтусовидной камбалы (экстенсивность заражен-

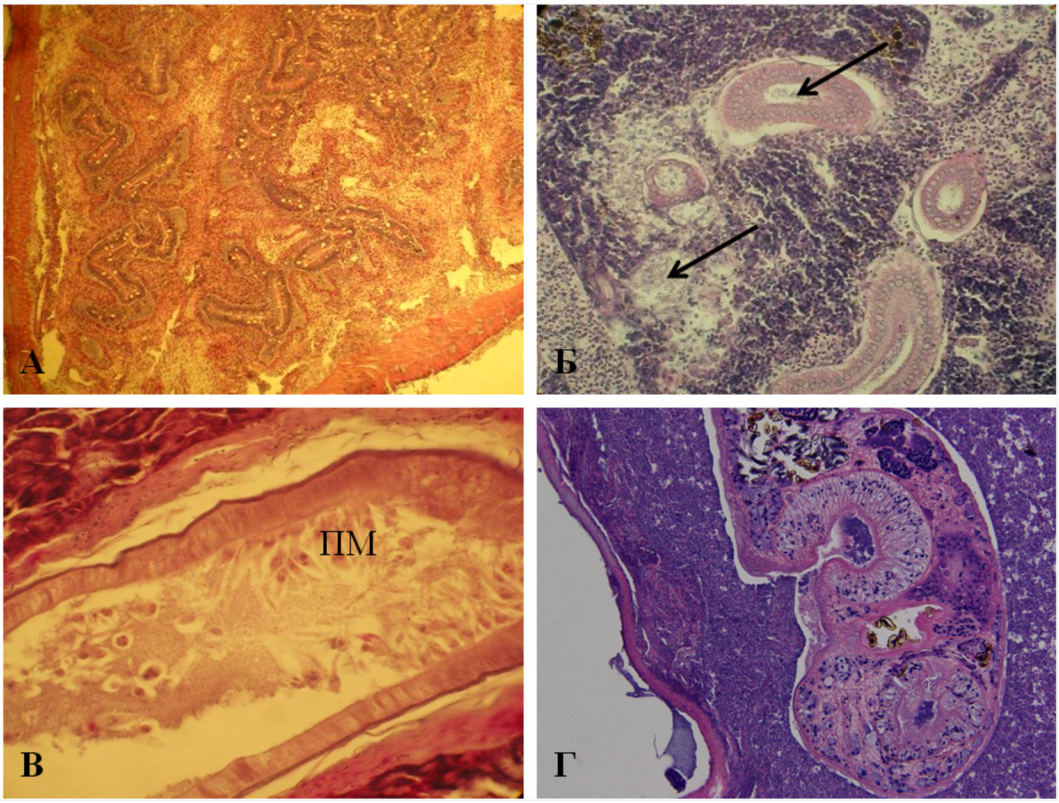


Рис. 2. Гистопатологические изменения при бактериальной инфекции и паразиты в органах и тканях камбал: А — интенсивное катаральное воспаление кишечника при вибриозе. Увеличение х100; Б — гиперемия, скопления бактерий (↑), меланизация макрофагов в гемопоэтической ткани почки. Увеличение х400; В — плазмодии микроспоридии (ПМ), предположительно *Ceratomyxa* sp., в желчном протоке. Увеличение х400. Окраска по Цилю-Нильсену; Г — трематода Gen. sp. в желудочно-кишечном тракте. Увеличение х400. Окраска гематоксилин-эозином

ности до 67%). Трематоды вызывали локальный некроз клеток слизистого слоя желудка и кишечника (рис. 2Г). Также у палтусовидной и двухлинейной камбал в 2011 г. отмечали высокую экстенсивность инвазии личинками трематод *Stephanostomum* sp. — 100% и 60%, соответственно. При высоких показателях зараженности метацеркарии этих трематод могут портить товарный вид рыбы, именно они были обнаружены нами при микроскопических исследованиях мелких белых гранулцист на плавниках, коже, в мускулатуре и на внутренних органах камбал (рис. 3А). Метацеркарии стефаностомумов всегда инцистированы, собственно, гранулы и представляют собой цисты, в которых находится личинка. По данным некоторых исследователей, наиболее сильно поражаются рыбы старших возрастов — до 100% (Гаевская, 2004). Эти паразиты в организме человека развиваться не могут и не представляют никакой опасности, кроме того, при термической обработке большинство цист разрушается и становится незаметным (Методическое пособие по паразитологическому…, 1979). Однако при сильном поражении отдельные участки плавников или поверхность тела рыбы выглядят словно обсыпанными крупой, что является причиной выбраковки свежемороженой или свежей рыбы.

Таблица 1. Видовой состав паразитов и пределы колебаний экстенсивности инвазии (%) ими северной двухлинейной, желтоперой и палтусовидной камбал в 2008–2011 гг.

Вид паразита	Экстенсивность инвазии, %		
	двухлинейная камбала	желтоперая камбала	палтусовидная камбала
1	2	3	4
	Миксоспоридии		
Ceratomyxa auerbahi	20	6,7	0
Ceratomyxa marine	0–13,3	6,7	20
Ceratomyxa sympetala	0–26,7	0	0
Myxidium japonicum	0	0	6,7
Myxidium oshroense	13,3	20	0
	Цестоды		
Botryocephalus scorpii	13,3	0	0
Diphyllobotrium sp., l.	0	6,7	6,7
Nybelinia surmenicola, l.	0	6,7	6,7
Pelichnibothrium speciosum	0	13,3	0
Scolex pleuronectis	6,7	0	0
	Трематоды		
Brachyphallus crenatus	0–26,7	26,7	6,7
Bucephalopsis gracilescens	0	0–13,3	0
Derogenes varicus	0–46,7	20,0	13,3
Genarchpsis muelleri	13,3	6,7	0
Hemiurus levinseni	6,7	6,7	0
Lecithaster gibbosus	0-20	0–26,7	0
Podocotyle atomon	6,7	6,7	0
Rhodotrema ovacutum	6,7	0–20	20,0
Steringophorus fusciger	0–13,3	0–13,3	66,7
Stephanostomum sp.	60,0	0	100,0
	Нематоды		
Anisakis sp. l.	0–40	0–13,3	0
Cucullanus heterochrous	0–53,3	6,7	0
Hysterothylacium aduncа l.	0	6,7	0
Porrocaecum sp.	20,0	0	0
	Скребни		
***Corynosoma* sp. l.**	**13,3–60**	**33,3–60**	0
Echinorhynchus gadi	**13,3–40**	**6,7–46,7**	33,3
	Ракообразные		
Acanthochondria hippoglossi	6,7	0	0
Nectobranchia indivisa	0–20	6,7	0

Примечание — жирным шрифтом выделены паразиты, ежегодно встречающиеся в 2008–2011 гг. у двухлинейной и желтоперой камбал

Потенциальную опасность для человека и теплокровных животных представляют личинки анизакид, коринозом, плероцеркоиды цестод *Diphyllobotrium* sp., *Nybelinia surmenicola*, встречающиеся в разные годы у всех обследуемых видов камбал в полости тела и реже в мускулатуре (таблица 1). С целью предупреждения заражения человека упомянутыми паразитами в обязательном порядке должен проводиться контроль присутствия их в морепродуктах (Профилактика паразитарных болезней…, 1997); перед употреблением в пищу рыбу необходимо подвергать горячей или длительной низкотемпературной обработке.

У желтоперой и двухлинейной камбал без внешних признаков патологии в жабрах в 2009 г. мы выявляли гиперплазию респираторного эпителия и слипание жаберных ламелл; в жаберных филаментах — эозинофильные гранулированные клетки, описанные в литературе как Х-клетки (Mellergaard, Nielsen, 1996), характерные для хронической воспалительной реакции (рисунок 3Б). Болезнь получила широкое распространение, но этиология ее не выяснена, существуют два предположения — об его инфекционной природе, или что Х-клетки — это простейшие паразиты.

Гистологическими методами у двухлинейной камбалы обнаружили еще одного инфекционного агента в жабрах в 2010 г.: хламидиеподобный микроорганизм *Epitheliocystis*. Этот патоген широко распространен у многих видов рыб, как в пресной, так и в морской воде. Инфекция, главным образом, поражает жабры, вызывая гипертрофию и гиперплазию клеток эпителия и дегенерацию клеток и клеточных органелл. Особенно опасен данный микроорганизм для молоди рыб при искусственном выращивании, так в США зарегистрирована высокая смертность заводской молоди озерной форели *Salvelinus namaycush*, массово инфицированной этим патогеном (Bradley et al., 1988). По результатам наших исследований зараженность двухлинейной камбалы эпителиоцистисом была низкой — микроорганизм встречался в единичных экземплярах у 6,7% рыб. Тем не менее, в жабрах камбал обнаружили очаговый некроз и гиперплазию респираторного эпителия, вызванные паразитическими копеподами *Nectobranchia indivisa* и *Acanthochondria hippoglossi* и хламидиеподобным микроорганизмом *Epitheliocystis*.

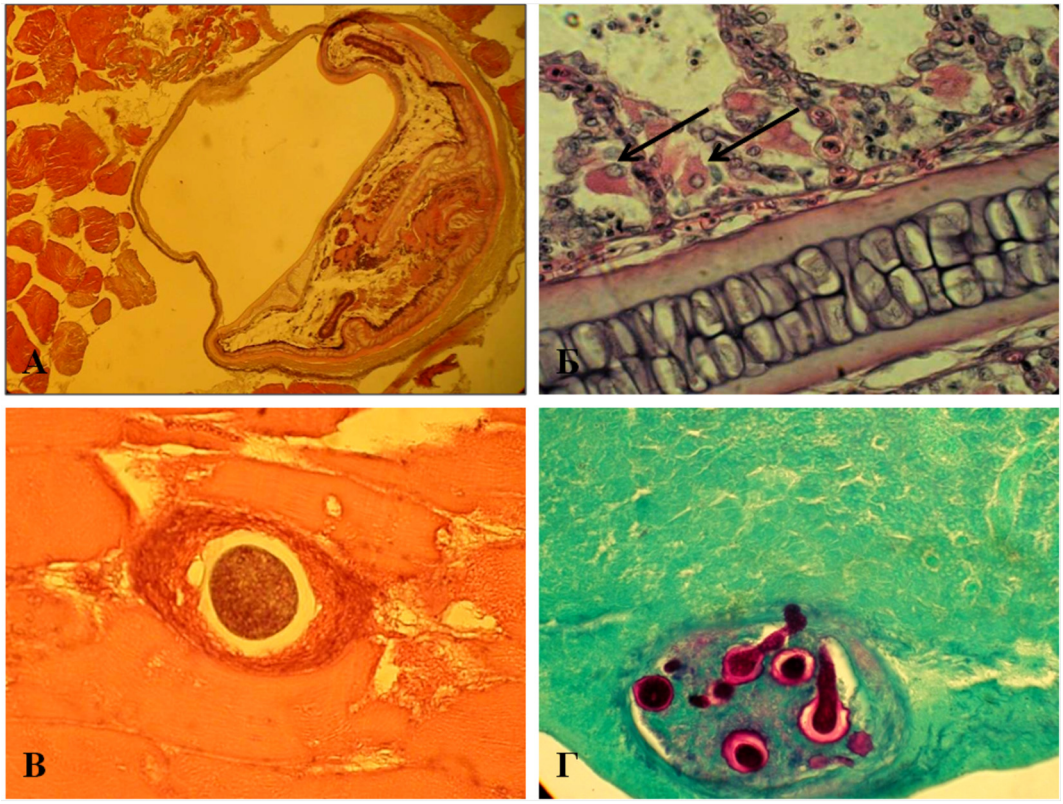


Рис. 3. Патогены различной этиологии, обнаруженные у камбал: А — метацеркарии трематоды р. *Stephanostomum* в мускулатуре. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение ×400; Б — эозинофильные гранулированные клетки (Х-клетки — ↑) в жабрах двухлинейной камбалы. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение ×1000; В — гранулема вокруг покоящихся спор паразита р. *Ichthyophonus* в мускулатуре. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение ×400; Г — прорастание спор ихтиофонуса в печени. Окраска Шик-световым зеленым. Увеличение х400

Патоген, который заслуживает особого внимания, был обнаружен в 2010 г. при гистологических исследованиях внутренних органов двухлинейной камбалы у 6,7% рыб. Это представитель протозойных жгутиковых р. *Ichthyophonus*, предположительно, *Ichthyophonus hoferi* (Protozoa, класс Ichthyosporea, по новым данным — Mesomycetozoea; порядок Ichthyophonida), которого длительное время относили к грибам (Mendoza, 2002). В скелетной мускулатуре (рис. 3В), почке и печени рыб обнаружили «покоящиеся споры» паразита размерами 50–230 мкм, вокруг которых отмечали разрастание грануляционной ткани. В печени наблюдали также прорастание спор простейшего (рис. 3Г).

Ихтиофоноз широко встречается у более чем 100 видов рыб, этот список постоянно расширяется, к нему восприимчивы сельдевые, камбаловые, лососевые, тресковые и др. (Sindermann, 1990; Грищенко, 1999). Его распространенность возрастает с возрастом рыб, он способен вызывать массовые вспышки заболевания, характеризующиеся цикличностью и высокими показателями заболеваемости и смертности.

Заражение рыб происходит алиментарным путем при заглатывании рыбой цист, поступающих в воду из кишечника больных особей, или с пищей. Цисты в воде могут оставаться жизнеспособными в течении 6 месяцев (Rahimian et al., 1996). Попадая в пищеварительный тракт цисты распадаются, из спор прорастают плазмодии, которые проникают через эпителий и разносятся по лимфатическим и кровеносным сосудам в органы и ткани рыб, в которых вначале развивается очаговое воспаление, затем происходит формирование гранулем, некроз паренхимы и инкапсуляция пораженных участков вместе с цистами патогена. Наиболее часто поражаются мышцы, печень, сердце, почки, реже — остальные органы и ткани. Поверхность пораженного органа становится бугристой, на ней образуются белые и серо-белые включения. В мышечной ткани могут быть обширные некротические, гнойные зоны (Post, 1987). При активной форме заболевание развивается в течении нескольких недель, при хронической — может продолжаться до года и более, но, как правило, заканчивается гибелью рыбы.

По мнению Нога (Noga, 1996), *I. hoferi* относится к облигатным патогенам, т. е. способен вызвать заболевание независимо от состояния организма рыбы и условий среды. По данным Бруно с соавторами (Bruno et al., 1999), при эпизоотии у камбал ихтиофоноз зачастую приводит к летальному исходу в течении трех месяцев. По данным других авторов (Post, 1987; Sindermann, 1990) этот патоген во время эпизоотических вспышек может оказывать влияние на численность популяций морских рыб — сельди, камбал, макрели и др., в то же время он представляет собой серьезную угрозу и наносит значительный урон культивируемым лососям в Европе и Северной Америке.

Известны случаи заражения рыб в аквакультуре при скармливании им фарша из сырого мяса инфицированных морских рыб. Так, в 2004 г. впервые на Камчатке был зафиксирован случай ихтиофоноза у молоди кижуча, выращиваемой на Вилюйском рыбоводном заводе (ВЛРЗ) (Гаврюсева, 2007). В августе-сентябре 2003 г. для подкормки кижуча использовали рыбный фарш, приготовленный из свежей или свежемороженой тихоокеанской сельди, обитающей в озере Большой Вилюй. У обследованной в 2004 г. половозрелой тихоокеанской сельди, отловленной возле ВЛРЗ, диагностировали это же заболевание. Методов лечения ихтиофоноза не существует, меры борьбы в заводских условиях сводятся к профилактике.

Подводя итоги комплексных исследований следует отметить, что, несмотря на сравнительно невысокие показатели зараженности, в целом, состав выделенных за четыре года патогенов различной этиологии у камбал был довольно разнообразным: у двухлинейной камбалы мы обнаружили 6 родов условно-патогенных бактерий, хламидиеподобный микроорганизм *Epitheliocystis* и 23 вида паразитов; у желтоперой бактериальная микрофлора была представлена также 6 родами, паразитофауна — 21 видом паразитарных агентов. Паразитофауна палтусовидной камбалы была представлена 10 видами.

Заключение

В результате проведенных комплексных исследований у двухлинейной, желтоперой и палтусовидной камбал выявили 29 видов паразитов, 6 родов условных бактериальных патогенов, хламидиеподобный микроорганизм *Epitheliocystis*, а также диагностировали вибриоз, ихтиофоноз и заболевание пока невыясненной этиологии, вызываемое так называемыми Х-клетками. В Карагинской подзоне Берингова моря существуют природные очаги двух опасных заболеваний гидробионтов.

Вирусных агентов у камбал не выделили. Эпизоотическую обстановку в Карагинской подзоне в отношении особо опасных вирусных патогенов морских рыб, вызывающих вирусный некроз панкреатической ткани и вирусную геморрагическую септицемию, можно считать благополучной.

Выявленные гистологическими и гистохимическими методами деструктивные изменения в органах и тканях обследованных рыб, в основном, были вызваны паразитарными агентами и, в отдельные года, бактериальной инфекцией. В целом, количественные показатели зараженности камбал паразитами были невысокими: даже если экстенсивность инвазии доходила до 100%, ее средняя интенсивность оставалась на низком уровне. Состояние здоровья обследованных популяций рыб можно считать удовлетворительным.

У камбал выявили 5 видов паразитов, способных оказывать влияние на товарное качество рыбопродукции и/или потенциально опасных для здоровья человека и теплокровных животных: простейшего патогена *Ichthyophonus hoferi*, личинок цестод *Diphyllobotrium* sp. и *Nybelinia surmenicola*, трематод *Stephanostomum* sp., скребней *Corynosoma* sp.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам КамчатНИРО Куприянову С.В. и лаборатории здоровья гидробионтов за помощь в отборе и первичной обработке материала.

Список литературы

Бочкова Е.В., Гаврюсева Т.В., Овчаренко Л.В., Жукова Л.А. 2011. Комплексные исследования состояния здоровья двух промысловых видов камбал Берингова моря. Мат. III Международной конф. «Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб». Борок, 18–22 июля 2011 г. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, С. 85–89.

Бычкова Л.И., Юхименко Л.Н., Можарова А.И. 2000. Микробиоценоз как индикатор экологического состояния водной среды и рыбы. Тез. докл. науч.-практ. конф. «Проблемы охраны здоровья рыб в аквакультуре». М.: МИК. С. 42–43.

Гаевская А.В. 2004. Паразиты и болезни морских и океанических рыб в природных и искусственных условиях. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 237 с.

Гаврюсева Т.В. 2007. Первый случай ихтиофоноза у молоди кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) в условиях аквакультуры на Камчатке. Владивосток: Биология моря. Т. 33. № 1. С. 49–53.

Грищенко Л.И., Акбаев М.Ш., Васильков Г.В. 1999. Болезни рыб и основы рыбоводства. М.: Колос, 456 с.

Жукова Л.А., Бочкова Е.В., Устименко Е.А., Гаврюсева Т.В. 2010. Вибриоз у камбал в Карагинском заливе. Паразиты Голарктики: Сб. науч. статей междунар. симп. (Петрозаводск, 4–8 октября, 2010 г.). Петрозаводск: Изд-во инт-та биологии Карельского науч. центра. Т. 1. С. 106–108.

Лабораторный практикум по болезням рыб. 1983. Под ред. В.А. Мусселиус. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 296 с.

Методическое пособие по паразитологическому инспектированию морских рыб. 1979. Владивосток: ТИНРО, 83 с.

Профилактика паразитарных болезней на территории Российской Федерации. 1997. СанПиН 3.2.569-96. МЗ РФ. М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 168 с.

Пугаева В.П., Устименко Е.А., Рудакова С.Л., Сазонов А.А. 2000. Вибриоз у дикой горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в прибрежных водах Карагинского залива. Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский. Сб. науч. тр., вып. V. С. 175–181.

Ройтман В.А., Лобанов А.А. 1985. Метод оценки численности гемипопуляций паразитов в популяции хозяина. Исследования по морфологии, таксономии и биологии гельминтов птиц. Тр. Гельминтол. лаб. АН СССР. Т. 33. С. 102–123.

Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. 1998. Ч. 1. М.: Отдел маркетинга АМБагро, 310 с.

Сергеенко Н.В., Пугаева В.П., Устименко Е.А. 2000. Определение патогенности вибрионов, выделенных от горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) прибрежных вод Карагинского залива. Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский. Сб. науч. тр., вып. V. С. 185–188.

Фадеев Н.С. 1971. Биология и промысел тихоокеанских камбал // Владивосток. Дальиздат, 98 с.

Bancroft D., Stevens A., Turner D.R. 1990. Theory and practice of histological techniques. 3rd ed. Churchill Livingstone Inc. Edinburgh̃ Londoñ Melbournẽ New York, 725 p.

Bergey s manual of systematic bacteriology. 2004. Ed. by Garrity G.M., Bell J.A., Lilburn T.G. 2 Ed. New York: Springer, 330 p.

Bradley T.M., Newcomer C.E., Maxwell K.O. 1988. Epitheliocystis. Associated with massive mortalities of cultured lake trout Salvelinus namaycush. J. Dis. Aquat. Org. V. 4. P. 9–17.

Bruno D.W., Alderman D.J., Schlotfeldt H.J. 1999. What should I do? A practical guide for the marine fish farmer. The Eur. Ass. Fish Pathol, 64 p.

Fagerholm H.P. 1982. Parasites of fish in Finland. VI Nematodes. Inst. of. Abo Akademi, 128 p.

Fish pathology Section Laboratory Manual. 2009. Edited by Meyers, T.R. Alaska Dep. Fish and Game. Spec. Publ. № 12. P. 5-1-5-42.

Gibson D.I. 1995. Guide to the parasites of fishes of Canada. Trematoda. L. Margolis, Z. Kabata (ed.). Can. Spec. Publ. Fish Aquat. Sci. № 124, part IV, 373 p.

Guide to the parasites of fishes of Canada. General introduction. Crustacea. 1988. Ed. L. Margolis, Z. Kabata // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. № 101, part II, 184 p.

Guide to the parasites of fishes of Canada. Acanthocephala. 1989. Ed. L. Margolis, Z. Kabata. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. № 107. Part III, 95 p.

Holt J.G., Krieg N.R.., Sneath P.H., Staley J.T., Williams S.T. 1994. Bergey s manual determinative bacteriology. USA. 9 Ed. Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland. 1994, 787 p.

Mellergaard S., Nielsen E. 1996. Epidemiology of X-cell gill disease in common dab Limanda limanda // J. Dis. Aquat. Org. V. 25. P. 107–116.

Mendoza L., Taylor J.W, Ajello L. 2002. The class mesomycetozoea: a heterogeneous group of microorganisms at the animal-fungal boundary. Annu. Rev. Microbiol. Vol. 56. P. 315–344.

Mulcahy M.F. 2002. Diseases of flatfish. Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. № 22 (2). P. 86–94.

Noga E.J. 1996. Fish disease: diagnosis and treatment. St. Louis, Missouri: Mosby-Year Book, Inc. P. 188–191.

Pathobiology of marine and estuarine organisms. 1993. Ed. J. Couch. J. Fournie. CRC Press. P. 116–119.

Post G. 1987. Textbook of fish health. Neptune City: T.F.H. Publ., 288 p.

Rahimian H., Thylin J. 1996. Epizootology of Ichthyophonus hoferi in naturally infected fishes off the Swedish West Coast. J. Dis. Aquat. Org. V. 34. P. 109–123.

Sindermann C. J. 1990. Principal diseases of marine fish and shellfish. USA: Academic Press. Second Edition. V. 1, 521 p.

УДК 597-12:597.553.2.

ГОЛЬЦЫ КАМЧАТКИ: ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СОСТАВ ПАРАЗИТОВ

Буторина Т.Е., Бусарова О.Ю.

ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз», г. Владивосток
Контактный e-mail: boutorina@mail.ru

Введение

Одним из центров современного видообразования гольцов рода *Salvelinus* (*Salmoniformes: Salmonidae*) является Камчатка (Лобков, 2004), где обитает несколько эндемичных форм и видов гольцов (Черешнев и др., 2002; Решетников, 2003; Буторина и др., 2011). В водоемах Камчатки встречается семь видов этого рода, из них только северная мальма *S. malma malma* распространена повсеместно, многочисленна и образует ряд модификационных форм. Кунджа *S. leucomaenis* населяет реки тихоокеанского побережья Камчатки от Олюторского залива до м. Лопатка (Решетников, 2003), в р. Камчатка встречается от верховья до устья. Остальные виды имеют ограниченное распространение: белый голец *S. albus* отмечен лишь в нижнем течении р. Камчатка и оз. Кроноцкое, длинноголовый *S. kronocius* и носатый *S. schmidti* гольцы — эндемики оз. Кроноцкое, голец Крогиус *S. krogiusae* — эндемик оз. Дальнее, голец *Salvelinus* sp. описан из оз. Начикинское, каменный голец единично встречается по всему продольному профилю р. Камчатки (Савваитова, 1989). По мнению ряда ихтиологов (Максимов и др., 1995), реликтовые формы гольцов сохраняются в горных водотоках Камчатки, благодаря постоянству условий существования в них в течение длительного времени.

Одним из удобных и информативных методов изучения экологии рыб является паразитологический (Догель, 1962). Паразитохозяинные связи в современных биоценозах являются, в своем большинстве, древними и хорошо сложившимися. Паразиты достоверно отражают такие стороны жизни рыб, как характер питания, миграции, используемые биотопы (Полянский, 1958; Догель, 1962 и др.). Гольцы являются объектом промысла, и информация об их паразитах и возможном влиянии последних на человека имеет существенное значение.

Материал и методика

Исследования паразитов гольцов проводились в 2003–2007 гг. в нескольких районах п-ва Камчатка: водоемах нижнего (озера Азабачье, Курсин, Горное, реки Азабачья, Пономарка, Радуга, Камчатка) и среднего течения р. Камчатка (оз. Ушки и озерная протока), бассейне оз. Кроноцкое (оз. Кроноцкое, р. Кроноцкая), озерах Дальнее и Начикинское (рис.). Кроме того, для анализа были использованы также опубликованные нами ранее и литературные данные о паразитах гольцов Камчатки.

Рыбы были обследованы методами полного и неполного паразитологического вскрытия. Сбор, фиксация и камеральная обработка паразитологического материала выполнены по общепринятым методикам (Быховская-Павловская, 1985).

Было обследовано: *S. malma malma* озёрно-речная: бассейн оз. Азабачье с 272 экз., оз. Начикинское — 6 экз., оз. Дальнее — 16 экз.; *S. m. malma* проходная: Камчатский зал., нижнее течение р. Камчатка, оз. Азабачье 96 экз., р. Большая — 47 экз.; *S. m. malma* карликовая ручьевая: бассейн оз. Азабачье — 172 экз.; *S. m. malma* карликовая озёрная: оз. Ушки — 82 экз.; *S. m. malma* речная:



Рисунок. Карта-схема районов исследования: 1 — нижнее течение р. Камчатка, 2 — оз. Ушки, 3 — оз. Кроноцкое, 4 — оз. Дальнее, 5 — оз. Начикинское

бассейн оз. Кроноцкое — 46 экз.; *S. albus* озёрно-речной: бассейн оз. Азабачье — 375 экз.; *S. albus* проходной: бассейн оз. Азабачье — 90 экз.; *S. albus* озёрный: бассейн оз. Кроноцкое — 11 экз.; каменный голец: бассейн р. Камчатка — 8 экз.; *S. kronocius*: оз. Кроноцкое — 11 экз.; *S. schmidti*: оз. Кроноцкое — 12 экз.; *S. krogiusae*: оз. Дальнее — 15 экз.; *Salvelinus* sp.: оз. Начикинское — 4 экз.

Результаты и обсуждение

Мальма *Salvelinus malma.* Мальма представлена на Камчатке проходной, озерно-речной, карликовой ручьевой и карликовой озерной формами.

Ручьевая мальма отличается наиболее мелкими размерами (по нашим данным — от 12,3 до 23,0 см) и обитает в небольших речках и ручьях полуострова. Ее паразитофауна изучена нами в р. Пономарке, впадающей в оз. Азабачье в нижнем течении р. Камчатки (найдено 27 видов паразитов). По-видимому, только или преимущественно в период нереста нерки эти рыбы, начиная с 3-его года жизни, совершают миграции в приустьевые участки реки (заражение *Sterliadochona ephemeridarum*) и на литораль озера на нерестилища нерки, где могут заражаться некоторыми озерными гельминтами, в остальное время они практически не используют ресурс озера. Питаются преимущественно бокоплавами (инвазия *Cystidicola farionis*, *Crepidostomum farionis*), личинками поденок (*S. ephemeridarum*), планктонными ракообразными (*Proteocephalus longicollis* и *Eubothrium salvelini*) и обогащают свой рацион икрой тихоокеанских лососей. От молоди озерных и озерно-речных гольцов других форм, обычных на мелководье озер, ручьевая мальма отличается сильной инвазией *Cucullanus truttae* (58—70%, средняя интенсивность 10,7) и отсутствием или слабым заражением паразитами, инвазия которыми возможна лишь в озерах: *Cyathocephalus truncatus, Philonema oncorhynchi, Hysterothylacium aduncum, Beringiana youkonensis, Salmincola carpionis* (Буторина, Горовая, 2007).

Озёрно-речная мальма — одна из наиболее распространенных форм мальмы озерно-речных систем Камчатки. Для озерно-речной мальмы водоемов Камчатки характерно разнообразие миксоспоридий (наиболее часто — *Myxobolus arcticus, M. neurobius, Myxidium salvelini*), инвазия реофильной нематодой *C. truttae*, преобладание среди гельминтов трематод (*Crepidostomum* spp. и диплостоматиды) и низкие показатели заражения цестодами. В озерах Дальнее и Начикинское, по нашим данным, она приурочена к литорали — верхней сублиторали, по характеру питания — прибрежный бентофаг. Ведущее значение в ее рационе имеют амфиподы (инвазия *Cyathocephalus truncatus,* трематодами рода *Crepidostomum* — до 236–1592 и *Salvelinema salmonicola* — до 243), а также брюхоногие моллюски (*Ichthyocotylurus erraticus*, диплостоматиды), которые играют определяющую роль в зообентосе озер (Куренков, 2005), и личинки амфибиотических насекомых (*S. ephemeridarum*), значительно реже — планктонные ракообразные (слабое заражение *E. salvelini*, *P. longicollis*, *Neoechinorhynchus* spp.), приуроченные к пелагиали озер. Относительная бедность фауны паразитов озёрно-речной мальмы оз. Начикинское может объясняться расположением озера в верховьях горной реки и происхождением на месте горно-долинного оледенения. В бассейне оз. Азабачье основу питания мальмы составляют моллюски: двустворчатые (заражение *Phyllodistomum umblae*, глохидиями рода *Beringiana*) и брюхоногие (инвазия диплостоматидами), озёрные бокоплавы и реликтовые амфиподы (инвазия *Echinorhynchus salmonis, Cystidicola farionis, Cyathocephalus truncatus, Crepidostomum farionis*). Эта форма не питается рыбой, о чем свидетельствует отсутствие у нее *Diphyllobothrium* spp., *Neoechinorhynchus* spp.

Проходная мальма встречается во многих озерах полуострова и в р. Камчатке, по которой мигрирует в Камчатский залив, где питается морскими рыбами (инвазия *Eubothrium crassum, Prosorhynchoides gracilescens s. lato*), ракообразными: амфиподами (*Echinorhynchus gadi*), копеподами (*Lecithaster gibbosus*), эвфаузиидами (*Anisakis simplex*). В пресной воде она заражается теми же паразитами, что и жилая, в результате фауна ее паразитов представлена 31 видом (Буторина и др., 2011).

Речная форма мальмы изучена нами в бассейне оз. Кроноцкое, где населяет реки Лиственничная, Унана и верхнее течение р. Кроноцкой (Викторовский, 1978; Павлов и др., 2003). Мальма постоянно держится в реках (инвазия *Cucullanus truttae*) и не выходит в оз. Кроноцкое, о чем говорит отсутствие у нее *Phyllodistomum umblae.* По сравнению с озерно-речной мальмой бассейна оз. Азабачье, мальма из бассейна оз. Кроноцкое в большей степени потребляет планктон (веслоногих и ракушковых ракообразных), чем бентос, на что указывает инвазия *Neoechinorhynchus salmonis,* цестодами *Proteocephalus*

longicollis, *Diphyllobothrium ditremum, Eubothrium salvelini*, молодыми экземплярами *Philonema oncorhynchi*. Вместе с тем, находки у нее *Sterliadochona ephemeridarum*, *Cystidicola farionis* и *Cyathocephalus truncatus,* трематод семейства *Allocreadiidae* связаны с питанием личинками амфибиотических насекомых и амфиподами. Список паразитов этой формы (14 видов) будет еще расширен за счет миксоспоридий и инфузорий.

Карликовая озерная мальма отмечена нами в оз. Ушки (Буторина и др., 2009). Она постоянно держится в озере, не мигрирует в озерную протоку и р. Камчатку, избегая конкуренции с другими формами. По типу питания является неспециализированным бентофагом, рацион этих рыб составляют донные беспозвоночные: личинки амфибиотических насекомых — хирономид, ручейников, подёнок (заражение *S. ephemeridarum, Rhabdochona oncorhynchi, Salvelinema salmonicola* и *Crepidostomum farionis*), падающие в воду воздушные насекомые, икра и мелкие личинки лососевых рыб, а также акклиматизированных серебряного карася и амурского сазана, нерестящихся в озере, диатомовые водоросли, единично — двустворчатые моллюски. Планктонные веслоногие и ракушковые рачки также входят в состав пищи этой формы (инвазия *Proteocephalus longicollis* и *Neoechinorhynchus salmonis*). Карликовая озерная форма по внешнему виду, образу жизни и характеру питания очень близка к ручьевой мальме из бассейна оз. Азабачье (значительная инвазия нематодой *Cucullanus truttae*, видовое разнообразие миксоспоридий). Различия между ними в зараженности паразитами определяются особенностями водоемов и ареалом паразитов. Так, у мальмы оз. Ушки найдены *S. salmonicola* и *Rh. oncorhynchi,* отсутствующие в бассейне оз. Азабачье, а у ручьевой мальмы оз. Азабачье — *Cystidicola farionis* и *Echinorhynchus salmonis,* не зарегистрированные в оз. Ушки, что связано с разным распространением гельминтов, видов как с северным (*Cy. farionis* и *E. salmonis*), так и более южным ареалом (*S. salmonicola* и *Rh. oncorhynchi*) и их исходных промежуточных хозяев.

Кунджа *S. leucomaenis* представлена проходной и жилой формами. Ее паразитофауна изучена в р. Камчатка и протоке Азабачья одноименного озера. Подобно проходной мальме, *проходная форма кунджи* заражена как пресноводными, так и морскими паразитами, т.к. нагуливается в эстуарии р. Камчатка. Однако последние составляют у нее лишь 24,1% от общего числа паразитов. Видовой состав морских паразитов кунджи сходен с таковым других проходных гольцов, она использует в пищу как планктонных и донных ракообразных и других морских беспозвоночных, так и рыб (Савваитова, 1964; Буторина и др., 2011). У проходной кунджи из р. Пенжина (Коновалов, 1971) существенную роль в морском питании играет планктон (интенсивность инвазии *Brachyphallus crenatus* — до 182 экз./рыбу).

У кунджи из озер Азабачье, Ушки и Николка морские паразиты не отмечены, что указывает на существование локальных популяций *жилой, речной формы* кунджи в бассейне р. Камчатка (Коновалов, 1971; Буторина, 1980). Фауна пресноводных паразитов кунджи от верхнего к нижнему течению р. Камчатка в целом сходна и представлена миксоспоридиями *Myxidium salvelini*, *Myxobolus arcticus*, моногенеями *Salmonchus alaskensis*, нематодами *Cuculanus truttae*, *Philonema oncorhynchi*, цестодами *Diphyllobothrium ditremum*, *D. dendriticum* и *Eubothrium salvelini*, трематодами *Crepidostomum farionis*, скребнями рода *Neoechinorhynchus*. В пресных водах кунджа питается преимущественно молодью лососевых и другими рыбами (находки *Diphyllobothrium* spp., *E. salvelini*, *Ph. oncorhynchi*), молодь использует разнообразных амфибиотических и падающих в воду насекомых (Савваитова, 1964). Установлены определенные различия в составе паразитов кунджи из разных участков р. Камчатка: только в нижнем течении встречаются *Echinorhynchus salmonis* и *Cystidicola farionis*; в оз. Азабачье сильнее заражение кунджи дифиллоботриидами, отмечены метацеркарии стригеидных трематод, характерные для озерных биотопов, в то время как кунджа из среднего и верхнего течения реки сильнее инвазирована реофильной нематодой *C. truttae*, т.к. совершает более протяженную речную миграцию.

Белый голец *S. albus* представлен в водоемах Камчатки жилой и проходной формами. Жилой *озерно-речной белый голец,* по нашим наблюдениям (прежде всего, по зараженности *Eubothrium salvelini*), распространен не только в нижнем, но и среднем течении р. Камчатка, в районе оз. Ушки, но для уточнения ареала белого гольца необходимы дополнительные исследования. В бассейне оз. Азабачье он совершает миграции из озера в протоку Азабачья и р. Камчатку, в оз. Кроноцкое молодь белого гольца живёт в ручьях и речках, питаясь бентосом, и, лишь достигнув длины тела 30–35 см, скатывается в озеро. Молодь жилого белого гольца в разных озерных системах Камчатки питается бентосом, затем переходит к преимущественному питанию рыбой, но в разном возрасте при разной длине тела. В оз. Азабачье переход к ихтиофагии происходит уже при длине тела 10–15 см, молодые гольцы

начинают питаться молодью нерки, реже — кижуча, а также малоротой корюшкой, трёх- и девятииглой колюшками (Коновалов, 1971; Буторина, 1980). При этом происходит реинвазия паразитами, что постепенно приводит к высоким показателям зараженности гельминтами. В оз. Азабачье для белого гольца характерна сильная инвазия *Diphyllobothrium ditremum, D. dendriticum* (здесь сформировался один из основных очагов дифиллоботриоза в бассейне р. Камчатка) и *Eubothrium salvelini* (Буторина, 1980; Shedko, 1998; Горовая, 2008). С другой стороны, белый голец может приобретать паразитов, поедая беспозвоночных. В этом случае интенсивность инвазии ниже, чем при хищничестве. О возможности бентофагии (и даже случайной планктофагии) белого гольца в оз. Азабачье свидетельствует низкая интенсивность его заражения некоторыми гельминтами — *Cyathocephalus truncatus* (промежуточные хозяева — бокоплавы), *Phyllodistomum umblae* (двустворчатые моллюски), единичные находки *Proteocephalus longicollis* (веслоногие ракообразные). В оз. Кроноцкое после ската в озеро белый голец переходит на питание жилой неркой и мелкими гольцами, при этом активно потребляя насекомых и бентос (Викторовский, 1978; Савваитова, 1989). Половозрелый белый голец отличается более высокой миграционной способностью, чем остальные виды гольцов в оз. Кроноцкое, в бассейне озера он использует разнообразные биотопы: впадающие в озеро реки, где приобретает *Cucullanus truttae* и *Sterliadochona ephemeridarum* (показатели заражённости белого гольца нематодой *C. truttae* заметно выше, чем у озерного длинноголового гольца, что свидетельствует о миграциях белого гольца в реки или их приустьевые участки). На последнее указывают и максимальные для гольцов оз. Кроноцкое показатели инвазии белого гольца нематодой *S. ephemeridarum*, промежуточные хозяева которой обитают в устьях рек и ручьёв или на прилегающих к ним участках озёр; на литорали озера белый голец питается бентосом и заражается трематодами *Phyllodistomum umblae*, промежуточные хозяева которого встречаются только в прибрежной зоне оз. Кроноцкое (Атрашкевич и др., 2005) и *Cystidicola farionis*; в пелагиали он поедает нерку-кокани и заражается ее гельминтами *E. salvelini, Philonema oncorhynchi,* дифиллоботриидами, а находки *P. longicollis* отражают его питание планктоном. Это позволяет говорить о широком спектре питания белого гольца: как рыбой, так и беспозвоночными (донными и пелагическими). У этого вида нами найдено 18 видов паразитов, часть гельминтов приобретена в результате реинвазии при ихтиофагии, заражение другими связано с потреблением беспозвоночных — промежуточных хозяев гельминтов. Видовой состав паразитов белого гольца в оз. Кроноцкое в целом сходен с таковым длинноголового *S. kronocius*. Однако он слабее заражён характерными для хищников паразитами *E. salvelini, Ph. oncorhynchi* и *Diphyllobothrium* spp. (Буторина, 1980; Буторина и др., 2008б). В то же время интенсивность инвазии белого гольца трематодами *Crepidostomum farionis* и *Cr. metoecus* в 18–64 раза выше, чем у длинноголового, поскольку он заражается как при питании промежуточными хозяевами, так и в результате хищничества. Инвазия *Cystidicola farionis* свидетельствует о питании белого гольца озёрными гаммарусами в литоральной зоне озера. Однако, судя по показателям инвазии и отсутствию у него *Cyathocephalus truncatus*, бокоплавы служат лишь дополнительным объектом его питания. Таким образом, белый голец занимает в оз. Кроноцкое нишу эврифага, использующего в пищу не только рыбу и бентосных беспозвоночных, но и планктонных ракообразных. Столь широкие пищевые потребности белого гольца связаны с освоением им различных местообитаний от проточных до литоральной зоны, пелагиали и бентали озера.

Сравнение гельминтофауны белого гольца в озёрах Азабачье и Кроноцкое показывает (Буторина и др., 2011), что между ними существуют определенные различия в заражённости некоторыми фоновыми для этих озёр гельминтами: нематодами *Philonema oncorhynchi,* скребнями рода *Neoechinorhynchus*, цестодами *Eubothrium salvelini.* Только в оз. Азабачье у белого гольца найдены *Cyathocephalus truncatus, Pseudocapillaria salvelini* и *Echinorhynchus salmonis*, не обнаруженные у него в оз. Кроноцкое. На наш взгляд, это объясняется тем, что в оз. Кроноцкое белый голец в большей мере аккумулирует гельминтов при питании планктофагом-неркой, для которой характерна высокая заражённость *Neoechinorhynchus salmonis* (Атрашкевич и др., 2005) и *E. salvelini* (Куренков, 1977). В оз. Азабачье он чаще использует другие объекты питания (Кохменко, 1970), у которых *E. salvelini* встречается единично (Куперман, 1978).

Полученные данные позволяют заключить, что в обоих озёрах белый голец не является специализированным хищником, однако в бассейне оз. Азабачье он, по нашим наблюдениям, он является более выраженным ихтиофагом и занимает доминирующее положение, т.к. другие хищники — кунджа и микижа в бассейне озера немногочисленны. Другая ситуация складывается в оз. Кроноцкое, где он, по-

видимому, в большей степени конкурирует с совместно обитающими видами гольцов.

Проходной белый голец, подобно аналогичной форме мальмы, приобретает в море разнообразных морских и эстуарных гельминтов, состав которых сходен. Очевидно, характер питания мальмы и белого гольца в море и эстуарии существенно не различается. Цисты с *Diphyllobothrium* spp. на поверхности желудка и кишечника сохраняются у проходной формы белого гольца и в морской период (Коновалов, 1971; Буторина, 1976), что позволяет различать проходные формы мальмы и белого гольца. Сроки захода этих рыб из моря в р. Камчатку также разнятся по времени: белый голец мигрирует в мае–июне, а мальма — позже (в июле–августе). Выявить проходных рыб обоих видов, зашедших в оз. Азабачье, нам удавалось по находкам в полости тела личинок *Anisakis simplex.* Часто, но не всегда, проходные рыбы отличались от жилых и по более красному цвету мяса, но с увеличением срока пребывания рыб в пресной воде они становились неотличимыми от жилых.

Молодь проходного белого гольца исследована нами в оз. Курсин (Горовая, Буторина, 2007). Было установлено, что в этом озере, в отличие от оз. Азабачье, проходные гольцы раньше начинают совершать морские миграции, уже при длине тела 16 см, что подтверждается находками морских трематод *Brachyphallus crenatus* примерно у 15% рыб. Это связано с более ограниченной кормовой базой оз. Курсин по сравнению с таковой оз. Азабачье, одного из самых больших на Камчатке.

Длинноголовый голец *S. kronocius*, эндемик оз. Кроноцкое — специализированный хищник, который обитает в пелагиали озера, а нерестится в р. Лиственничной. Половозрелые рыбы питаются почти исключительно жилой озерной неркой-кокани и аккумулируют ее паразитов *Ph. oncorhynchi, E. salvelini, N. salmonis*, *Diphyllobothrium ditremum*, *Crepidostomum farionis*. Молодь держится в реке (инвазия *Cucullanus truttae*) и питается веслоногими и ракушковыми рачками (заражение *E. salvelini, N. salmonis*). Данные о миксоспоридиях и инфузориях у этого вида гольцов отсутствуют.

Носатый голец *S. schmidti* — еще одна эндемичная форма гольцов оз. Кроноцкое. В отличие от длинноголового гольца, это прибрежный бентофаг, который обитает на литорали озера, где происходит заражение рыб инфузориями, миксоспоридиями и пиявками (Буторина и др., 2008б). Здесь носатый голец в массе приобретает гельминтов: трематод рода *Crepidostomum* и *Phyllodistomum umblae*, а также *Cystidicola farionis* и *Cyathocephalus truncatus,* поедая моллюсков, бокоплавов-гаммарусов (*Sterliadochona ephemeridarum*) и личинок поденок. Планктон также входит в рацион этих рыб (находки нематод *Ph. oncorhynchi*, ювенильных и молодых неполовозрелых особей *E. salvelini*, единичные находки *D. ditremum* и *N. salmonis*). Во время миграции в реки (например, в период размножения) он заражается реофильной нематодой *C. truttae.*

«Каменный» голец — чисто речная форма гольцов, редко встречающаяся на всем протяжении р. Камчатка, обнаружена в р. Радуга в нижнем течении р. Камчатка у Нижнекамчатска, не заходит в оз. Ушки и другие озера бассейна р. Камчатка. Генетически она близка к северной мальме и белому гольцу (Осинов, Павлов, 1998). По образу жизни это придонный речной хищник, питается преимущественно молодью лососей и другими рыбами, при этом аккумулирует *Eubothrium salvelini, Cystidicola farionis* и *Echinorhynchus salmonis.* Каменный голец лишь в редких случаях питается беспозвоночными, поэтому слабо заражён трематодами, промежуточными хозяевами которых служат моллюски и бокоплавы, а также цестодами, связанными в своем цикле с планктонными озёрными ракообразными.

Голец Крогиус *S. krogiusae* — эндемичная форма гольцов оз. Дальнее. Молодь нагуливается в прибрежной зоне озера, где активно потребляет планктон и мелкий бентос (Введенская, 1987). Паразитофауна этих гольцов включает 30 видов (Коновалов, 1971; Буторина и др., 2011). Наши данные подтверждают отмеченное С.М. Коноваловым (1971) богатство фауны миксопоридий у гольца Крогиус, что указывает на активные миграции этих рыб. Заражение инфузориями подтверждает, что голец мигрирует на мелководье, где расположена часть нерестилищ (Крогиус и др., 1987; Введенская, 1987), хотя в период наших исследований рыбы в основном держались на глубине. Питание гольцов рыбой (молодью нерки и колюшками) (Коновалов, 1971) подтверждается находками у них дифиллоботриид и *Eubothrium salvelini* на разных стадиях развития от ювенильных до молодых половозрелых, сильным заражением *P. longicollis*. Столь высокие показатели инвазии *P. longicollis*, которые обнаружил у них С.М. Коновалов (до 615 экз. в одной рыбе), отмечены нами только у гольцов-планктофагов в Забайкалье (Буторина и др., 2008а). Поэтому, на наш взгляд, нельзя исключать возможность хотя бы временного питания гольца Крогиус планктоном в пелагиали озера. На это дополнительно указывает и инвазия гольцов скребнями рода *Neoechinorhynchus* (промежуточные хозяева — планктонные остракоды), но

в значительно меньших масштабах, чем у специализированного хищника (длинноголового гольца). Использование гольцами в пищу планктофага-нерки так же, как и сиговых рыб (с планктонным типом питания) естественным образом приводит к накоплению ими гельминтов, цикл развития которых идет через планктонных беспозвоночных. Очевидно, у этого вида гольцов возможны и хищничество, и планктофагия.

С другой стороны, полученные нами паразитологические данные (инвазия *Cyathocephalus truncatus, Crepidostomum farionis, Cr. metoecus, Salvelinema salmonicola, Sterliadochona ephemeridarum* и диплостоматидами) и специальное исследование содержимого желудков гольцов согласуются с наблюдениями Т.Л. Введенской (1987) о большом значении бентоса в питании гольца Крогиус. Инвазия гольца *C. truncatus* указывает на его питание озёрными бокоплавами, которые обнаружены нами в содержимом желудка гольцов в значительных количествах, иногда пищевой комок целиком состоял из них. В желудках и кишечниках гольцов нами найдены личинки и половозрелые нематоды *Salvelinema salmonicola,* которые не были отмечены С.М. Коноваловым (1971). Заражение ими также связано с питанием амфиподами. Жизненный цикл трематод рода *Crepidostomum* включает бокоплавов и личинок подёнок в качестве дополнительных хозяев этих трематод. Из возможных источников заражения гольцов названными видами гельминтов И.И. Куренков (2005) указывает для оз. Дальнее несколько видов бокоплавов, Ф.В. Крогиус с соавторами (1987) отмечают только *Gammarus lacustris.* Изучение содержимого желудков гольцов показало, что в августе и ноябре голец Крогиус в значительном количестве поедал бокоплавов, в меньшей степени — личинок подёнок. Под покровами тела бокоплавов из желудочно-кишечных трактов гольцов были хорошо заметны нематоды *Salvelinema salmonicola.*

Находки *S. salmonicola* в озёрах Дальнее и Ушки позволяют уточнить северную границу ареала этих нематод на Камчатке. Ранее они были отмечены только у мальмы в оз. Курильское (Коновалов, 1971), а также в Приморье, бассейне Амура, на Сахалине (Ермоленко и др., 1998). На западном побережье Камчатки эти нематоды встречаются до р. Утхолок (Соколов, 2005).

Таким образом, паразитологические данные свидетельствуют о том, что голец Крогиус — неспециализированный хищник (питание колюшками, молодью нерки) с существенной долей бентоса в рационе (преимущественно гаммарусы, а также моллюски, личинки амфибиотических насекомых) и возможным временным питанием планктоном (копеподы, остракоды), по-видимому, в периоды недостатка другой пищи. У этого вида проявляется заметная сезонная смена объектов питания, что характерно для лососёвых рыб озёр Камчатки (Базаркина, 2004).

Озерный голец *Salvelinus* sp. — эндемик оз. Начикинское. Фауна его паразитов существенно обеднена по сравнению с другими изученными формами гольцов. На наш взгляд, в этом проявляется особенность высокогорного водоёма, где может существовать меньшее число видов гидробионтов, в том числе паразитов. Нами отмечено всего шесть видов паразитов, что объясняется несколькими причинами. Мы изучали коллекционные экземпляры гольцов и не имели возможности обследовать мозг, глаза и жабры рыб. У озёрно-речной мальмы из этого же озера обнаружено 100%-ное заражение миксоспоридиями *Myxobolus arcticus* (в меньшей степени - *M. neurobius*) и диплостоматидами двух видов из хрусталиков и внутренней среды глаз. Заражение, по-видимому, происходит на или вблизи нерестилищ. Не вызывает сомнения, что озёрный голец *Salvelinus* sp. в такой же степени заражен ими, как и диплостоматидами, т.к. это характерные паразиты озёрных гольцов. Понятно также, что обследование зафиксированных рыб уменьшает шанс обнаружить эктопаразитов на поверхности тела, плавниках и жабрах рыб, следовательно, общее число видов паразитов озёрного гольца оз. Начикинское увеличится, как минимум, до 11. Из паразитов, указывающих на питание рыбой, у всех обследованных экземпляров мы обнаружили *Eubothrium salvelini*, а К.А. Савваитова (1976) отмечает также 100%-ное заражение дифиллоботриидами как результат хищничества. По данным этого автора, 37% рыб питались исключительно рыбой (колюшкой, молодью нерки и личинками ручьевой миноги), около 40% — только бентосом (моллюсками, ручейниками), остальные 23% имели смешанный состав пищи. Паразитологические данные подтверждают эврифагию начикинского гольца и его экологическое сходство с нейвой Охотского побережья. У начикинского гольца не обнаружен *Cucullanus truttae*, хотя эта нематода найдена у озёрно-речной мальмы из того же озера. Инвазия озёрного гольца *Crepidostomum farionis* и *Cr. metoecus* гораздо слабее, чем у озёрно-речной мальмы, что свидетельствует о разной роли мелких двустворчатых моллюсков и озёрных бокоплавов в их рационе. По наблюдениям С.В. Фролова, этот голец держится в оз. Начикинское на глубине. Паразитологические

данные показывают (Буторина и др., 2011), что озёрно-речная мальма в этом озере приурочена к литорали, где активно питается бокоплавами (сильное заражение *Cr. farionis*). Наши данные свидетельствуют о трофических различиях и пространственнной разобщённости озёрного гольца и озёрно-речной мальмы в оз. Начикинское. Отсутствие в озере *Phyllodistomum umblae, Cystidicola farionis* и *Echinorhynchus salmonis* объясняется особенностями распространения этих паразитов. Нам не удалось обнаружить в оз. Начикинское и *Cyathocephalus truncatus* при наличии его промежуточных хозяев — озёрных бокоплавов (Куренков, 2005). Отсутствие нематод *Salvelinema salmonicola* в оз. Начикинское и некоторых других озёрах Камчатки (Кроноцкое, Азабачье), по-видимому, можно объяснить термическим режимом этого высокогорного озера (максимум +16 °С у поверхности), неблагоприятным для развития нематод. Озёрные гольцы озёр Начикинское и Дальнее отличаются от гольцов — обитателей крупных озёр Камчатки лагунного (Азабачье) или плотинного типа (Кроноцкое), связанных с морем в настоящее время (Азабачье) или в прошлом (Кроноцкое), менее разнообразной фауной паразитов и отсутствием морских реликтовых видов гельминтов *Cy. farionis, E. salmonis*. Эти особенности объясняются происхождением озёр (древняя депрессия Начикинского озера) (Викторовский, 1978) и определяются их разными размерами (Догель, 1962) и трофностью.

Таким образом, паразитологический анализ показывает, что озёрный голец оз. Начикинское, как и голец Крогиус, питается не только рыбой, но и беспозвоночными. Однако между ними обнаружены определённые различия. Если в оз. Дальнее голец Крогиус в значительной степени потребляет бокоплавов, то в оз. Начикинское они играют гораздо меньшую роль в рационе озёрных гольцов, в то время как озёрно-речная мальма потребляет их в большом количестве. Молодь озёрного гольца питается планктоном, на что указывает заражение *Proteocephalus longicollis*. Озёрный голец оз. Начикинское, подобно другим близким формам гольцов Камчатки (голец Крогиус и белый голец), не является специализированным хищником, скорее это эврифаг с заметной долей беспозвоночных в рационе.

Заключение

Рассматривая вопрос о роли различных экологических форм (экотипов) гольцов, можно отметить следующее. Мы разделяем мнение большинства ихтиологов (Глубоковский, 1995 и др.) о том, что гольцы, как и форели, гораздо более тесно связаны с пресными водами, чем тихоокеанские лососи (род *Oncorhynchus*). В процессе расселения основного массового вида дальневосточных гольцов — мальмы и освоения ею новых пресноводных водоемов первостепенную роль, на наш взгляд, играли ее ручьевая и речная формы, которые могли сформировать другие экотипы (например, озерные виды гольцов оз. Кроноцкое — Буторина и др., 2008б, проходную форму — см. Пичугин и др., 2006). Карликовые ручьевые гольцы могли занимать любые, даже самые мелководные реки и ручьи. Эта форма трофически тесно связана с тихоокеанскими лососями, что обогатило ее рацион энергетически выгодной пищей и обеспечило способность выживать даже при недостаточной кормовой базе рек и ручьев. В результате гольцы приобрели общих с тихоокеанскими лососевыми паразитов. Инвазия гольцов нематодой *Cucullanus truttae* во многом объясняется их экологической близостью с миногами, которые служат основными хозяевами этих гельминтов (Moravec, 1994), в одних и тех же реках Камчатки.

Морские миграции также имели важнейшее значение в проникновении гольцов в новые акватории как в бассейне Северного, так и даже в большей степени в бассейне Тихого океанов. Таким образом, ручьевая и речная, а также проходная формы гольцов были исходными и определяющими в распространении гольцов и освоении ими тихоокеанского бассейна, в том числе и водоемов Камчатки. Роль эндемичных озерных гольцов заключалась в том, что они обеспечивали адаптацию и выживание видов (и форм) при попадании в новые, различные по условиям и кормовой базе озерно-речные системы Камчатки и получение необходимой пищи, достаточной для их существования.

Исследования выполнены при поддержке Тихоокеанской комиссии по охране окружающей среды и природных ресурсов (PERC), Фонда Гарри Мура, Норвежской Академии наук (“Исследования дикого лосося», проект по изучению гиродактилид, рук. Т.А. Bakke), Мемориального Фонда им. Бориса Купермана и Ученого совета Дальрыбвтуза.

Список литературы

Атрашкевич Г.И., Орловская О.М., Михайлова Е.И., Фролов С.В., Романов Н.С., Репин М.Ю. 2005. Гельминты лососевых рыб Кроноцкого озера (Камчатка) // Мат. II межрегион. конф. «Паразитологические исследования в Сибири и на Дальнем Востоке» (15–20 сентября 2005 г.). Новосибирск: издат. компания Арт-Авеню. С. 8–10.

Базаркина Л.А. 2004. Механизмы регуляции численности в популяциях планктонных ракообразных мезотрофного лососевого озера Азабачье: Автореф. дис. … канд. биол. наук. М.:, 21 с.

Буторина Т.Е. 1976. Изучение паразитофауны молоди лососей рода *Oncorhynchus* в Охотском море // Паразитология. Т. 10. Вып. 1. С. 3–8.

Буторина Т.Е. 1980. Экологический анализ паразитофауны гольцов (Salvelinus) реки Камчатки // Популяционная экология и систематика лососевых. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, С. 65–81.

Буторина Т.Е., Горовая О.Ю. 2007. Паразитофауна ручьевых гольцов (*Salvelinus malma*) из типового местообитания — реки Пономарка (бассейн озера Азабачье) на Камчатке // Мат. VIII междунар. науч. конф., посвящ. 275-летию с начала Второй Камчатской экспедиции (1732–1733 гг.) «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 27–28 ноября 2007 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 303–307.

Буторина Т.Е., Горовая О.Ю., Матвеев А.Н., Самусенок В.П. 2008а. Современная паразитологическая ситуация и экологические различия гольцов в озерах Забайкальского Севера // Биогеография. Современные проблемы паразитологии. Петрозаводск. Тр. Карел. науч. центра РАН. Вып. 13. С. 45–56.

Буторина Т.Е., Шедько М.Б., Горовая О.Ю. 2008б. Особенности экологии гольцов рода *Salvelinus* (*Salmonidae*) бассейна озера Кроноцкое (Камчатка) по паразитологическим данным // Вопр. ихтиологии. Т. 48. № 5. С. 652–667.

Буторина Т.Е., Горовая О.Ю., Журба В.А., Романов Н.С. 2009. Ушковская мальма — молодой эндемик Камчатки: паразитофауна, экология, морфология, генетика // Тр. КФ ТИГ ДВО РАН. Вып. VII. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 72–90.

Буторина Т.Е., Бусарова О.Ю., Ермоленко А.В. 2011. Паразиты гольцов (*Salmonidae: Salvelinus* Голарктики. Владивосток: Дальнаука, 281 с.

Быховская-Павловская И.Е. 1985. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 121 с.

Введенская Т.Л. Питание и пищевые отношения гольцов *Salvelinus alpinus* sensu lato в озере Дальнем (Камчатка) // Вопр. ихтиологии. 1987. Т. 27. № 4. С. 603–609.

Викторовский Р.М. 1978. Механизмы видообразования у гольцов Кроноцкого озера. М.: Наука, 106 с.

Глубоковский М.К. 1995. Эволюционная биология лососевых рыб. М.: Наука, 343 с.

Горовая О.Ю. 2008. Миксоспоридии гольцов Камчатки // Исследования Мирового океана. Мат. междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию И.В. Кизеветтера (27–29 мая 2008 г.). Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 22–25.

Горовая О.Ю., Буторина Т.Е. 2007. Паразитофауна гольцов озера Курсин из нижнего течения реки Камчатка // Мат. VIII междунар. науч. конф., посвящ. 275-летию с начала Второй Камчатской экспедиции (1732–1733 гг.) «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 27–28 ноября 2007 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 34–37.

Догель В.А. 1962. Общая паразитология. Л.: ЛГУ, 464 с.

Ермоленко А.В., Беспрозванных В.В., Шедько С.В. 1998. Фауна паразитов лососевых рыб (Salmonidae, Salmoniformes) Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 89 с.

Коновалов С.М. 1971. Дифференциация локальных стад нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum). Л.: Наука, 229 с.

Кохменко Л.В. 1970. Особенности питания гольца *Salvelinus alpinus* (L.) // Изв. ТИНРО. Т. 78. С. 117–127.

Крогиус Ф.В., Крохин Е.М., Меншуткин В.В. 1987. Тихоокеанский лосось — нерка (красная) в экологической системе оз. Дальнего (Камчатка). Л.: Наука, 198 с.

Куперман Б.И. 1978. Особенности жизненных циклов и биологии цестод из камчатских лососей // Биол. моря. Т. 4. С. 53–60.

Куренков И.И. 2005. Зоопланктон озер Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 178 с.

Куренков С.И. 1977. Две репродуктивно изолированные группы жилой нерки *Oncorhynchus nerka* Kennerlyi (Suckley) Кроноцкого озера // Вопр. ихтиологии. Т. 17. Вып. 4 (105). С. 597–606.

Лобков Е.Г. 2004. Камчатка — локальный центр современного биологического формообразования: история становления и возможные тенденции динамики // Мат. V науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 22–24 ноября 2004 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 122–131.

Максимов В.А., Савваитова К.А., Медников Б.М., Ломов А.А., Пичугин М.Ю., Павлов С.Д. 1995. Горный голец — новая форма арктического гольца (род *Salvelinus*) из водоемов Таймыра // Вопр. ихтиологии. Т. 35. № 3. С. 290–301.

Осинов А.Г., Павлов С.Д. 1998. Аллозимная изменчивость и генетическая дивергенция популяций арктического гольца и мальмы *Salvelinus alpinus – Salvelinus malma* complex // Вопр. ихтиологии. Т. 38. № 1. С. 47–61.

Павлов С.Д., Репин М.Ю., Пивоваров Е.А. 2003. Популяционное разнообразие гольцов (род *Salvelinus*) озера Кроноцкое. Морфобиологические особенности // Проблемы сохранения и функционирования особо охраняемых природных территорий. Мат. IV науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 18–19 ноября 2003 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 257–260.

Пичугин М.Ю., Сидоров Л.К., Гриценко О.Ф. 2006. О ручьевых гольцах южных Курильских островов и возможном механизме образования карликовых форм мальмы *Salvelinus malma curilus //* Вопр. ихтиологии. Т. 46. № 2. С. 224–239.

Полянский Ю.И. 1958. Паразитофауна и окружающая среда. Некоторые вопросы экологии паразитов морских рыб // Основные проблемы паразитологии рыб. Л.: ЛГУ. С. 55–90.

Решетников Ю.С. 2003. Атлас пресноводных рыб России (Под ред. Ю.С. Решетникова). Т. 1. М.: Наука, 379 с.

Савваитова К.А. 1964. Кунджа *Salvelinus leucomaenis* (Pallas) озер Южного Сахалина // Озера Южного Сахалина и их ихтиофауна. М.: МГУ. С. 154–167.

Савваитова К.А. 1976. Гольцы (род *Salvelinus*) озера Начикинского (Камчатка) и некоторые проблемы систематики озерных гольцов Голарктики // Вопр. ихтиологии. Т. 16. Вып. 2 (97). С. 274–281.

Савваитова К.А. 1989. Арктические гольцы (структура популяционных систем, перспективы хозяйственного использования). М.: Агропромиздат, 223 с.

Соколов С.Г. 2005. Обзор паразитов микижи *Parasalmo mykiss* (Osteichthyes, Salmonidae) полуострова Камчатка // Invertebrate Zool. Т. 2 (1). С. 35–60.

Черешнев И.А., Волобуев В.В., Шестаков А.В., Фролов С.В. 2002. Лососевидные рыбы Северо-Востока России. Владивосток: Дальнаука, 496 с.

Moravec F. 1994. Parasitic nematodes of freshwater fishes of Europe. Prague: Academia Press, 73 p.

Shedko M.B. 1998. In addition to helminthophauna of chars of the genus *Salvelinus* (Salmonidae) from the Kamchatka river basin // Abstr. of the ISACF Workshop «Biology and Evolution of Chars of the Northern Hemisphere» (2–10 September, Kamchatka, Russia). Vladivostok: FEB RAS, 1998. P. 42.

УДК 597-12:576.85

ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПАТОГЕНОВ ГИДРОБИОНТОВ В МОРСКИХ И ПРЕСНЫХ ВОДАХ КАМЧАТКИ

Гаврюсева Т.В., Рудакова С.Л., Рязанова Т.В., Устименко Е.А., Сергеенко Н.В., Бочкова Е.В., Овчаренко Л.В., Грицких Е.А., Козлов К.В.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: gavrt2004@mail.ru

Введение

Инфекционные и инвазионные болезни оказывают значительное влияние на численность гидробионтов (Ferguson, 1995; Marty et al., 2003; Lafferty et al., 2004). Сведений о составе патогенных организмов, связанных с ними заболеваниях и их распространенности в популяциях промысловых рыб и беспозвоночных в Дальневосточных морях крайне недостаточно. Необходимость в информации о составе инфекционных и инвазионных агентов и их распространенности в природных популяциях гидробионтов связана с еще одним немаловажным обстоятельством — расширением ареала многих видов патогенных организмов, обусловленным климатическими изменениями, переносом с интродуцируемыми или культивируемыми видами, случайным заносом (Lafferty et al., 2004; Гаевская, 2004). Организмы-вселенцы нарушают устоявшуюся систему паразит-хозяин в местных экосистемах и могут стать серьезной угрозой существованию естественных сообществ.

Применение комплексных (вирусологических, бактериологических, паразитологических, гистологических, гистохимических, электронно-микроскопических) методов исследований позволяет диагностировать патогенных агентов и объективно оценить состояние здоровья гидробионтов. Сотрудники лаборатории здоровья гидробионтов в течение ряда лет проводят исследования по выявлению видового состава и распространения патогенов в популяциях рыб и беспозвоночных морских и пресных вод Камчатки.

Цель работы — обобщить данные 2001–2011 гг. о видовом составе и распространении патогенов в популяциях гидробионтов в водоемах Камчатки.

Материал и методика

В период 2001–2011 гг. были обследованы гидробионты из внутренних водоёмов — рек Озерная (оз. Курильское), Камчатка (оз. Азабачье), Большая (оз. Начикинское, р. Ключевка, р. Плотникова) и морской акватории Камчатки (Карагинская, Петропавловск-Командорская и Камчатско-Курильская подзоны). С 2002 г. на шельфе Западной Камчатки проводили исследования промысловых видов крабов: камчатского, синего, стригунов опилио и Бэрда. Отлов ракообразных проводили в период осенне-зимних ловушечных съемок 2002, 2004, 2006, 2010 гг. на НИС «Аметист» и летом 2007 г. в ходе траловой съемки на НИС «Профессор Кагановский». Проводили исследования, направленные на обнаружение патогенов, влияющих на товарное качество и безопасность продукции с 2006 г. — горбуши, кеты, кижуча, нерки; с 2008 г. — промысловых видов камбал (желтоперой, двухлинейной, палтусовидной) и тихоокеанской сельди, с 2010 г. — минтая, трески, наваги, малоротой корюшки и камбал.

За период работ обследовали 14542 экз. рыб разных возрастных групп, из них молоди лососевых рыб из естественных водоемов 7797, половозрелых рыб разных видов 6745 экз., 35289 экз. крабов промысловых видов.

Гидробионтов отбирали методом случайных выборок. В процессе работы определяли биологические показатели, описывали клинические и патологоанатомические изменения у исследуемых особей. Единовременная выборка в зависимости от возраста особей, вида и цели исследований составляла от 15 до 135 экземпляров.

Для выделения вирусных патогенов рыб использовали перевиваемые линии клеток CHSE-214 и EPC-1. Культивирование линий клеток и заражение проводили по общепринятым методикам (Сборник инструкций..., 1998; Fish pathology..., 1989).

При бактериологических исследованиях рыб посевы производили из почки, а при наличии патологических изменений — из поражений и других внутренних органов. От крабов отбирали пробы гемолим-

фы, в отдельных случаях — гепатопанкреаса и экзоскелета (Austin, Austin, 1989). Использовали универсальные и селективные питательные среды. Идентификацию бактерий проводили по их культуральным, морфологическим и биохимическим свойствам (Bergey s manual…, 2004). Для биохимического тестирования бактерий использовали тест-системы API 20E, API 20NE, RapiD 20E и Staph (BioMerieux).

Для паразитологических исследований осуществляли полное и неполное паразитологическое вскрытие (Лабораторный практикум..., 1983; Чернышева и др., 2009). Видовую принадлежность паразитов устанавливали с помощью отечественных определителей (Определитель паразитов..., 1984; Определитель паразитов..., 1987). Для фиксации, окрашивания и изготовления постоянных препаратов паразитов использовали отечественные методики (Лабораторный практикум..., 1983; Чернышева и др., 2009), для обнаружения сертифицируемых видов паразитов *Myxosoma cerebralis*, *Ceratomyxa shasta* и возбудителя пролиферативной болезни почки (PKD) — зарубежные (Blue book…, 1994).

Отобранные для гистологического и гистохимического анализа образцы внутренних органов гидробионтов фиксировали в жидкости Дэвидсона. Дальнейшую обработку гистологических проб и окрашивание препаратов гематоксилин-эозином по Мейеру, по Граму, Романовскому-Гимза, Циль-Нильсену, ШИК-световым зеленым проводили по общепринятым методикам (Austin, Austin, 1989; Bancroft et al., 1990).

Для уточнения и подтверждения диагноза заболеваний проводили электронно-микроскопические исследования. Подготовку образцов проводили по общепринятой методике (Уикли, 1975; Glauert, 1991). Ультратонкие срезы просматривали под трансмиссионным электронным микроскопом HITACHI-7000.

Для определения патогенности штаммов *Aeromonas salmonicida, A. hydrophila, Vibrio anguillarum, Actinomyces* sp. использовали заводскую молодь лососей (Sergeenko, Ustimenko, 2005; Сергеенко, 2012).

Результаты и обсуждение

Патогены рыб пресных водоемов Камчатки

В 2001 г. от половозрелой нерки, отловленной в бассейне р. Большая, впервые на Камчатке изолировали особо опасный патоген — вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHNV) (Рудакова, 2003). В последующие годы вирус ежегодно выделяли у половозрелой нерки в бассейнах рек Большая, Озерная и Камчатка (рис. 1). Распространенность IHNV у нерки варьировала от 3,3 до 100% в зависимости от года исследования и водоема (табл. 1). Наиболее неблагополучным по данному возбудителю является оз. Начикинское, где были зафиксированы вспышки инфекционного некроза гемопоэтической ткани у сеголеток нерки в 2003 и 2006 гг. При вирусологических исследованиях на культурах

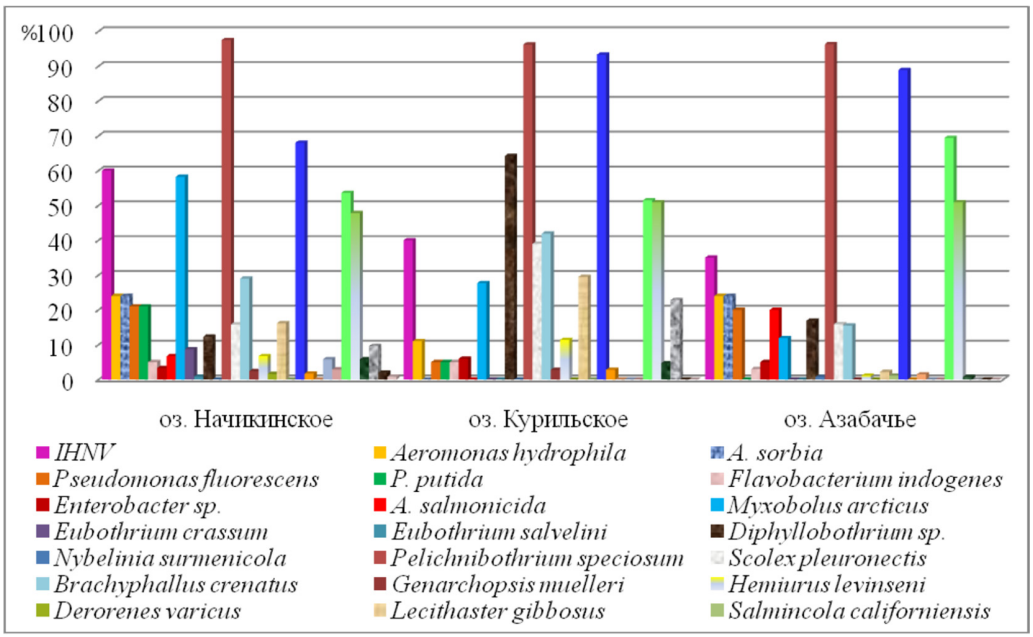


Рис. 1. Среднемноголетняя встречаемость (%) наиболее распространенных патогенов, выявленных у половозрелой нерки в озерах Камчатки в 2001–2011 гг.

клеток выделили вирусный агент, идентифицированный в реакции нейтрализации как вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани. Значения титров вируса колебались от 0,4×108,17 до 0,4×108,56 ТЦД50/мл тестируемого материала, что значительно превышало эпизоотически значимый уровень (105ТЦД50/мл) (Бочкова, Рудакова, 2004; Rudakova, Bochkova, 2009). В результате гистологических исследований молоди нерки выявили некротические изменения в гемопоэтической ткани почки и подслизистом слое желудочно-кишечного тракта, характерные для IHN (Гаврюсева, 2009б).

Наиболее опасным бактериальным патогеном, выявленным у тихоокеанских лососей, является возбудитель фурункулеза — *Aeromonas salmonicida* (рис. 1). Впервые бактерии этого вида изолировали в 1989 г. от кеты из Берингова моря (Сазонов и др., 1993). Патоген выделили от лососей из бассейна р. Большая (оз. Начикинское, рр. Ключевка, Плотникова) и оз. Азабачье. Встречаемость *A. salmonicida* у рыб из бассейна р. Большая в разные годы исследований составила 3,3–10% (Sergeenko, Ustimenko, 2003). Чаще всего патоген выявляли у нерки из оз. Азабачье, доля инфицированных рыб в отдельные годы достигала 33% (Устименко, Сергеенко, 2011).

От молоди и половозрелых лососей из всех водоёмов изолировали бактерий родов *Pseudomonas, Flavobacterium, Staphylococcus* и *Actinomyces*, семейства Enterobacteriaceae, которые, наряду с аэромонадами, являются обычными представителями водных микробиоценозов. Выявление у рыб актиномицетов, энтеробактерий и стафилококков, известных как патогены человека и теплокровных животных, свидетельствует об антропогенном воздействии на водоёмы.

У молоди тихоокеанских лососей из естественных водоемов выделили 33 вида паразитов, относящихся к 15 классам: *Kinetoplastomonada* — 3, *Microsporidea* — 1, *Myxosporidia* — 3, *Cyrtostomata* — 2, *Hymenostomata* — 2, *Peritricha* — 2, *Monogenea* — 2, *Cestoda* — 4, *Trematoda* — 2, *Nematoda* — 4, *Acanthocephala* — 2, *Hirudinea* — 1, *Bivalvia* — 1, *Crustacea* — 2, *Arachnida* — 2 (рис. 2). Из них девять видов остаются в теле рыб в течение морского периода. У половозрелых тихоокеанских лососей из естественных водоемов обнаружили 36 видов паразитов, относящихся к 8 классам: *Kinetoplastomonada* — 1, *Microsporidea* — 1, *Myxosporidia* — 7, *Cestoda* — 6, *Trematoda* — 9, *Nematoda* — 6, *Acanthocephala* — 4, *Crustacea* — 2 (Овчаренко и др., 2010) (рис. 1). Из них 9 видами в дальнейшем заражается молодь лососей нового поколения. Гистопатологические изменения, вызванные паразитарными агентами в жабрах, почке, желудочно-кишечном тракте и головном мозге у молоди рыб, носили локальный характер (Гаврюсева, 2006, 2009а, б; Gavruseva, 2011).

В мускулатуре всех видов взрослых тихоокеанских лососей находили плероцеркоиды *Diphyllobothrium* sp. и личинки *Anisakis* sp., потенциально опасные для человека и некоторых животных. Встречаемость этих паразитов была от 6,7 до 100% в разные годы. Самую высокую экстенсивность инвазии плероцеркоидами цестод выявили у нерки в оз. Курильское — 80–100%, самую низкую в оз. Начикинское — до 13,3%. Кроме вышеуказанных паразитов, в чешуйных кармашках рыб регистрировали миксоспоридии *Myxosoma dermatobia*, а в мускулатуре — *Henneguya zschokkei* (Карманова, 2009; Рудакова и др., 2009а), их встречаемость составляла от 5 до 20%. Эти паразиты портят товарный вид рыбы и качество продукции из нее.

Морские исследования

Горбуша. В результате комплексных исследований горбуши Карагинской и Камчатско-Курильской подзон выявлены патогены, характеризующие санитарно-эпизоотическое состояние популяций этого вида

Таблица 1. Распространенность вируса IHN у половозрелой нерки в нагульно-нерестовых водоемах Камчатки в период 2004–2011 гг.

Год	Распространенность IHNV в %, (min-max)/ средний титр (ТЦД 50/мл)		
	оз. Начикинское	оз. Курильское	оз. Азабачье
2004	50–66,7/0,4x10^{7,7}	0–33,3/0,4x10^{8,3}	0–60/0,4x10^{7,6}
2005	20–100/0,4x10^{7,4}	0–33,3/0,4x10^{6,4}	0–26,7/0,4x10^{8,2}
2006	0–28/0,4x10^{7,9}	3,3–42,6/0,4x10^{7,7}	19,5/0,4x10^{7,4}
2007	0–43,3/0,4x10^{8,7}	3,3–45/0,4x10^{8,7}	6,7/0,4x10^{8,3}
2008	16,7–26,7/0,4x10^{8,6}	3,3–26,7/0,4x10^{7,9}	0–30/0,4x10^{7,6}
2009	0–26,7/0,4x10^{5,1}	16,6–63,3/0,4x10^{6,5}	16,6–20/0,4x10^{7,8}
2010	0–30/0,4x10^{7,9}	43–50/0,4x10^{7,4}	10–23/0,4x10^{7,2}
2011	33–43/0,4x10^{8,1}	17/0,4x10^{7,4}	0–20/0,4x10^{7,3}

рыб и способные влиять на товарное качество рыбопродукции (рис. 3). От особей с поражениями кожи выделили бактерий вида *Vibrio anguillarum* и *A. hydrophila.* Этиологическая роль вибрионов в развитии патологического процесса у рыб была подтверждена экпериментальным путём — постановкой биопробы на мальках кеты (Сергеенко и др., 2012).

У *горбуши* обнаружены паразиты, опасные для здоровья человека: нематоды *Anisakis* sp. l. (экстенсивность инвазии 13,3–66,6%) и плероцеркоиды лентецов *Diphyllobothrium* sp. (э.и 5,8–20%). Также выявлены два вида ракообразных эктопаразитов Lepeophtheirus salmonis (э.и. 15,5-80%) и *Caligus clemensi* (э.и. 15–42,9%), в результате прикрепления которых на коже рыб образуются поверхностные язвы, портящие товарный вид.

Тихоокеанская сельдь. Бактериологическими методами исследования у корфо-карагинской сельди идентифицировали три рода бактерий, обычных представителей условно патогенной водной микрофлоры: *Pseudomonas, Acinetobacter, Enterobacter* (рис. 4).

В ходе паразитологических исследований у корфо-карагинской сельди выявили 9 видов паразитов, относящихся к четырем классам (кокцидии — 1, трематоды — 3, нематоды — 4, скребни — 1) с варь-

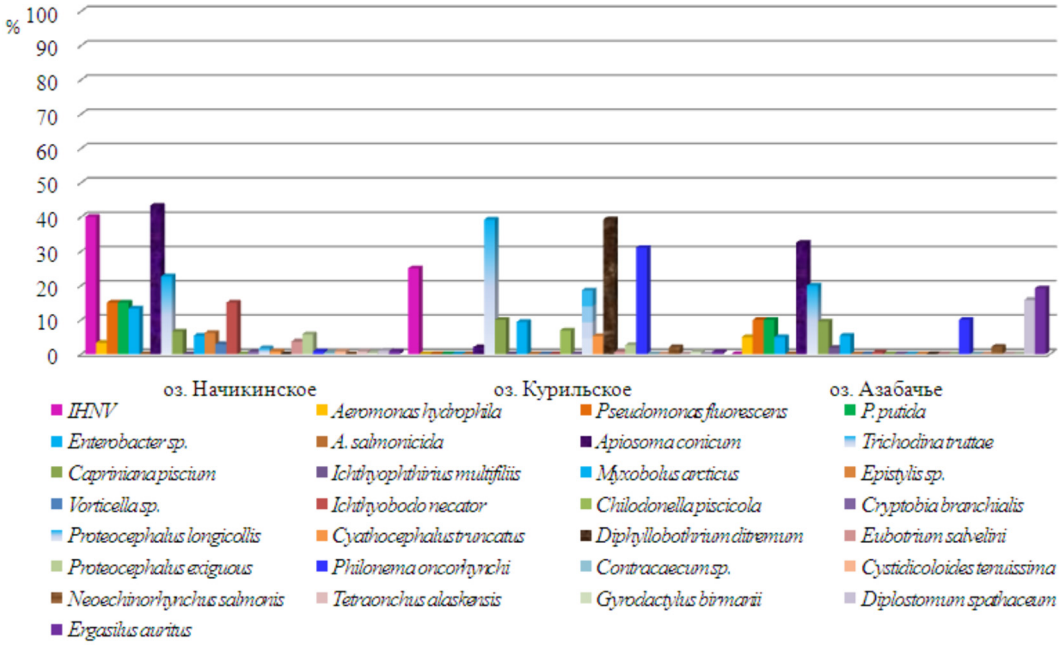


Рис. 2. Среднемноголетняя встречаемость (%) наиболее распространенных патогенов, выявленных у молоди нерки в озерах Камчатки в 2001–2011 гг. (Для IHNV приведены значения встречаемости в годы, когда был выделен вирус у молоди нерки (2003 и 2006 гг. в оз. Начикинском и 2009 г. в оз. Курильском)

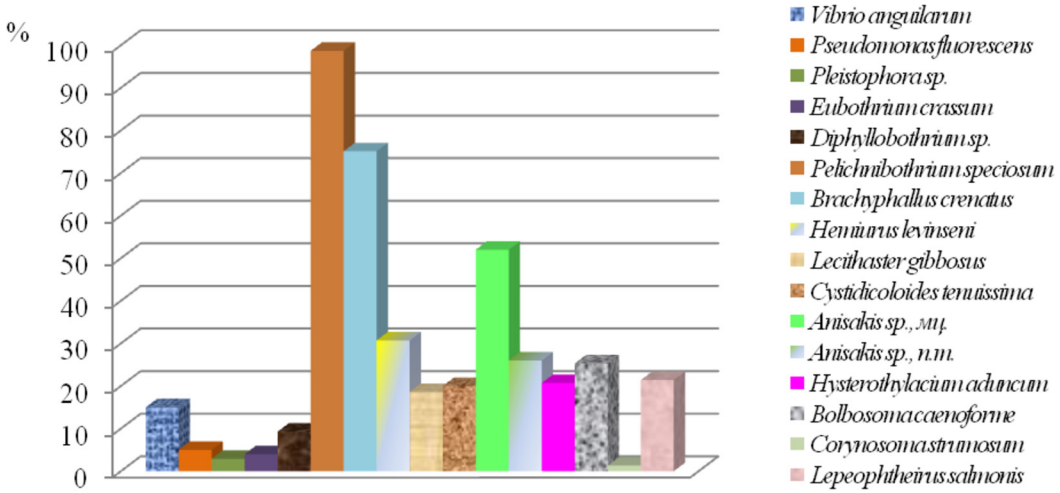


Рис. 3. Среднемноголетняя встречаемость (%) наиболее распространенных патогенов, выявленных у горбуши 2009–2011 гг.

ирующими показателями зараженности. Преобладающими видами паразитов были трематоды *Brachyphallus crenatus*, личинки нематод *Anisakis* sp. и личинки скребней р. *Corynosoma*. Кроме того, гистологическими методами исследования на коже обнаружили личинок трематод *Gen*. sp., цисты кокцидии *Eimeria* sp., (предположительно, E. *sardinae*) в семенниках, паразитического простейшего, предположительно, *Paranophrus* sp., а на жаберных ламеллах паразитического простейшего, предположительно, *Paramoeba* sp.

В целом, у сельди отмечали невысокие количественные показатели инвазии: даже в случаях с высокой экстенсивностью заражения отдельными паразитами (*Corynosoma sp., Anisakis sp., Brachyphallus crenatus*), средняя интенсивность ее обычно не превышала 7 экземпляров.

Камбалы. При посеве почки на универсальные и селективные питательные среды у двухлинейной камбалы выделили два рода бактериальных патогенов: *Vibrio* (40% рыб, из них: 17% — *V*. (*Listonella*) *anguillarum* и 23% — *Vibrio* sp.) и *Enterobacter* (6%). Бактериальная микрофлора, выделенная от желтоперой камбалы, была представлена 3 родами: *Vibrio* (56% рыб, из них: 16% —*V. anguillarum*, 40% — *Vibrio* sp.), *Enterobacter* (9%) и *Pseudomonas* (6%) (рис. 5).

Паразитофауна камбал была представлена 28 видами, относящимися к 7 классам. В 2010 г. в органах и тканях северной двухлинейной камбалы обнаружили простейшего паразита — *Ichthyophonus hoferi* (Бочкова и др., 2011). Этот патоген относится к облигатным и во время эпизоотических вспышек способен оказывать влияние на численность популяций морских рыб — сельди, камбал, макрели и др. В то же время он представляет собой серьезную угрозу и наносит значительный урон культивируемым лососям в Европе и Северной Америке (Noga, 1996; Sindermann, 1990).

Общими для всех камбал паразитами были трематоды *S. fusciger, Rhodotrema ovacutum, Brachyphallus* crenatus и скребни *Echinorhynchus* gadi и *Corynosoma* sp. l.; экстенсивность инвазии этими паразитами колебалась от 6,7 до 66,7% рыб, средняя интенсивность — от 1 до 30 экз. (рис.5). В разные годы исследований у обследованных видов рыб в мускулатуре регистрировали потенциально опасных для человека и теплокровных животных цестод (*Diphyllobotrium* sp., *Nybelinia surmenicola*), нематод (*Anisakis* sp.), скребней (*Corynosoma* sp.). Кроме того, на коже и в мускулатуре рыб выявили трематод Stephanostomum sp., которые портили товарный вид продукции.

Крабы. У промысловых крабов четырех видов: камчатского *Paralithodes camtschaticus*, синего *P. platypus*, крабов-стригунов опилио *Chionoecetes opilio* и Бэрда *Ch. bairdi* обнаружены инфекционные (бактерии 8 родов, вирусы) и инвазионные (микроспоридии 2 родов, паразитические динофлагелляты, амебы, ресничные инфузории, корнеголовый рак) патогенные агенты.

Наиболее распространенными патогенами, выявленными у крабов всех исследованных видов были бактерии рр. *Vibrio, Aeromonas* и *Pseudomonas*, вызывающие бактериальную панцирную болезнь ракообразных. Больше всего особей с признаками этого заболевания (19,8% особей, из них 9,0% — с сильной степенью заболевания) отмечали среди крабов-стригунов опилио в осенне-зимний период 2006 г. (рис. 6).

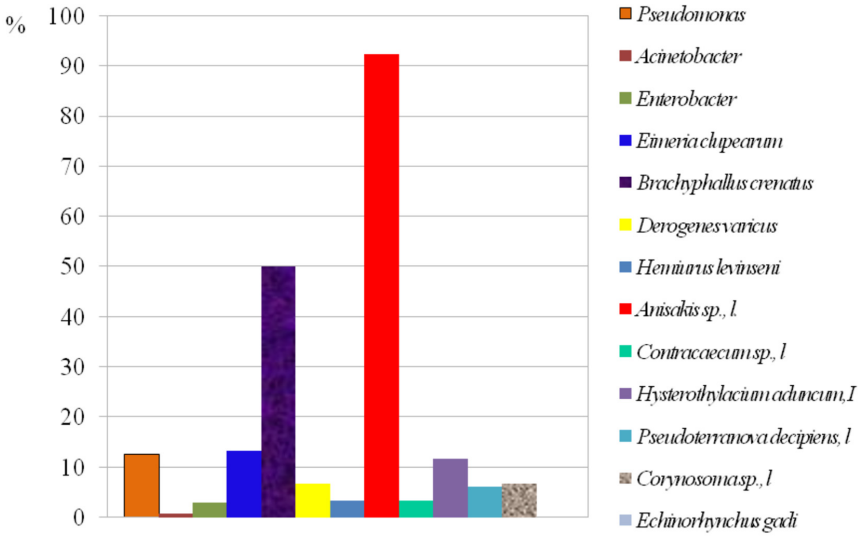


Рис. 4. Среднемноголетняя встречаемость (%) наиболее распространенных патогенов, выявленных у тихоокеанской сельди в 2008–2011 гг.

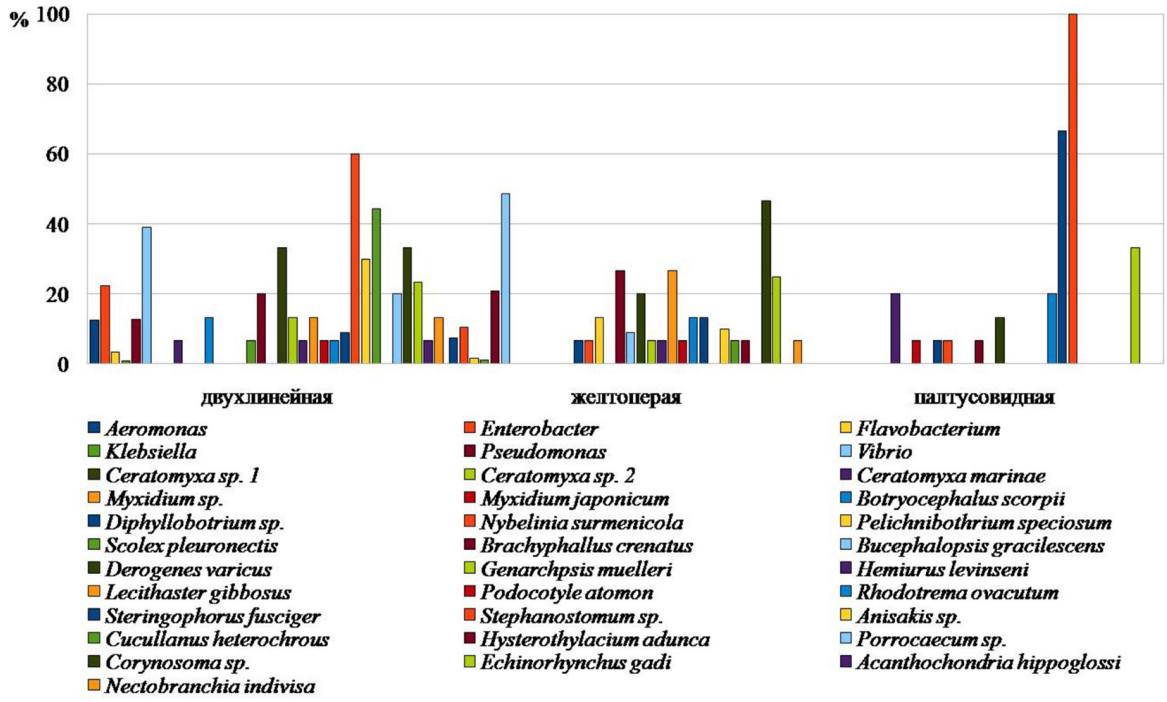


Рис. 5. Среднемноголетняя встречаемость (%) наиболее распространенных патогенов, выявленных у промысловых видов камбал Камчатки в 2008–2011 гг.

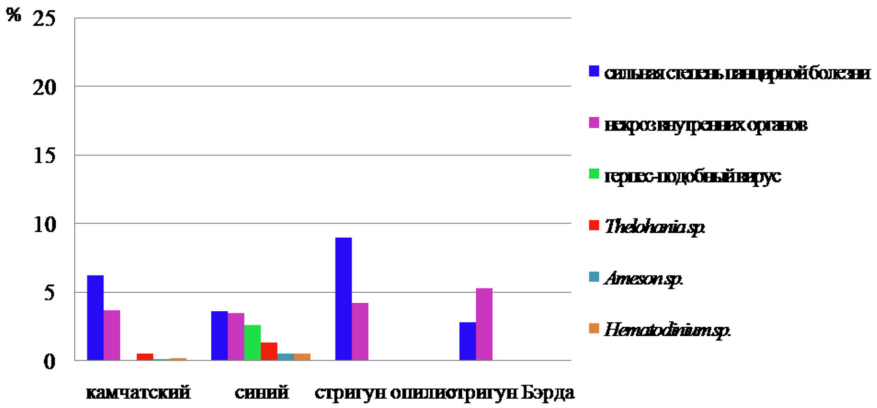


Рис. 6. Среднемноголетняя встречаемость (%) наиболее распространенных патогенов, выявленных у промысловых видов крабов Камчатки в 2002–2011 гг.

У синего краба в Охотском море зарегистрировали заболевание, вызванное герпес-подобным вирусом (Рязанова, Елисейкина, 2010а). Заболевание отмечали только в северной части шельфа и его встречаемость осенью-зимой 2006 и весной 2010 гг. составляла 1,4 и 3,8%, соответственно. По данным американских исследователей в Беринговом море инфекция встречается также у камчатских *P. camtschaticus* и равношипых крабов *L. aequispinus* (Sparks, Morado, 1986).

У камчатского и синего крабов обнаружены паразитические динофлагелляты *Hematodinium* sp., которых прежде не отмечали у ракообразных сем. Lithodidae (Ryazanova et al., 2010). По результатам визуального учета, крабов с клиническими признаками инвазии, т.е. на поздних стадиях болезни, в уловах встречается около 1%. Однако, во многих районах Мирового океана этот паразит является одним из опаснейших патогенов, причиняющих серьезный ущерб в популяциях более 20 видов промысловых ракообразных (Stentiford, Shields, 2005).

В настоящее время у ракообразных на шельфе Западной Камчатки выявлены микроспоридии 3 родов: *Pleistophora* (Gavruseva et al., 1997), Thelohania и Ameson (Рязанова, Елисейкина, 2010б). Микроспоридий рода *Thelohania* впервые обнаружили в 2004 г., а рода *Ameson* — в 2006 г. Доля особей с признаками заражения микроспоридиями обоих родов была низкой во все сезоны года. У самцов синих крабов,

зараженных Thelohania sp., она составляла от 0,1 до 3,4%, у самок от 0,1 до 1,8%. Среди камчатских крабов таких животных было 1,2 и 0,3%, соответственно. Доля крабов обоих видов с признаками заражения Ameson sp. не превышала 1%. Исследования показали, что инвазии микроспоридией рода *Thelohania* подвержены также равношипый краб и крабы-стригуны обоих видов (Рязанова, Метелев, 2010).

Микроспоридии и паразитические динофлагелляты *Hematodinium* sp. являются наиболее опасными простейшими патогенами, обнаруженными на шельфе Западной Камчатки. Они оказывают большее влияние на молодь и самок камчатских и синих крабов, хотя были обнаружены и у промысловых самцов этих видов, а также крабов-стригунов. Вызываемые указанными паразитами заболевания смертельны для ракообразных, а продукция из зараженных особей непригодна для использования.

В целом, по полученным нами данным уровень встречаемости инфекционных и инвазионных заболеваний у промысловых крабов на шельфе Западной Камчатки относительно невысок. Однако наличие опасных патогенов, способных вызывать эпизоотии, таких как герпес-подобный вирус, микроспоридии, паразитические динофлагелляты *Hematodinium* sp., обуславливают необходимость постоянного мониторинга их распространенности в популяциях промысловых крабов Охотского моря.

Мониторинг качества и безопасности продукции из ВБР. При исследовании промысловых видов рыб из уловов в акватории Камчатки выявили 6 видов паразитов, потенциально опасных для здоровья человека и теплокровных животных: личиночные стадии цестод рода *Diphyllobotrium, N. surmenicola, Pyramicocephalus phocarum*, нематод рода *Anisakis* и *Contracaecum osculatum* и скребень *C. strumosum* (рис. 7) (СанПиН 3.2.1333-03, 2003).

Личинками анизакид наиболее заражена мускулатура северного одноперого терпуга, горбуши, нерки, а также печень минтая; плероцеркоидами дифиллоботриид и метацеркариями трематоды *Nybelinia salmincola* — мускулатура минтая. Цестод *N. surmenicola* чаще всего встречали в печени и гонадах минтая, в мускулатуре трески и палтусовидной камбалы; личинок скребня *Corynosoma strumosum* — в печени желтоперой, двухлинейной и четырехбугорчатой камбал.

Заражение патогенными агентами, потенциально опасными для здоровья человека, может произойти при употреблении в пищу сырой, слабосоленой или недостаточно обработанной каким-либо термическим способом рыбы, что связано с относительно высокой устойчивостью этих паразитов к воздействию температуры и солевых растворов (Гаевская, 2004). Кроме этого, в случае локализации личинок *Anisakis* sp. в мускулатуре портится товарный вид рыбы и снижается качество получаемой из неё продукции.

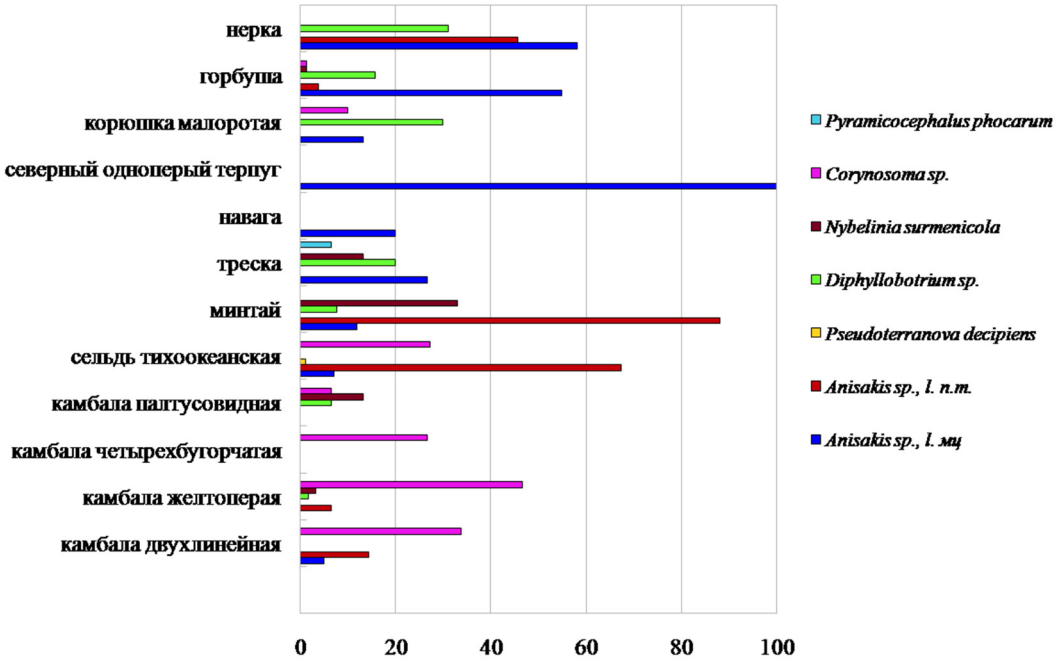


Рис. 7. Видовой состав и среднемноголетняя встречаемость (%) паразитов, потенциально опасных для человека, у промысловых видов рыб Камчатки

Заключение

В результате многолетних комплексных исследований был определен состав основных патогенов гидробионтов и получены данные об их распространенности во внутренних водоемах и морских акваториях Камчатки.

Выявлены два особо опасных патогена (возбудители фурункулеза *A. salmonicida* и инфекционного некроза гемопоэтической ткани), которые могут быть причиной гибели молоди и влиять на численность популяций. Нерестовые водоемы бассейна р. Большая и оз. Азабачье неблагополучны сразу по двум из них, оз. Курильское — только по IHNV.

У лососевых рыб, тихоокеанской сельди, промысловых видов камбал, трески, минтая, наваги, малоротой корюшки выявили паразитов, потенциально опасных для человека и некоторых теплокровных животных, а также влияющих на товарное качество продукции. В результате исследования рыб из различных промысловых районов Камчатки определили что наибольшее эпидемиологическое значение в распространении анизакиоза имеют одноперый терпуг, нерка и горбуша, а дифиллоботриоза — малоротая корюшка и нерка.

У промысловых крабов на шельфе Западной Камчатки зарегистрирован ряд инфекционных и инвазионных патогенов. Из инфекционных заболеваний наиболее опасным для крабов является герпесвирусная инфекция, обнаруженная только у синего краба. Из паразитарных агентов к наиболее опасным относятся микроспоридии родов *Thelohania* и *Ameson*, а также паразитические динофлагелляты Hematodinium sp. Заболевания встречаются чаще у молоди и самок крабов-литодид. По полученным нами данным уровень встречаемости инфекционных и инвазионных заболеваний у промысловых крабов на шельфе Западной Камчатки в настоящее время относительно невысок.

Некоторые пресноводные водоемы Камчатки являются природным резервуаром вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани, что надо учитывать при перевозках акклиматизации производителей нерки, а также при искусственном воспроизводстве.

Наличие в популяциях промысловых рыб и ракообразных Камчатки ряда опасных патогенов обуславливает проведение дальнейшего мониторинга эпизоотической обстановки. Постоянный контроль позволит выявить очаги распространения различных патогенов, что необходимо для прогнозирования развития и влияния болезней на численность промысловых объектов, а также качество и безопасность водных биоресурсов. В дальнейшем необходимо проводить исследования по выявлению в нерестовых водоемах гидробионтов, служащих резервуаром для особо опасных патогенных агентов; а также разработку и освоение экспресс-методов выделения и идентификации микроорганизмов, патогенных для водных животных. Это позволит применять меры по профилактике распространения болезнетворных агентов в другие районы обитания, а также отслеживания возможного появления у гидробионтов в водах Камчатки новых патогенов в результате биоинвазий и/или иных причин.

Благодарности

Авторы приносят искреннюю благодарность за помощь при выполнении работы сотрудникам КамчатНИРО — В.Ф. Бугаеву, В.А. Дубынину, С.А. Травину, Г.В. Базаркину, С.А. Петрову, а также всем коллегам и членам экипажей НИС «Аметист» и «Профессор Кагановский» за содействие при сборе материала во время экспедиционных работ.

Список литературы

Бочкова Е.В., Гаврюсева Т.В., Овчаренко Л.В., Жукова Л.А. 2011. Комплексные исследования состояния здоровья двух промысловых видов камбал Берингова моря // Мат. III межд. конф. «Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб». Борок, 18–22 июля 2011 г. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. С. 85–89.

Бочкова Е.А., Рудакова С.Л. 2004. Инфекционный некроз гемопоэтической ткани (IHN) в популяции нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) озера Начикинское (Камчатка) // Расшир. мат. всеросс. науч.-практ. конф. «Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб». Борок, 16–18 июля 2003 г. М.: ООО «Авось-ка». С. 404–416.

Гаврюсева Т.В. 2006. Морфологические изменения у молоди тизоокеанских лососей из естественных водоёмов и на рыбоводных заводах Камчатки // Автореф. дис… канд. биол. наук. Владивосток: Инс-т биологии моря, 24 с.

Гаврюсева Т.В. 2009а. Влияние абиотических и биотических факторов на состояние здоровья молоди тихоокеанских лососей в ранний пресноводный период // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Вып. 14. С. 84–99.

Гаврюсева Т.В. 2009б. Влияние паразитарных агентов на молодь тихоокеанских лососей в озерах Камчатки // Тез. докладов X Съезда Гидробиол. общества при РАН: (Владивосток, 28 сентября-2 октября 2009 г.). Владивосток: Дальнаука. С. 86–87.

Гаевская А.В. 2004. Паразитологические аспекты интродукции чужеродных организмов в морские экосистемы // Морський екологічний журн. Т. 3. № 1. С. 18–22.

Жукова Л.А., Бочкова Е.В., Устименко Е.А., Гаврюсева Т.В. 2010. Вибриоз у камбал в Карагинском заливе // Паразиты Голарктики: Сб. науч. статей междунар. симп. (Петрозаводск, 4–8 октября, 2010 г.). Петрозаводск: Изд-во инт-та биологии Карельского науч. центра. Т. 1. С. 106–108.

Карманова И.В. 2009. Миксо- и микроспоридии у тихоокеанских лососей на Камчатке // Вестник КамчатГТУ. Петропавловск-Камчатский: КГТУ. Вып. 9. С. 54–60.

Лабораторный практикум по болезням рыб. 1983 / Под ред. Мусселиус В.А. М.: Лег. и пищ. промсть. С. 28-36.

Овчаренко Л.В., Гаврюсева Т.В., Козлов К.В. 2010. Паразитофауна молоди нерки из озера Курильское (Камчатка) и ее влияние на здоровье рыб // Паразиты Голарктики: Сб. науч. статей междунар. симп. (Петрозаводск, 4–8 октября, 2010 г.). Петрозаводск: Инт-т биологии Карельского науч. центра. Т. 2. С. 22–25.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. 1984. Паразитические простейшие / Под ред. О.Н. Бауера. Л.: Наука. Т. I, 431 с.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. 1987. Паразитические многоклеточные / Под ред. О.Н. Бауера. Л.: Наука. Т. III, 583 с.

Рудакова С.Л. 2003. Некроз гемопоэтической ткани у производителей нерки и предполагаемые источники инфекции // Вопросы рыболовства. Том 4. № 1 (13). С. 93–102.

Рудакова С.Л., Гаврюсева Т.В., Асеева Н.Л., Устименко Е.А., Овчаренко Л.В. 2009а. К проблеме товарного качества продукции из горбуши Карагинской подзоны (Камчатка) в 2009 г. // Лососевый бюллетень № 4. ТИНРО-центр. Владивосток. С. 252–256.

Рязанова Т.В., Елисейкина М.Г. 2010а. Вирусная инфекция у синего краба *Paralithodes platypus* в Охотском море // Тез. межд. конф. «Современное состояние водных биоресурсов», Новосибирск, 7–9 декабря 2010 г. Новосибирск: «Агрос». С. 211–215.

Рязанова Т.В., Елисейкина М.Г. 2010б. Микроспоридии родов Thelohania (Thelohaniidae) и Ameson (Pereziidae) у двух видов крабов-литодид Охотского моря // Биология моря. Т. 36. № 6. С. 429–436.

Рязанова Т.В., Метелев Е.А. 2010. Некоторые данные о распространенности микроспоридий *Thelohania* sp. среди промысловых крабов Охотского моря // Сб. науч. статей межд. симп. «Паразиты Голарктики», 4–8 октября 2010, г. Петрозаводск: Инт-т биологии Карельского науч. центра. Т. 2. С. 83–85.

Сазонов А.А., Пугаева В.П., Линева Г.П., Зубаха С.В. 1993. Случаи фурункулеза у кеты *Oncorhynchus keta* и кижуча *Oncorhynchus kisutch* на Камчатке // Исслед. биол. и динамики численности пром. рыб Камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 230–240.

СанПиН 3.2.1333-03. 2003. Профилактика паразитарных болезней на территории Российской Федерации. Санитарные правила и нормы. М. Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 67 с.

Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. 1998. Ч. 1. М.: Отдел маркетинга АМБагро, 310 с.

Сергеенко Н.В., Гаврюсева Т.В., Устименко Е.А. 2004. Актиномицеты у лососевых рыб Камчатки // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. «Стратегия развития аквакультуры в условиях XXI века». Минск: «Тонпик». С. 347–350.

Сергеенко Н.В. 2012. Бактериологические показатели лососей в естественных водоемах Камчатки. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 23 с.

Уикли Б. Электронная микроскопия для начинающих. М.: Мир. 1975, 324 с.

Устименко Е.А., Сергеенко Н.В. 2011. Возбудитель фурункулеза *Aeromonas salmonicida* у половозрелой нерки (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) из оз. Азабачье // Вопр. рыболовства. Т. 12. № 3 (47). С. 576–586.

Чернышева Н.Б., Кузнецова Е.В., Воронин В.Н., Стрелков Ю.А. 2009. Паразитологическое исследование рыб. Методическое пособие / Санкт-Петербург: ГОСНИОРХ, 20 с.

Austin B., Austin D.A. 1989. Methods for the microbiological examination of fish and shellfish // Edinburgh EH1 1HX. Scotland. 260 p.

Bancroft D., Stevens A., Turner D.R. 1990. Theory and practice of histological techniques. Edinburgh, London, Melbourne, New York: Churchill Livingstone Inc. 725 p.

Bell T.A., Lightner D.V. 1988. A handbook of normal penaeid shrimp histology. Baton Rouge. Louisiana: The World aquaculture society, 114 p.

Bergey s manual of systematic bacteriology. Ed. by Garrity G.M., Bell J.A., Lilburn T.G. 2004. 2 Ed. New York: Springer, 330 p.

Blue book. Suggested procedures for the detection and identification of certain finfish and shellfish pathogens. 1994. 4th ed. Ver. I. Fish Health Sec. Am. Fish. Soc., 294 p.

Ferguson H.W. 1995. Systematic pathology of fish. A text and atlas of comparative tissue responses in diseases of Teleosts. Iowa: Iowa State Univ. Press Ames. 267 p.

Fish pathology. 1989. London, Philadelphia, Sydney, Tokyo, Toronto: Stirling Univ., 383 p.

Gavruseva T.V. 2011. Pathological analysis of juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) from lake Kurilskoe (Kamchatka, Russia) // Proceedings of the third bilateral conference between Russia and the Unated States. 12–20 July 2009. Shepherdstown, West Virginia. Landover, Maryland, USA. P. 123–129.

Gavruseva T.V., Pugaeva V.P., Rudakova S.L., Sazonov A.A. 1997. The first cases of the microsporidiosis in the crabs red king Paralithodes camtschatica and golden king Lithodes aequispina from the Sea of Okhotsk Diseases of Fish and Shellfish // Abstracts of VIII Intern. Conf. Heriot-Watt University. p. 040.

Glauert A.M. 1991. Fixation, dehydration and embedding of biological specimens. Practical methods in electron microscopy. North-Holland. 207 p.

Lafferty K.D., Porter J.W., Ford S.E. 2004. Are diseases increasing in the ocean? // Ann. Rev. Ecol. Evol. System. V. 35. P. 31–54.

Marty G.D., Quinn T.J., Carpenter G., Meyers T.R., Willits N.H. 2003. Role of disease in abundance of a Pacific herring (Clupea pallasi) population // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 60. № 10. P. 1258–1265.

Noga E.J. 1996. Fish diseases. Diagnosis and treatment. Mosby-Year Book, 367 p.

Post G. 1987. Textbook of fish health. Neptune City: T.F.H. Publ, 288 p.

Rudakova S.L., Bochkova E.V. 2009. Analysis of two natural epizootics of infectious hematopoietic necrosis in sockeye salmon fry Oncorhynchus nerka in spawning lake Nachikinskoe (Kamchatka) // Third bilateral conference 'Aquatic animal health", Shepherdstown, West Virginia, 12–20 July, 45 p.

Ryazanova T.V., Eliseikina M.G., Kukhlevsky A.D., Kharlamenko V.I. 2010. Hematodinium sp. infection of red king crab Paralithodes camtschaticus and blue king crab Paralithodes platypus from the north-eastern part of the Okhotsk Sea, Russia // J. Invertebrate Pathol. V. 105. № 3. P. 329–334.

Sergeenko N.V., Ustimenko E.A. 2005. Characterization of strains of *Aeromonas salmonicida* subsp. salmonicida isolated from spawning salmon in fish hatcheries on Kamchatka // Health and Diseases of Aquatic Organisms: Bilateral Perspectives. In: R.C. Cipriano, I.S. Shchelkunov (Eds.). P. 256–259.

Sindermann C.J. 1990. Principal diseases of marine fish and shellfish. Second Ed. USA: Academic Press. V. 1, 521 p.

Sparks A.K., Morado J.F. 1986. A herpes-like virus disease in the blue king crab Paralithodes platypus // Dis. Aquat. Org. V. 1. № 2. P. 115–122.

Stentiford G.D., Shields J.D. 2005. A review of the parasitic dinoflagellates Hematodinium species and Hematodinium-like infections in marine crustaceans // Dis. Aquat. Org. V. 66. № 1. P. 47–70.

УДК 597-12

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИХТИОПАТОЛОГИИ В ТИХООКЕАНСКОМ БАССЕЙНЕ

Рудакова С.Л.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: rudakova@kamniro.ru

Введение

Сведения о паразитах и болезнях рыб стали накапливаться еще с 16 века. Так, оспа карпа была описана Геснером в 1563 г. Некоторые паразиты рыб вошли в знаменитую книгу Карла Линнея «Система природы» (1758). В Европе ихтопатологические исследования начали развиваться со второй половины XIX в., когда усилился интерес к разведению рыб. Первая в России лаборатория болезней рыб была создана в ГосНИОРХе в 1929 г. и работала под руководством видного зоолога, чл.-кор. АН СССР В.А. Догеля, который уделял большое внимание паразитам. Значительно меньше занимались сотрудники ГосНИОРХ изучением бактериальных и вирусных болезней рыб. Исследования этих болезней в основном проводились во Всероссийском институте прудового рыбного хозяйства (ВНИИПРХ). Основным объектом ее изучения стала краснуха карпа, впервые обнаруженная в России в начале 30-х годов в прудовых хозяйствах Московской области и Северного Кавказа (Бауэр и др., 1977).

В первой половине XX века в ихтиопатологи преобладало изучение паразитов и инвазионных болезней пресноводных рыб. В это время была выявлена основная паразитофауна пресноводных рыб, изучена биология возбудителей важнейших инвазионных заболеваний разводимых и, частично, промысловых рыб, разработаны меры профилактики и терапии, усовершенствована систематика важнейших групп ихтиопаразитов. Во второй половине XX века стали преобладать исследования в области популяционной биологии паразитов, оценки влияния патогенов на рыбопродуктивность пресноводных водоемов, изучения патогенеза и изысканию биологических методов борьбы с паразитами. Внедрялись новые методы исследования, такие как электронная микроскопия, гистохимия, биохимия, иммунология, биостатистика.

Изучение инфекционных болезней рыб в первой половине XX в. велось недостаточно интенсивно, методический уровень был не совершенен. В 60-х гг. благодаря разработке и внедрению метода перевиваемых линий клеток, исследователи получили возможность судить о природе заболеваний, вызываемых вирусами. В настоящее время у рыб обнаружено более 250 вирусов, из которых основная часть — в странах с высокоразвитой аквакультурой (США, Франция, Германия, Великобритания, Италия, Норвегия, Япония и др.) (Бауэр и др., 1977).

Дальневосточные моря России принадлежат к наиболее продуктивным районам Мирового океана. Высокий продукционный потенциал всех компонентов экосистем и большой набор ценных промысловых гидробионтов являются характерной чертой, как этих морей, так и прилежащих к ним вод океана. Однако, только в 60-х гг. XX в. была создана первая лаборатория болезней рыб на Дальнем Востоке (ТИНРО-центр), которая в том числе занималась морской паразитологией. Это было связано в первую очередь с активным освоением биологических ресурсов Тихоокеанских вод.

В настоящее время в Тихоокеанском бассейне действуют 4 ведомственных института Росрыболовства (ФГУП «ТИНРО-Центр» с филиалами «ХбНИРО», «ЧукотНИРО»; «КамчатНИРО», «СахНИРО» и «МагаданНИРО»). В трех из них существуют ихтиопатологические лаборатории. В ТИНРО-Центре основной упор делается на паразитологические исследования, в СахНИРО на паразитологические и бактериологические, а в КамчатНИРО в лаборатории здоровья гидробионтов проводят комплексные (вирусологические, бактериологические, паразитологические, гистологические и гематологические) исследования. Односторонний подход редко дает положительный результат, так как можно не выявить первопричину болезни, что часто бывает при вирусных инфекциях, когда вторичная микрофлора и паразиты легко поражают ослабленных гидробионтов, что может привести к неправильной постановке диагноза.

Со временем меняются приоритеты в политике России, но в любом случае сотрудники рыбохозяйственных НИИ должны работать в тесном сотрудничестве с рыбопромышленниками и рыбоводами, и ихтиопатологические лаборатории не являются исключением.

Ихтиопатологические исследования должны способствовать достижению целей и задач, а также показателей и целевых индикаторов, предусмотренных Федеральной целевой программой «Повышение эффективности использования и развитие ресурсного потенциала рыбохозяйственного комплекса в 2009 — 2012 гг. (2013–2020 гг.)», а также Концепцией развития рыбного хозяйства Российской Федерации на период до 2020 года.

Цель работы — выделить перспективные направления развития ихтиопатологии в дальневосточном рыбохозяйственном бассейне, а также пути их внедрения в практику.

Результаты и обсуждение

Анализ работ российских (Фролов, 2011; Вялова, 2005) и зарубежных ученых (Woo, Bruno, 1999; OIE, 2010), а также результаты наших многолетних исследований (Рудакова и др., 2009) показали, что с эпидемиологической точки зрения перспективными являются следующие направления развития ихтиопатологии в Тихоокеанском бассейне:

1. Мониторинг безопасности водных биологических ресурсов (патогены, опасные для здоровья людей и теплокровных животных);

2. Мониторинг патогенов портящих товарный вид ВБР и влияющих на качество продукции из них;

3. Мониторинг патогенов, способных вызывать гибель гидробионтов, как в естественных условиях, так и при искусственном выращивании.

Эти направления закреплены в «Положении о государственном мониторинге ВБР и среды их обитания», а инструкции о передаче этих данных прописаны в приказах Росрыболовства № 1020 от 13.11.2009 и № 518 от 03.06.2010. Однако, к сожалению, вопрос представления самих данных и что под ними понимают, на сегодняшний момент не достаточно хорошо проработан. Так в форме 4 «Информация о состоянии водных биологических ресурсов по химическим, радиологическим и паразитологическим показателям» (приказ Росрыболовства № 1020 от 13.11.2009) в столбце 18 написано одно слово — «паразиты», без какой-либо расшифровки по тексту. Для оценки состояния водных биологических ресурсов необходимо проводить обследование гидробионтов на наличие патогенов разной этиологии. Под патогеном понимают любой фактор внешней среды, способный вызвать повреждение каких-либо систем организма или развитие каких-либо заболеваний. Патогенными организмами называются паразитирующие микро- и макроорганизмы (вирусы, бактерии, простейшие, гельминты и т. д.) по отношению к их хозяину.

Существует большое количество различных патогенов рыб, поэтому необходимо определиться, какие из них должны быть включены в систему государственного мониторинга ВБР.

С точки зрения безопасности гидробионтов, используемых в качестве продуктов питания, большое значение имеют паразиты, опасные для здоровья человека и животных (их перечень указан в СанПин 2.3.2.1078-01) (табл. 1). Причем необходимо обращать внимание на наличие паразитов именно в мускулатуре и съедобных органах (печень, гонады).

Согласно Приложения к приказу Минсельхоза России от 13 октября 2009 г. № 462, заключение о безопасности в ветеринарно-санитарном отношении свежих животных выносится на основании сведений об эпизоотическом благополучии места ее добычи (разведения). В настоящее время достоверных

Таблица 1. Перечень паразитов опасных для здоровья человека и животных (СанПиН 2.3.2.1078-01)

трематоды	цестоды	нематоды	скребни
1 — нанофиетусов	13 — дифиллоботриумов	17 — анизакисов	24 — болбозом
2 — описторхисов	14 — диплогонопорусов	18 — контрацекумов	25 — коринозом
3 — клонорхисов	15 — пирамикоцефалусов	19 — диоктофим	
4 — эхинохазмусов	16 — спирометр	20 — гнатостом	
5 — меторхисов		21 — псевдотерранов	
6 — россикотремов		22 — сулькаскарисов	
7 — гнатостом		23 — эхиноцефалусов	
8 — гетерофиетусов			
9 — криптокортилусов			
10 — апофалусов			
11 — псевдамфистом			
12 — парагонимусов			

сведений о благополучии районов промысла и промысловых видов гидробионтов по патогенам, опасным для здоровья человека и животных, не существует, и заключение дается на основании отрывочных сведений, а подчас и вообще при отсутствии каких-либо данных. Таким образом, накопление информации и создание базы данных решит эту проблему и позволит рыбопромышленникам избежать дополнительных затрат на проведение дорогостоящих лабораторных исследований каждой партии водных биологических ресурсов.

С экономической точки зрения, необходимо иметь информацию о патогенах портящих товарный вид ВБР и влияющих на качество продукции из них. Список этих патогенных агентов необходимо разработать с учетом региональных особенностей. В Дальневосточном регионе участились случаи жалоб рыбопромышленников на ухудшение качества гидробионтов. Так, во время лососевой путины, в августе 2009 г. в ФГУП «КамчатНИРО» поступила информация из района промысла в Карагинской подзоне, что на перерабатывающих предприятиях выявлены случаи размягчение мускулатуры у горбуши после дефростации замороженного сырца (Рудакова идр., 2009). Во время лососевой путины 2011 г. в СахНИРО поступали обращения рыбаков и представителей рыбопромышленных предприятий, по поводу высокого процента горбуши с повреждениями кожных покровов у основания анального плавника (Фролов, 2011) (рис. 1).

К сожалению, такие проблемы доходят до специализированных лабораторий, уже постфактум и порой даже не представляется возможности отобрать пробы у живой рыбы, чтобы определить причины неудовлетворительного товарного вида. Поэтому целенаправленные комплексные ихтиопатологические и биохимические исследования гидробионтов позволят выявить патогены или токсины, портящие товарный вид и/или влияющие на качество продукции. Многолетние исследования позволят проанализировать флуктуации встречаемости определенных групп патогенов, выявить причины вспышек зараженности ими рыб и предложить экспресс-методы для выявления патогенов, способных влиять на качество продукции при отсутствии визуальных признаков патологии. Учитывая значительные экономические потери при выбраковке некачественной товарной продукции, пораженной патогенами различной этиологии, считаем, что затраты на проведение подобных исследований оправданы и помогут предвидеть будущие проблемы и предусмотреть пути их решения.

С точки зрения флуктуации численности гидробионтов, большое значение имеют патогены, способные вызывать их гибель, как в естественных условиях, так и при искусственном выращивании. Основной перечень таких агентов представлен в списке Международного эпизоотического бюро (МЭБ), который необходимо адаптировать для России, исключив экзотические виды патогенов, и Приказе Минсельхоза России от 9 марта 2011 г. N 62 «Об утверждении Перечня заразных и иных болезней животных» (табл. 2).



Рис. 1. Характерное повреждение кожных покровов горбуши в уловах 2011 г. (Фролов, 2011)

Проблеме мониторинга патогенов опасных для здоровья гидробионтов ни в Росрыболовстве, ни в Россельхознадзоре, ни в Роспотребнадзоре не уделяют должного внимания. Хотя официально задачи эпизоотического контроля ситуации с водными животными возложены на Департамент Ветеринарии и Россельхознадзор. Однако, на официальном сайте этих организаций нет информации об эпизоотической ситуации в России по болезням рыб, хотя достаточно подробно освещена информация по болезням животных и птиц. На официальном сайте Международного эпизоотического бюро (МЭБ) указано, что по всем эпизоотически значимым болезням рыб от России информации не поступает (рис. 2).

Таким образом ни внутри нашей страны ни на международном уровне не ведется обобщения и учета эпизоотической обстановки по болезням рыб. Что может привести, а в некоторых регионах уже привело, не только к экономическим потерям в рыбоводных хозяйствах, но и к снижению численности естественных популяций гидробионтов.

В качестве примера рассмотрим оз. Начикинское, которое ранее являлось практически единственным местом нереста нерки весеннего захода (ранненерестующей формы) и одним из основных мест нереста нерки летнего захода (поздненерестующей) в бассейне р. Большая (Бугаев, 1995).

Таблица 2. Объединенный печень патогенов, влияющих на численность ВБР (согласно перечня МЭБ (OIE, 2011) и «Перечня заразных и иных болезней животных» (Приказ Минсельхоза РФ от 9 марта 2011 г. N 62)

№ п/п	Название патогена
1	Вирус геморрагической септицемии лососевых;
2	Вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани лососевых;
3	Вирус инфекционного некроза поджелудочной железы лососевых;
4	Вирус весенней виремии карпов;
5	Вирус инфекционной анемии лососевых;
6	*Renibacterium salmoninarum* Бактериальная почечная болезнь лососевых;
7	Аэромонады, вызывающие аэромонозы лососевых, карповых;
8	Флавобактерии и флексибактерии, вызывающие миксобактериозы лососевых,
9	осетровых;
10	Паразитические грибы, вызывающие бранхиомикоз карповых лососевых,
11	сиговых;
12	Нематоды сем. Philometridae, вызывающие филометроидоз карповых;
13	*Bothriocephalus gowkongensis*, вызывающий ботриоцефалез карповых;
14	Gyrodactyluse salaris, вызывающий гиродактилез лососевых, карповых;

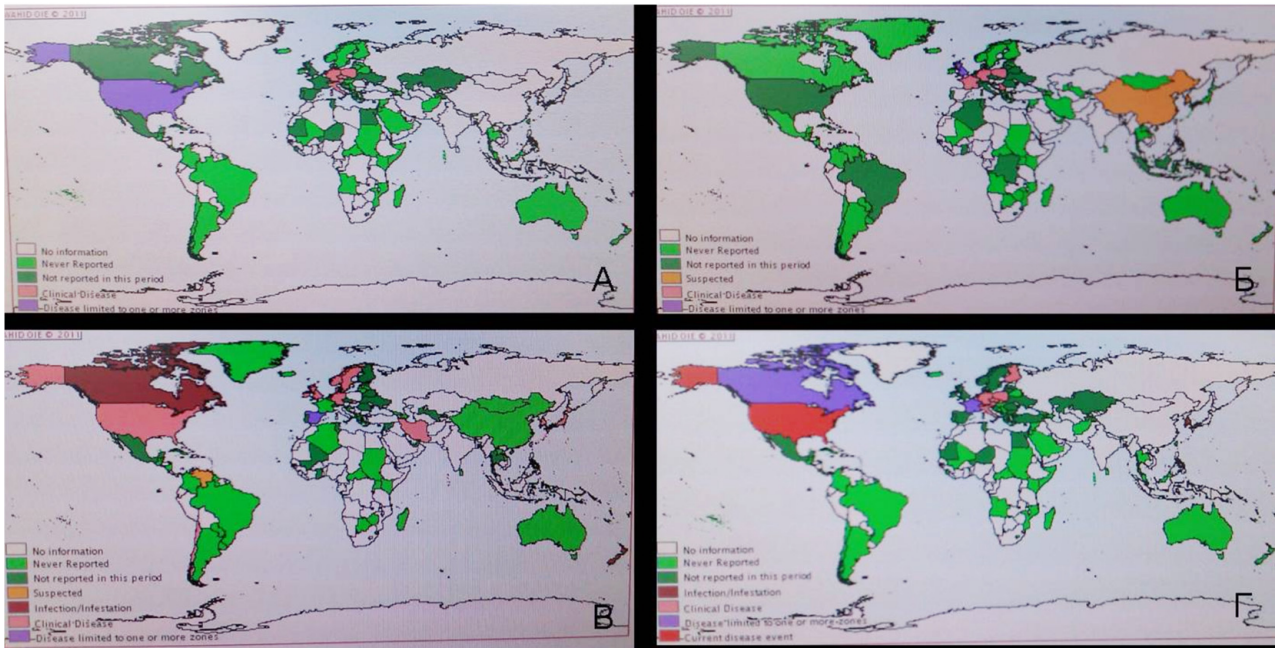


Рис. 2. Карты распространения эпизоотически значимых болезней рыб: А — инфекционный некроз гемопоэтической ткани (2010 г.); Б — весенняя веримия карпа (2005 г.); В — инфекционный некроз панкреатической ткани (2005 г.); Г — вирусная гемморагическая септицемия (2010 г.) (официальный сайт МЭБ: www.oie.int)

В последние годы здесь наблюдается значительное снижение численности популяции нерки. Озеро расположено на 10 км к югу от с. Начики и является истоком р. Плотникова, которая вместе с р. Быстрая впадает в р. Большая. Бассейн этой реки на западном побережье Камчатки наиболее доступен для браконьерского промысла. Однако в 2005–2007 гг. здесь не отмечали резкого подъёма браконьерства (Запорожец и др., 2008), а численность вернувшихся на нерест в озеро лососей неуклонно сокращается. На наш взгляд, одной из причин этого может быть существование естественного очага IHNV в популяции нерки оз. Начикинское (Рудакова, 2010). Половозрелые рыбы являются носителями вируса, сами они не погибают от его воздействия, но могут передавать IHNV молоди через воду и от родителей потомству, провоцируя развитие эпизоотий и гибель мальков, что и наблюдалось в 2003 и 2006 г. (рис. 3).

Из всего вышеизложенного понятно, что мониторингу подлежит достаточно большое количество патогенов. Поэтому мы предлагаем убрать из формы 4 (Приказ Росрыболовства №518 от 03.06.2010) графу «паразиты» и добавить новую форму, например 4а «Информация о состоянии водных биологических ресурсов по паразитологическим показателям (или патогенным организмам)» (табл. 3).

Несколько слов по поводу метода отбора проб для мониторинговых работ.

ФГУП «КамчатНИРО» проводит комплексное исследование водных биологических ресурсов в 5 рыбопромысловых районах: Западноберинговоморской зоне, Карагинской, Петропавловск-Командорской, Камчатско-Курильской и Западнокамчатской подзонах, а также во внутренних водоемах Камчатского края. Помимо этого институт проводит исследования ряда объектов в Северокурильской Тихоокеанской (минтай, терпуг, треска) и Северо-охотоморской (палтусы) подзонах. Сосредоточение в прикамчатских водах значительных запасов важнейших промысловых гидробионтов предопределяет приоритетное внимание рыбохозяйственной науки к этим акваториям. Ежегодно ФГУП «КамчатНИРО» представляет текущие и перспективные прогнозы состояния запасов и величины общего допустимого улова (ОДУ) и другие рекомендации рационального промысла по 104 единицам запаса. Чрезвычайная важность для отечественного рыбохозяйственного комплекса прикамчатских акваторий и наблюдаемые здесь резкие изменения величины и структуры сырьевой базы рыболовства, нередко разнонаправленные, со всей очевидностью предопределяют необходимость продолжения непрерывного мониторинга ВБР и, особенно, важнейших видов и популяций гидробионтов.

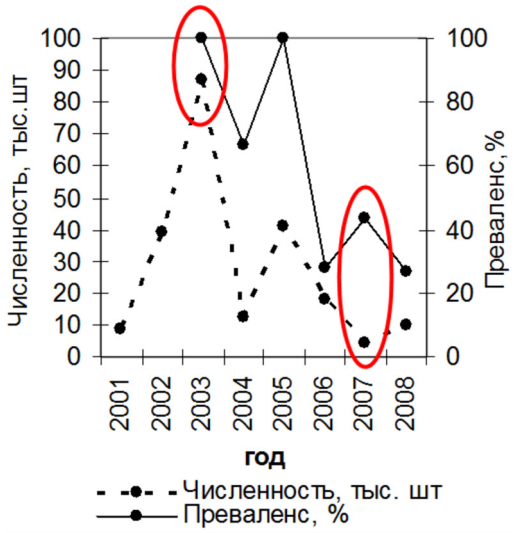


Рис. 3. Численность половозрелых особей нерки *Oncorhynchus nerka* на нерестилищах в оз. Начикинское и превалентность вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHNV)

Таблица 3. Форма 4 а - Информация о состоянии водных биологических ресурсов по паразитологическим показателям (или патогенным организмам)

№ п/п	Наименование организации, подавшей сведения	N зоны	N подзоны	Название района промысла (добычи)	Период вылова	Вид водных биологических ресурсов	Патогены, опасные для человека и животных*		Патогены, портящие товарный вид продукции**		Патогены, влияющие на численность ВБР***	
1	2	3	4	5	6	7	Вид	Превалентность, (±95% ДИ), %	Вид	Превалентность, (±95% ДИ), %	Вид	Превалентность, (±95% ДИ), %

Примечание: * — согласно СанПин 2.3.2.1078-01; ** необходимо разработать перечень по регионам; ***согласно перечню МЭБ и «Перечня заразных и иных болезней животных» (Приказ Минсельхоза РФ от 9 марта 2011 г. N 62); превалентность (P) рассчитывается следующим образом P = D/n*100, %, где — D — количество особей у которых обнаружен данный патоген; n — количество обследованных гидробионтов; (±95% ДИ) — доверительный интервал для уровня значимости в 95%

В идеале необходимо проводить комплексные (вирусологическое, бактериологическое, паразитологическое и гистологическое) обследования лососей, промысловых морских рыб и крабов во всем Дальневосточном бассейне.

Комплексному исследованию всегда должно предшествовать изучение клиники, патологоанатомического состояния внутренних органов и определение основных биологических показателей гидробионтов.

Отбор материала из популяции следует осуществлять по лотам (партиям). Под лотом (партией) понимают группу гидробионтов в популяции, имеющих одинаковое происхождение и общий источник водоснабжения. Из-за невозможности проводить тотальное обследование всех гидробионтов в Дальневосточном бассейне, необходимо выделить наиболее эксплуатируемые промыслом объекты, районы промысла и проводить их целенаправленный мониторинг по единой методике. Отбор проб необходимо проводить, учитывая статистическую концепцию о том, что, отбирая пробы только у части, а не у всех особей, наше заключение о состоянии здоровья популяций рыб будет иметь более или менее вероятностный характер. Рекомендуем рассчитывать объем выборки по таблице с требованиями к ее объему, полученной из формулы Канона и Роя (Дудников, 2004). На основании этой концепции, в лаборатории здоровья гидробионтов КамчатНИРО исходят из того, что численность естественных популяций обследованных гидробионтов больше 10000 шт., превалентность инфекционных болезней не ниже 5–10% инвазионных — 20% и уровня достоверности 95%.

Простое указание вида патогена, обнаруженного у обследованного вида рыб в данном регионе не даст представления о качественном состоянии водных биологических ресурсов, тем более не позволит выявить какие-либо его трансформации во времени. Поэтому необходимо ввести количественную оценку зараженности ВБР патогенами. Мы предлагаем использовать понятие превалентность — это число или доля случаев обнаружения патогенов в данной популяции на конкретный момент времени. Это понятие широко используется в эпизоотологии, как в России, так и во всем мире.

Мониторинговые исследования подразумевают идентичность отбора проб и расчета количественных оценок. Поэтому помимо доработки перечней патогенов необходимо разработать и утвердить методику отбора проб и расчета количественных оценок.

Превалентность (P) рассчитывается по формуле (Власов, 2004):

$$P = D/n, \quad (1)$$

где D — число особей, у которых выделили патоген, n — число обследованных особей.

Так как мы имеем дело только с выборкой из популяции, то для переноса ее значений на всю совокупность необходимо использовать еще и доверительный интервал полученной величины. Чтобы обозначить пределы, в которых можно доверять полученной выборочной оценке, вычисляют «доверительный интервал» (ДИ). Используют ДИ, в котором значение для генеральной совокупности находится с вероятностью 95%, а вероятность ошибки того, что популяционная частота находится за пределами данного интервала 5%. Вычисление границ ДИ для бинарного признака находят по расчетным таблицам (Дудников, 2004).

Чтобы иметь возможность оценить динамику изменения зараженности той или иной популяции в определенном водоеме по годам, необходимо рассчитывать превалентность патогенов (P) отдельно по годам, а также среднемноголетнюю превалентность патогена в популяции (Pp):

$$Pp = Dp/np, \quad (2)$$

где Dp — число особей, у которых выделили патоген за весь период исследования в водоеме, np — число обследованных особей за весь период в водоеме.

При наличии многолетних данных необходимо проводить сравнение относительной частоты (P) превалентности патогена в изучаемых популяциях в определенный год с известным (или ожидаемым) популяционным (среднемноголетним) значением (Pp) (рис. 4).

Для решения этой задачи можно использовать метод сравнения ДИ для выборочной относительной частоты с популяционным значением (попадает ли популяционное значение точечной оценки превалентности в границы вычисленного ДИ для конкретного исследования, например, в определенный год) и/или рассматривать, перекрываются ли ДИ для выборочного и популяционного значения. Если не попадает и не перекрываются, то считают, что выборка статистически значимо ($p \leq 0{,}05$) отличается от популяции.

Так, например, расчеты показали, что за 8 лет исследования (2004–2011 гг.) средняя популяционная превалентность вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани в оз. Курильское составила 0,41

в долях от единицы (рис. 4). В 2009 г. значение P было достоверно выше, а в 2011 г. — ниже среднего для популяции, так как ДИ для выборочного и популяционного значения P не перекрываются. Следовательно, выборки 2009 и 2011 гг. статистически значимо ($p \leq 0,05$) отличаются от среднего значения по популяции. Причины данных выбросов мы планируем изучить в ближайшее время.

Таким образом, сравнение выборочной относительной частоты превалентности патогенов в определенный год со среднемноголетним популяционным значением позволит контролировать эпизоотическую ситуацию в конкретном водоеме. Наблюдения за эпизоотической обстановкой в нерестово-нагульных водоемах необходимо проводить для того, чтобы иметь представление о стабильности системы паразит-хозяин и ее изменении во времени. Это поможет вовремя выявить увеличение превалентности патогена в популяции хозяина, определить причины ее колебаний, степень воздействия на численность хозяина, предложить меры регулирования и не допустить распространения патогена в другие водоемы при акклиматизации и искусственном воспроизводстве.

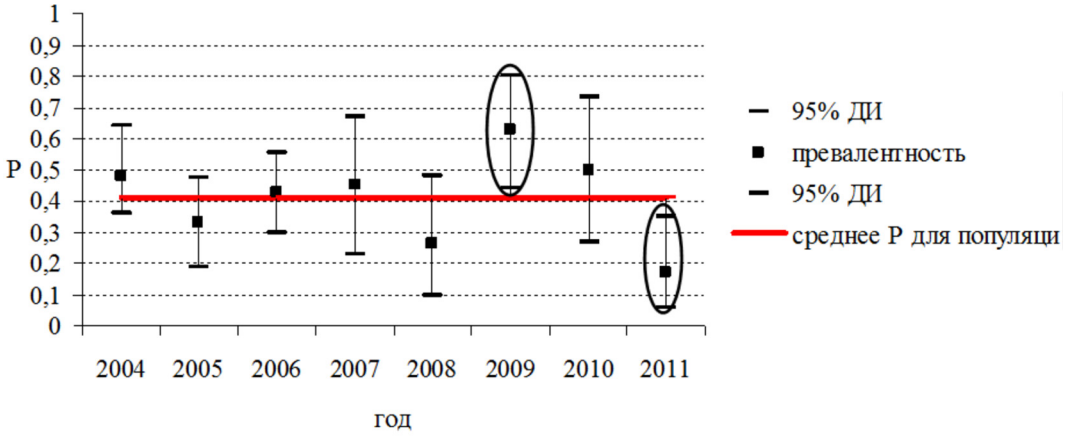


Рис. 4. Превалентность *(P)* вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани у нерки в оз. Курильское, рассчитанная по годам, и ее среднемноголетнее значение. Овалами выделены значения *P* статистически достоверно отличающиеся от среднемноголетнего

Заключение

Результаты наших исследований и анализ работ российских и зарубежных ученых показали, что с эпидемиологической точки зрения перспективными являются следующие направления развития ихтиопатологии в Тихоокеанском бассейне:

1. Мониторинг безопасности ВБР (**патогены, опасные для здоровья людей** и теплокровных животных);

2. Мониторинг **патогенов портящих товарный вид ВБР** и влияющих на качество продукции из них;

3. Мониторинг **патогенов, способных вызывать гибель гидробионтов,** как в естественных условиях, так и при искусственном выращивании.

Из-за невозможности проводить тотальное обследование всех гидробионтов в Дальневосточном бассейне, необходимо выделить наиболее эксплуатируемые промыслом объекты, районы промысла и проводить их целенаправленный мониторинг по единой методике. Результаты исследований необходимо обобщать в единой базе данных, где будет возможность рассчитать среднемноголетние значения превалентности патогена по видам гидробионтам и районам исследования, провести анализ ситуации и дать заключения по эпизоотической обстановке по трем выделенным группам.

Список литературы

Бауэр О.Н, Муселиус В.А, Николаева В.Н., Стрелков Ю.А. 1977. Ихтиопатология. Москва: изд. Пищ. пром-ть, 431 с.

Бугаев В.Ф. 1995. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности). М.: Колос, 464 с.

Дудников С.А. 2004. Количественная эпизоотология: основы прикладной эпидемиологии и биостатистики. Владимир: Демиург, 460 с.

Запорожец О.М., Шевляков Е.А.,Запорожец Г.В. 2008. Динамика численности камчатских лососей с учетом их легального и нелегального изъятия // Изв. ТИНРО. Т. 153. С. 109–134.

Рудакова С.Л., Гаврюсева Т.В., Асеева Н.Л., Устименко Е.А., ОвчаренкоЛ.В. 2010. К проблеме товарного качества продукции из горбуши Карагинской подзоны (Камчатка) в 2009 г. // Лососевый бюллетень №4, ТИНРО-центр, Владивосток. С. 252–256.

Рудакова С.Л. 2010. Влияние вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани на популяцию нерки *Oncorhyncus nerka* Walbaum (Salmoniformes, Salmonidae) озера Начикинского // Вопр. ихтиологии. Т. 50. № 3. С. 411–416.

Вялова Г.П., Шкурина З.К. 2005. Микрофлора и бактериальные болезни тихоокеанских лососей естественных популяций и в аквакультуре на Сахалине. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 117 с.

Фролов Е.В. 2011. О массовом повреждении кожных покровов сахалинской горбуши в 2011 г.: причины и последствия http://www.sakhniro.ru/papers/20110916_Frolov/pinks_skin201100916.html

Woo P.T.K. and Bruno D.W. (eds.). 1999. Fish diseases and disorders. Vol. 3: Viral, bacterial and fungal infectious. CAB International, 459 p.

OIE Aquatic Animal Health Code. 2010, 278 p.

УДК 597.12

НЕКРОТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ У ПРОМЫСЛОВЫХ КРАБОВ ОХОТСКОГО МОРЯ

Рязанова Т.В.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: ryazanova.t.v@kamniro.ru

Введение

Несмотря на относительную малоизученность болезней в природных популяциях гидробионтов, многие исследователи придерживаются мнения, что эпизоотии играют существенную роль в морских экосистемах и в будущем они будут происходить все более часто из-за разнообразных климатических и антропогенных факторов (McCallum et al., 2003, Stentiford, 2008). Заболевания являются одним из факторов сокращения численности промысловых ракообразных в различных регионах Мирового океана (Johnson, 1983; Wang, Gu, 2002). Уровень зараженности некоторыми возбудителями считают важным критерием в прогнозе способности популяций промысловых ракообразных к восстановлению численности (Pestal et al., 2003; Shareef et al., 2010). Поэтому выявление патогенных организмов, изучение патогенеза заболеваний, определение показателей зараженности и особенностей их распространения в популяциях промысловых видов крабов особенно важно.

Сведений о составе патогенных организмов, связанных с ними заболеваниях, их распространенности и воздействии на популяции промысловых крабов Охотского и других Дальневосточных морей крайне недостаточно. Зачастую, трудности связаны как с диагностикой заболевания, так и с выявлением его причин. В большом количестве случаев из-за отсутствия внешних визуальных признаков не представляется возможным реально оценить долю больных ракообразных в общих уловах.

Материал и методика

Исследовали крабов промысловых видов, отлов которых производили на шельфе и верхней части материкового склона Западной Камчатки в ходе ловушечных съемок 2004, 2006, 2010 гг. на НИС «Аметист» и траловой съемки на НИС «Профессор Кагановский» в 2007 г. Работы с крабами 4 видов: камчатским *Paralithodes camtschaticus*, синим *P. platypus*, стригуном-опилио *Chionoecetes opilio* и стригуном Бэрда *Ch. bairdi*. проводили в течение всего периода исследования. В 2010 г. кроме указанных видов отбирали равношипого краба *Lithodes aequispinus*.

Одновременно с определением видового и количественного состава улова и полным биологическим анализом ракообразных проводили их осмотр, выявляя экземпляры, имеющие клинические признаки заболеваний. Таких особей и отобранных случайно визуально здоровых животных вскрывали, описывали состояние их внутренних органов, затем отбирали пробы для дальнейших гистологических и бактериологических исследований (табл.1).

Вскрытие животных и отбор проб производили в лаборатории судна сразу после вылова. Для бактериологических исследований пробы гемолимфы, внутренних органов и экзоскелета высевали на питательные среды: TSA (Tryptone Soya Agar) с добавлением 1,5% NaCL и TCBS (Thiosulfate-Citrate-Bile-Sucrose Agar; Vibrio Selective Agar). В 2006 г. посев материала производили непосредственно на плотные питательные среды. В последующие годы методика отбора бактериологических проб была несколько изменена — вначале помещали фрагменты измененных тканей в жидкую питательную среду (TSB), а затем (на вторые сутки) производили посев материала на плотные (TCBS и TSA). Культивирование и определение таксономической принадлежности бактерий осуществляли по общепринятым методикам (Austin, Austin, 1989; Holt et al., 1994). Отобранные для гистологического анализа образцы внутренних органов фиксировали в жидкости Дэвидсона (Bell, Lightner, 1988) на морской воде. Дальнейшую обработку гистологических проб, окрашивание препаратов гематоксилин-эозином по Мейеру, а также по Граму, Гимза и по Фельгену проводили по общепринятым методикам (Austin, Austin, 1989; Bancroft et al., 1990).

Результаты и обсуждение

В результате патологоанатомических исследований ракообразных среди крабов всех пяти видов обнаружили патологию, которая выражались в некротических изменениях внутренних органов, чаще всего — гепатопанкреаса. Данную патологию выявляли только при вскрытии животных, поскольку специфических клинических признаков заболевание не имеет. Некоторые из крабов были вялыми и малоподвижными, а самки не имели под абдоменом икры. За все годы исследований некроз внутренних органов зарегистрировали у 23 экз. камчатских крабов, 11 синих, 13 стригунов опилио, 29 стригунов Бэрда и одной самки равношипого краба. У некоторых животных с указанной патологией при внешнем осмотре регистрировали также панцирную болезнь различной степени тяжести, в то время как другие были визуально здоровыми. Заболевание отмечали у особей обоих полов и находящихся в различных стадиях линочного цикла (табл. 2). Экзоскелет самки равношипого краба III поздней стадии линочного цикла с данным заболеванием не имел поражений, характерных для панцирной болезни ракообразных; икра под абдоменом отсутствовала.

Встречаемость некроза внутренних органов была несколько выше у крабов в III и III поздней стадии линочного цикла, но ее отмечали также и у особей в III ранней и IV стадии линочного цикла (табл. 2). Эта патология встречалась как у крабов без признаков повреждения экзоскелета, так и среди живот-

Таблица 1. Объем обработанного материала, экз.

Методы исследований	Вид краба				
	Камчатский	Синий	Стригун опилио	Стригун Бэрда	Равношипый
Биологический и клинический анализ	14208	17706	3477	5887	194
Патологоанатомические	1124	650	1424	1121	18
Гистологические и бактериологические	206	218	112	279	6

Таблица 2. Стадии линочного цикла и встречаемость (%) признаков панцирной болезни у крабов с некрозом внутренних органов

Вид краба	Стадия линочного цикла				Степень панцирной болезни			
	III ранняя	III	III поздняя	IV	нет	начальная	средняя	сильная
Камчатский (n=23)	8,8	47,8	30,4	13,0	65,2	4,3	10,7	17,4
Синий (n=11)	0	54,5	27,2	18,2	90,9	0	9,1	0
Стригун опилио (n=13)	0	46,2	53,8	0	46,2	0	15,3	38,5
Стригун Бэрда (n=29)	13,8	31,0	51,7	3,4	44,8	13,8	17,2	24,1

ных с разными стадиями панцирной болезни ракообразных. Более того, подавляющее большинство особей синего краба с некрозом гепатопанкреаса не имело клинических признаков панцирной болезни.

При патологоанатомических исследованиях обнаружили, что часть трубочек гепатопанкреаса крабов выглядела как твердая, черная или коричневая проволока. Мумифицированные трубочки были окружены белым веществом кремообразной консистенции, похожим на гной. Такие трубочки образовывали единичные или множественные мелкие участки (Ш 1–3 мм) в верхних или нижних долях гепатопанкреаса. Иногда они формировали крупные сгустки размером до нескольких сантиметров. В отдельных случаях была полностью поражена левая или правая часть органа (рис. 1А). У одной из самок камчатского краба, выловленной в 2006 г., гепатопанкреас был поражен практически весь и выглядел как твердый черно-коричневый сгусток. В отдельных случаях отмечали также некроз и меланизацию передних или задних отростков средней кишки, некротические участки в антеннальной железе и образования в виде мешочков серого или черного цвета с полужидким содержимым (рис. 1Б). У двух камчатских крабов, одного стригуна Бэрда, трех стригунов опилио внутренние органы не имели визуальных признаков патологии, но при микроскопических исследованиях выявили такие же изменения тканей, как у других крабов с данным заболеванием.

При гистологических исследованиях у всех особей отмечали изменения в гепатопанкреасе. Выявили уменьшение объема цитоплазмы эпителиальных клеток, ее повышенную базофилию и уменьшение количества вакуолей. Полость трубочек была расширена и заполнена базофильной аморфной массой. При окраске по Граму в ней регистрировали скопления палочковидных грамотрицательных бактерий. Окраска препаратов по Фельгену и по Гимза не показала наличия других патогенов. В некоторых трубочках клетки всех типов были нормального строения, но с глыбками меланизированного вещества в цитоплазме В-клеток. Ближе к очагам некроза изменения гепатопанкреаса были более тяжелыми. Наблюдали разрушение клеточных стенок и лизис всех типов клеток эпителия трубочек гепатопанкреаса. Базальная мембрана таких трубочек постепенно разрушалась. Мигрировавшие в эту зону гемоциты (эозинофильные гранулоциты) скапливались вокруг поврежденных трубочек гепатопанкреаса, образуя подобие капсулы. В цитоплазме гемоцитов отмечали множество хорошо заметных эозинофильных гранул. Только из таких клеток состояли «капсулы» вокруг некротизированных и/или разрушающихся трубочек. В результате процесса фагоцитоза и последующего разрушения гемоцитов постепенно накапливались некротические меланизированные массы, расположенные на месте бывших трубочек и повторяющие их форму (рис. 2). Именно они были видны при патологоанатомическом исследовании как черные твердые включения, похожие на проволоку.

Образования в виде мешочков, представляли собой такие же капсулы из разрушенных и разрушающихся эозинофильных гранулоцитов снаружи и некротизированного материала внутри. В тех случаях, когда у крабов отмечали некроз отростков средней кишки или некротические участки в антеннальных железах, картина их разрушения была сходной. Так, стенки отростка средней кишки были полностью

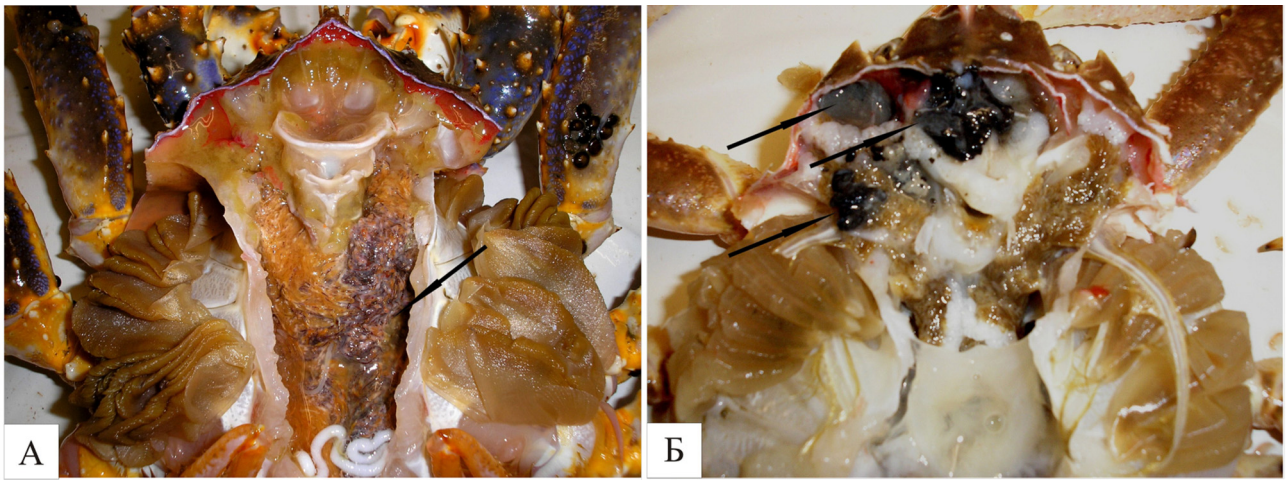


Рис. 1. Визуальные изменения у крабов с некрозом внутренних органов: А — сгусток твердых некротизированных трубочек (↑) в гепатопанкреасе у синего краба *P. platypus,* Б — некротизированные трубочки в гепатопанкреасе и мешочки с полужидким содержимым (↑) в полости тела краба-стригуна Бэрда *Ch. bairdi*

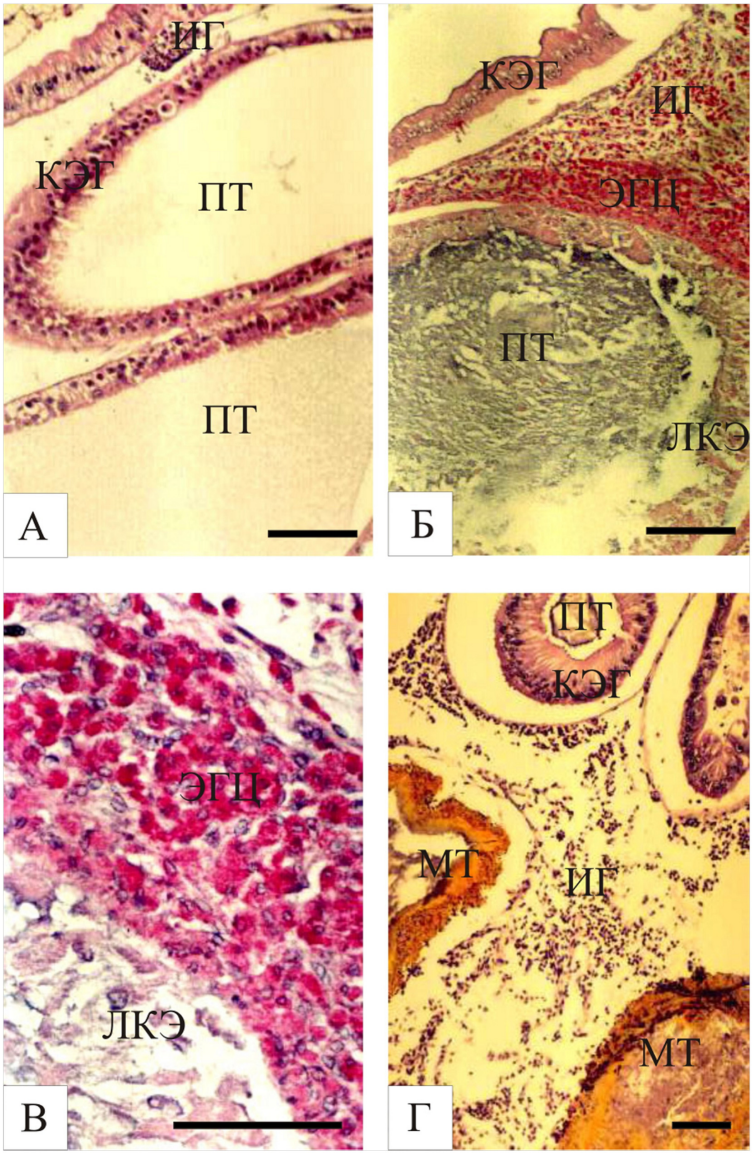


Рис. 2. Гистопатологические изменения при некрозе гепатопанкреаса: А — трубочки с увеличенной полостью и клетками эпителия с малым объемом цитоплазмы, Б — формирование псевдокапсулы из эозинофильных гранулоцитов вокруг разрушающейся трубочки, В — увеличенный вид участка псевдокапсулы, Г — полностью некротизированные трубочки. Обозначения: ИГ — инфильтрация гемоцитов, КЭГ — клетки эпителия гепатопанкреаса, ЛКЭ — лизис клеток эпителия, МТ — меланизированная трубочка, ПТ — полость трубочки, ЭГЦ — эозинофильные гранулоциты. Окрашивание: Г-Э. Линейка — 100 мкм

замещены твердыми некротическими массами в «капсуле» из эозинофильных гранулоцитов. Регистрировали также скопление грамотрицательных палочковидных бактерий в просвете средней кишки и ее отростках, инфильтрацию гемоцитами соединительной ткани, окружающей кишечник и антеннальные железы. В последних отмечали вакуолизацию и цитолиз подоцитов, инфильтрацию гемоцитами соединительной ткани между петлями лабиринта и формирование меланизированных включений.

У всех крабов с данной патологией отмечали массовую инфильтрацию гемоцитов (большая их часть представляла собой эозинофильные гранулоциты) в соединительную ткань, окружающую некротизированные трубочки гепатопанкреаса, отростки средней кишки. В области очагов некроза регистрировали цитолиз клеток окружающей соединительной ткани и собственно гемоцитов. Таким образом, белое кремообразное вещество вокруг поврежденных трубочек гепатопанкреаса, отростков средней кишки и семенников, которое отмечали при вскрытии крабов, представляло собой скопление мигрировавших в эту зону гемоцитов и фрагментов разрушенных клеток. Массовая миграция гемоцитов в поврежденную ткань, которую мы отмечали в соединительной ткани вокруг некротизированных трубочек гепатопанкреаса, отростков средней кишки и семенников крабов, может наблюдаться во всех органах и тканях ракообразных. Она вызвана защитной реакцией тканей хозяина на проникновение в организм инородных частиц (Johnson, 1980; Harrison, Humes, 1992; Messick, 1998). При этом происходит фагоцитоз гемоцитами мелких живых и неживых частиц, а также инкапсуляция крупных частиц, скоплений бактерий и паразитов, которые слишком велики для фагоцитоза. В результате образуются меланизированные включения, которые считают следствием дегрануляции гемоцитов, мигрировавших в зону поражения (Vogan et al., 2001). Если объем инородного материала превышает размер отдельных гемоцитов, то в процессе инкапсуляции они формируют вокруг него последовательные слои. Таким инородным материалом могут быть как патогены (скопления бактерий или паразиты), так и какие-то посторонние предметы. Описана, например, инкапсуляция пластиковых имплантантов (Johnson, 1980). Полностью сформированная капсула имеет три слоя: состоящая из инородного материала и лизированных гемоцитов центральная меланизированная зона, тонкий слой уплощенных гемоцитов и внешний слой рыхло лежащих гемоцитов (Harrison, Humes, 1992). У исследованных крабов наблюдали формирование

таких капсул вокруг трубочек гепатопанкреаса, отростков средней кишки и некротизированного материала в виде мешочков. В данном случае имела место реакция организма на инородный материал, причем не только на отдельные клетки, но и на крупные фрагменты органов (трубочка гепатопанкреаса или отросток средней кишки). Отмеченные образования в виде мешочков — результат формирования такой капсулы вокруг большого участка некротизированной ткани.

При бактериологических исследованиях от всех крабов с некрозом внутренних органов выделили бактериальную микрофлору (табл. 3).

У особей с внешними признаками панцирной болезни из участков поврежденного экзоскелета выделяли бактерий родов Vibrio и Pseudomonas. Бактерий различных родов выявили также в гемолимфе большинства больных крабов. В 2004 г. при посеве материала непосредственно на плотные питательные среды бактериального роста из измененных органов и гноеподобной субстанции у особей с некрозом внутренних органов не регистрировали. С 2006 г. при изменении методики отбора бактериологических проб наблюдали бактериальный рост из внутренних органов всех исследованных крабов с указанной патологией. В подавляющем большинстве случаев из некротизированных трубочек гепатопанкреаса, отростков средней кишки, гноеподобной субстанции выделяли вибрионов *V. alginolyticus* и *V. fluvialis*. Достаточно часто выделяли также бактерий рода *Pseudomonas*. Бактерии других родов встречали редко. У самки равношипого краба с данной патологией из некротизированных трубочек гепатопанкреаса выделили бактерий *V. alginolyticus* и из гемолимфы *Moraxella* sp. Эту самку и крабов, исследованных в 2004 г. (поскольку с 2006 г. отбор бактериологических проб вели по измененной методике) в таблицу не включили. Большинство выделенных нами бактерий, будучи обычной микрофлорой морской воды, являются основными патогенными агентами, способствующими развитию панцирной болезни ракообразных. Особенно это относится к бактериям родов *Vibrio, Pseudomonas, Aeromonas* (Benhalima et al., 1998; Sinderman, 1990; Vogan et al., 2002). Кроме того, при проникновении в полость тела крабов вибрионы способны вызывать быстротекущее заболевание с летальным исходом — вибриоз ракообразных.

Патогенную микрофлору из пораженных органов выделили у крабов всех исследованных видов. Тем не менее, мы не можем с уверенностью утверждать, что первопричиной некроза внутренних органов были именно эти бактерии. Многие исследователи указывают на то, что внутренняя бактериальная инфекция бывает вторичной, как следствие внешней инфекции (например, панцирной болезни). Но в данном случае некроз внутренних органов не был связан с наличием или отсутствием панцирной болезни ракообразных, поскольку более половины исследованных животных не имели характерных для нее поражений экзоскелета. Внутренние бактериальные инфекции также могут быть спровоцированы различными факторами. Так, абсцессоподобный лизис гепатопанкреаса, похожий на зарегистрированный нами, был описан у отловленных в природе креветок *Callianassa affinis*. Животные отказывались от пищи в течение двух месяцев и, в конце концов, погибли. Авторы предположили, что продолжительное голодание сделало креветок неспособными противостоять патогенным бактериям (Smith, Taylor, 1968). Есть сведения о вторичной бактериальной инфекции бактериями *V. alginolyticus* креветок Penaeus monodon, которая привела к формированию у них обширного абсцесса и лизиса гепатопанкреаса. В этом случае первопричиной авторы посчитали кишечный энтерит, произошедший от поедания креветками сине-зеленых водорослей, вырабатывающих токсины (Brock, Lightner, 1990). У беспозвоночных *P. monodon,*

Таблица 3. Бактериальная микрофлора различных родов, выделенная из внутренних органов (А) и гемолимфы (Б) крабов с некрозом внутренних органов, %

Выделенные бактерии	Камчатский краб (n=22)		Синий краб (n=10)		Краб-стригун опилио (n=9)		Краб-стригун Бэрда (n=26)	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Vibrio sp., *V. alginolyticus*, *V. fluvialis*	90,9	54,5	90	20	88,9	66,7	76,9	3,8
Pseudomonas sp.	36,4	18,2	20	20	11,1	11,1	3,8	46,1
Staphylococcus sp.	9,1	9,1	–	–	33,3	33,3	–	–
Aeromonas sp.	9,1	–	–	–	11,1	–	–	–
Acinetobacter sp.	–	–	–	–	–	–	3,8	23
Moraxella sp.	–	–	–	–	–	–	–	3,8
Bacillus sp.	–	–	–	–	–	–	7,7	–

P. stylirostris и других культивируемых видов креветок на Тайване, Филиппинах и в Малайзии известно заболевание с высокой смертностью, при котором происходит деградация и некроз гепатопанкреаса. При этом гемоциты формируют капсулу вокруг некротизированных трубочек, а их просвет содержит детрит и бактерий (грамположительные кокки). В наших исследованиях скопления бактерий также регистрировали внутри полых органов — трубочках гепатопанкреаса, отростках средней кишки крабов. Первопричиной заболевания креветок авторы посчитали некачественные корма, хотя бактерии в массе находились в просвете трубочек гепатопанкреаса и кишечника (Lightner, Redman, 1985; Bower et al., 1994). Очень похожую картину некроза трубочек гепатопанкреаса у ракообразных вызывают риккетсии и риккетсиподобные организмы. Микроколонии риккетсий быстро размножаются в цитоплазме клеток эпителия гепатопанкреаса, что приводит к их гипертрофии и последующему некрозу. Большинство сообщений об эпизоопиях у ракообразных, связанных с этими патогенами, относятся к креветкам (Brock, Lightner, 1990; Lightner et al., 1992). В последние годы инфекция риккетсиями или риккетсиподобными организмами стала серьезной проблемой для культивирования китайского мохнаторукого краба E. sinensis. Периодические вспышки заболевания приводят к гибели от 30 до 90% крабов этого вида (Wang, Gu, 2002). Единичные случаи инфекции риккетсиями невыясненного таксономического положения выявляли у синего *P. platypus* (Johnson, 1984) и равношипого L. aequispinus (Meyers et al., 1990) крабов в восточной части Берингова моря. Однако, несмотря на очень похожую картину патологических изменений гепатопанкреаса у исследованных крабов, при гистохимических исследованиях (окраска по Гимза и по Фельгену) риккетсий нами выявлено не было.

Анализ литературных данных показывает, что независимо от причины, вызвавшей абсцессоподобный некроз гепатопанкреаса у ракообразных, он заканчивается их гибелью (Smith, Taylor, 1968; Brock, Lightner, 1990; Bower et al., 1994; Wang, Gu, 2002). Результаты патологоанатомических и гистологических исследований с большой долей вероятности позволяют утверждать, что некроз внутренних органов у крабов 5 исследованных нами видов на западнокамчатском шельфе также заканчивается гибелью больных животных.

Из-за отсутствия внешних признаков заболевания трудно определить его встречаемость в популяциях, как, это возможно, например, для панцирной болезни и некоторых паразитарных инвазий. Среди отобранных случайно особей, подвергнутых патологоанатомическому анализу, встречаемость некроза внутренних органов оказалась довольно значительной. Чаще всего это заболевание выявляли у крабов-стригунов опилио и Бэрда осенью 2004 и 2006 гг. (от 1,9 до 6,4%) и у синих крабов весной 2010 г. (3,6%). По нашим данным в течение того же периода исследований и в тех же районах, наибольшее количество крабов с признаками панцирной болезни составило 19,8% (из них 9,0% — с сильной степенью заболевания), в то время как доля особей с признаками заражения микроспоридиями и паразитическими динофлагеллятами *Hematodinium* sp. не превышала 1,5%. Таким образом, по уровню встречаемости в популяциях промысловых крабов на западнокамчатском шельфе некроз внутренних органов уступает только панцирной болезни.

Заключение

Абсцессоподобный некроз внутренних органов зарегистрирован у промысловых крабов 5 видов, обитающих на шельфе Западной Камчатки. Заболевание не имеет специфических клинических признаков и может быть обнаружено только при вскрытии ракообразных и в ходе микроскопических исследований. По данным 2004–2010 гг. встречаемость некроза внутренних органов среди отобранных случайно крабов достигала 6,4%. Поскольку тяжелые патологические изменения внутренних органов, вероятно, приводят к гибели ракообразных, ущерб от этого заболевания в популяциях промысловых крабов на западнокамчатском шельфе может быть довольно значительным. Несмотря на то, что в подавляющем большинстве случаев от крабов были выделены патогенные бактерии, этиология заболевания не выяснена и требует дальнейших исследований.

Благодарности

Приношу искреннюю благодарность за помощь в определении таксономической принадлежности бактерий к.б.н. Е.А. Устименко, а также глубокую признательность членам экипажей НИС «Аметист» и «Профессор Кагановский» за содействие при сборе материала во время морских экспедиционных работ.

Список литературы

Austin B., Austin D.A. 1989. Methods for the microbiological examination of fish and shellfish / Edinburgh: Depart. Biol. Sci. Heriot. Watt Univ. P. 69–97.

Bancroft D., Stevens A., Turner D.R. 1990. Theory and practice of histological techniques. Edinburgh-London-Melbourne-New York: Churchill Livingstone Inc, 725 p.

Bell T.A., Lightner D.V. 1988. A handbook of normal penaeid shrimp histology. Baton Rouge. Louisiana: The World aquaculture society, 114 p.

Benhalima K., Moriyasu M., Wade E., Hebert M. 1998. Exoskeletal lesions in the male snow crab Chionoecetes opilio (Brachyura: Majidae) in the southern Gulf of St. Lawrence // Canadian Journal of Zoology. V. 76. № 4. P. 601–608.

Bower S.M., McGladdery S.E., Price I.M. 1994. Synopsis of infectious diseases and parasites of commercially exploited shellfish. Annual Review of Fish Diseases. V. 4. Pergamon, 199 p.

Brock J.A., Lightner D.V. 1990. Diseases of Crustacea. 3.1 Diseases Caused by Microorganisms / Diseases of marine animals. V. 3. Hamburg: Biologische Anstalt Helgoland. P. 245–349.

Harrison F.W., Humes A.G. 1992. Microscopic anatomy of invertebrates. Decapod Crustacea. Willey-Liss Inc. New York. V. 10, 459 p.

Holt J.G., Krieg N.R., Sneath P.H.A., Staley J.T. 1994. Bergey's manual of determinative bacteriology, 9th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 787 p.

Johnson P.T. 1980. Histology of the blue crab, Callinectes sapidus: a model for the Decapoda. New York: Praeger Publishers, 440 p.

Johnson P.T. 1983. Diseases caused by viruses, bacteria, rickettsia and fungi / The Biology of Crustacea. V. 6. New York: Academic Press. P. 1–78.

Johnson P.T. 1984. A rickettsia of the blue king crab, *Paralithodes platypus* // Journal of Invertebrate Pathology. V. 44. № 1. P. 112–113.

Lightner D.V., Redman R.M., Bonami J.R. 1992. Morphological evidence for a single bacterial etiology in Texas necrotizing hepatopancreatitis in Penaeus vannamei (Crustacea: Decapoda) // Diseases of Aquatic Organisms. V. 13. № 3. P. 235–239.

Lightner D.V., Redman R.M. 1985. Necrosis of the hepatopancreas in *Penaeus monodon* and *Penaeus stylirostris* (Arthropoda, Decapoda) with red disease // Journal of Fish Diseases. V. 8. № 2. P. 181–188.

McCallum H., Harvell D., Dobson A. 2003. Rates of spread of marine pathogens // Ecology Letters, V. 6. P. 1062–1067.

Messick G.A. 1998. Diseases, parasites, and symbionts of blue crabs (*Callinectes sapidus*) dredged from Chesapeake Bay // Journal of Crustacean Biology. V. 18. № 3. P. 533–548.

Meyers T.R., Botelho C., Koeneman T.M., Short S., Imamura K. 1990. Distribution of bitter crab dinoflagellate syndrome in southeast Alaskan tanner crabs *Chionoecetes bairdi* // Diseases of Aquatic Organisms. V. 9. № 1. P. 37–43.

Pestal G.P., Taylor D.M., Hoenig J.M., Shields J.D., Pickavance R. 2003. Monitoring the prevalence of the parasitic dinoflagellate *Hematodinium* sp. in snow crabs *Chionoecetes opilio* from Conception Bay, Newfoundland // Diseases of Aquatic Organisms. V. 53. № 1. P. 67–75.

Shareef M., Siddeek M., Zheng J., Morado J.F., Kruse G.H., Bechtol W.R. 2010. Effect of bitter crab disease on rebuilding in Alaska tanner crab stock // ICES Journal of Marine Science. V. 67. P. 1–6.

Sinderman C.J. 1990. Principal diseases of marine fish and shellfish. New York: Academic Press, 516 p.

Smith A.C., Taylor R.L. 1968. Digestive gland and integument lesions associated with malnutrition in ghost shrimp, *Callianassa affinis* // Journal of Invertebrate Pathology. V. 12. № 1. P. 1–6.

Stentiford G.D. 2008. Diseases of the European edible crab (*Cancer pagurus*): a review // ICES Journal of Marine Science, V. 65. P. 1–15.

Vogan C.L., Costa-Ramos C., Rowley A.F. 2001. A histological study of shell disease syndrome in the edible crab *Cancer pagurus* // Diseases of Aquatic Organisms. V. 47. № 3. P. 209–217.

Vogan C.L., Costa-Ramos C., Rowley A.F. 2002. Shell disease syndrome in the edible crab *Cancer pagurus* — isolation, characterization and pathogenicity of chitinolytic bacteria // Microbiology. V. 148. № 3. P. 743–754.

Wang W., Gu Z.F. 2002. Rickettsia-like organism associated with tremor disease and mortality of the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* // Diseases of Aquatic Organisms. V. 48. № 2. P. 149–153.

УДК 597-12:576.85

БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГИДРОБИОНТОВ ОЗЕРА АЗАБАЧЬЕ

Сергеенко Н.В., Устименко Е.А.

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский
Контактный e-mail: nvsergeenko@gmail.com

Введение

Одним из лимитирующих факторов, влияющих на численность поколений лососей, являются болезни, в том числе бактериальные. Известно более 40 видов бактерий, патогенных для лососёвых рыб. Они вызывают эпизоотии и массовую гибель при неблагоприятных или стрессовых условиях, способствующих повышению восприимчивости гидробионтов к инфекциям и усиливающих приспособляемость бактерий, которые могут паразитировать в их органах и тканях.

В оз. Азабачье — наиболее значимом нагульно-нерестовом водоёме для нерки на восточном побережье Камчатки, проходит пресноводный период жизни, как местной популяции, так и 50–70% молоди из притоков нижнего течения р. Камчатка, сеголетками мигрирующей в озеро (Бугаев, 1995). Двустворчатые моллюски, обитающие в этом водоёме, могут быть одной из причин инфицирования нерки бактериями, в том числе и облигатным (особо опасным) для рыб патогеном — возбудителем фурункулеза *Aeromonas salmonicida*. Кроме этого, беспозвоночные могут стать резервуаром инфекции в озере, фильтруя контаминированную бактериями воду.

В работе представлен анализ бактериологических исследований нерки оз. Азабачье, а также даны результаты тестирования двустворчатых моллюсков, как возможных резерватов бактериальных инфекций в этом водоёме.

Материал и методика

В период 2004–2011 гг. бактериологическими методами исследовали 436 экз. половозрелых особей нерки *Oncorhynchus nerka* из оз. Азабачье, а в 2011 г., кроме этого, 15 экз. двустворчатых моллюсков, предположительно, вида Beringiana sp. Отбор проб от лососей, по возможности, проводили дважды в год, поскольку нерка в этом водоёме представлена двумя сезонными расами — ранней и поздней (Бугаев, Дубынин 2002). Первый раз пробы отбирали в июле или первой половине августа, второй — во второй половине августа или в сентябре. Молодь рыб отлавливали мальковым неводом, половозрелых - плавной жаберной сетью, моллюсков собирали в литоральной части озера. Единовременная выборка рыб составляла 30 экз, моллюсков — 15 экз.

После проведения биологического анализа от каждой рыбы отбирали в среднем по три пробы. Бактериологические посевы проводили из почек, а при патологических изменениях — из других внутренних органов и язвенных поражений кожи. Для культивирования бактерий использовали универсальную питательную среду Trypton-Soja-Agar (TSA) (Serva, Германия). Для изоляции аэромонад *A. salmonicida* применяли селективную среду CBB agar (TSA с добавлением 0,1% Coomassie Brilliant Blue (Cipriano, 1997), для идентификации подвижных аэромонад — Triply-Sugar-Iron Agar (TSIA) (Serva, Германия) и Римлер-Шоттса.

У моллюсков вырезали мягкие ткани, которые помещали в стерильные пакеты, взвешивали и гомогенизировали. Затем к гомогенату добавляли стерильный пептоно-дрожжевой экстракт в соотношении 1:1. Бактериологические посевы проводили из десятикратных разведений надосадочной жидкости. Результаты бактериологического исследования моллюсков оценивали путём подсчёта общего микробного числа (ОМЧ), которое выражали в колониеобразующих единицах в 1 г мягких тканей (КОЕ/г) и выявления характерного для аэромонад бактериального роста на средах Римлер-Шоттса и CBB agar.

Для определения таксономической принадлежности микроорганизмов изучали их культуральные, морфологические и биохимические свойства. Биохимическое тестирование бактерий проводили с использованием систем: API 20NE, API 20E, RapiD 20E и Staph (BioMerieux, Франция), таксономическую принадлежность устанавливали по Определителю бактерий Берджи (Bergey s manual…, 2004). Для определения ДНКазной активности аэромонад применяли DNAse agar (Oxoid, England) (Сборник инструкций…, 1998).

Результаты и обсуждение

У преднерестовой нерки ежегодно в августе-сентябре отмечали характерные зарубцевавшиеся поражения кожи, свидетельствующие о перенесённом бактериальном заболевании или его хронической форме. Встречаемость таких особей в отдельные годы достигала 12% (рис. 1). Подобное течение инфекции часто наблюдают у половозрелых рыб, оно может продолжаться до нескольких недель и даже месяцев (Вялова, Шкурина, 2005). У переболевших рыб отсутствуют выраженные клинические признаки заболевания (фурункулы, язвы), так как инфекция принимает латентное течение (Бауер и др., 1981; Austin, Austin, 2007).

Грамотрицательные, неподвижные, оксидазоположительные палочки, имеющие ферментивный тип дыхания, продуцирующие коричневый диффундирующий пигмент на среде TSA и дающие рост на CBB агаре в виде мелких, темно-синих колоний, предположительно, определили как *A. salmonicida.* После проверки биохимических свойств изолятов подтвердили их таксономическую принадлежность к виду *A. salmonicida.* Характерный рост на среде CBB agar указывал о наличии у бактерий особого протеинового А-слоя, который обеспечивает защиту клетки против фагоцитоза и разрушения ее макрофагами. Такие штаммы более устойчивы к действию защитных сил организма и, следовательно, обладают высокой вирулентностью (Austin, Austin, 1993; Cipriano, 1997). Потенциальную патогенность выделенных штаммов *A. salmonicida* подтвердило наличие у них ДНК-азной активности. Размеры зоны деполимеризации — от двух до четырёх миллиметров свидетельствовали о вирулентных свойствах патогена.

За период исследований носителями облигатного патогена *A. salmonicida* было от 6,7 до 33,3% рыб из выборки (рис. 2). Кроме возбудителя фурункулёза *A. salmonicida* (неподвижных аэромонад), от нерки изолировали подвижные аэромонады *Aeromonas hydrophila* и *A. caviae*. В разные годы этими бактериями были контаминированы от 3,3 до 43,9% рыб. В 25–100% случаев их выделяли в ассоциации с *A. salmonicida*. При проверке ДНКазной активности подвижных аэромонад, выявленных у нерки, зона деполимеризации составляла 3–10 мм. Это соответствует средней и высокой степени вирулентности (Сборник инструкций…, 1998).

От 10–30% рыб выделили псевдомонады *Pseudomonas fluorescens,* но их ни разу не изолировали одновременно с *A. salmonicida* от одной и той же особи. Бактерии других таксономических групп выявляли редко. Носителями флавобактерий *Flavobacterium indologenes* и серратий *Serratia liquefaciens* и *Serratia* sp. были не более 1% рыб из выборки.

В течение всего периода исследований в бактериоценозе лососей превалировали аэромонады, только в июле 2005 г. наблюдали доминирование псевдомонад (рис. 2). Возбудитель фурункулёза *A. salmonicida* выявляли ежегодно (кроме 2007 г.) только при вторых отборах, т.е. в августе-сентябре, исключение составил 2010 г., когда возбудитель фурункулёза изолировали от нерки июле и в сентябре.

Известно, что бактерии *A. salmonicida* способны выживать до нескольких недель вне организма хозяина в зависимости от солености, pH, температуры и уровня содержания органических веществ в воде (McCarthy, Roberts, 1980). До настоящего времени пути передачи инфекции окончательно не определены. Установлено, что патоген распространяется горизонтально через контаминированную бактериями воду, при контакте инфицированных рыб между собой и через желудочно-кишечный тракт при



Рис. 1. Зарубцевавшиеся поражения кожи у нерки из оз. Азабачье

поедании ими зараженных гидробионтов (Allen, 1982). Так, живые размножающиеся клетки *A. salmonicida* изолировали из пищеварительной системы ресничных инфузорий *Tetrahymena pyriformis* (King, Shotts, 1988). Экспериментальным путём доказана возможность заражения рыб от других гидробионтов: лососи, помещённые в систему с пресноводными двустворчатыми моллюсками *Amblema plicata*, инфицированными бактериями *A. salmonicida,* погибали через 1–5 суток (Starliper, 2001). Заражение может произойти при участии личинок моллюсков — глохидий, которые некоторое время паразитируют на рыбе с помощью особого прикрепительного аппарата, нарушающего целостность покровов рыб, что способствует инфицированию.

Бактериологическое тестирование пресноводных двустворчатых моллюсков из оз. Азабачье, предположительно, вида *Beringiana* sp. показало, что общее микробное число варьировало от $4{,}0\times10^5$ до $8{,}8\times10^6$ КОЕ/г. Бактериальный рост, характерный для подвижных аэромонад (на среде Римлер-Шоттса) отмечали у 66,7% обследованных особей (табл. 1).

Биохимическое тестирование подтвердило принадлежность этих микроорганизмов к виду *A. hydrophila* и показало их полную идентичность с аэромонадами, выделенными от рыб (табл. 2).

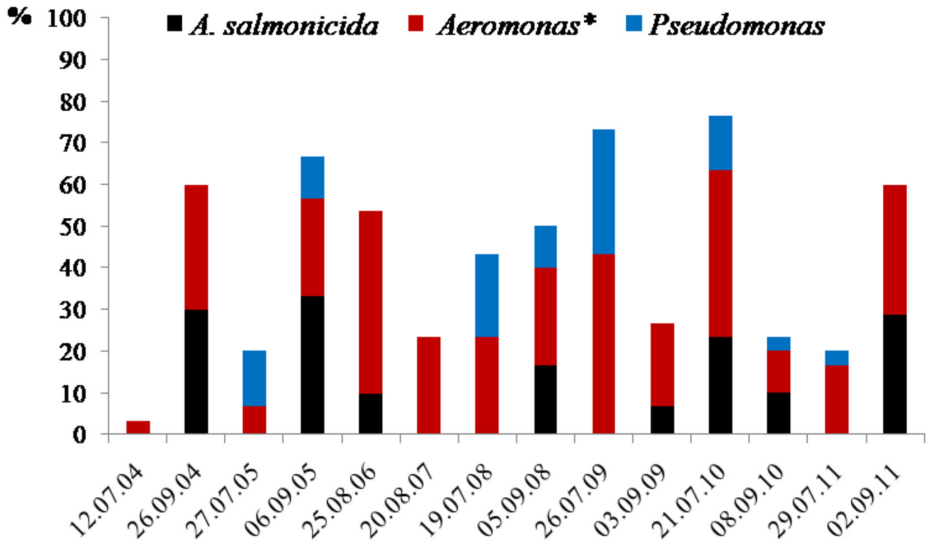


Рис. 2. Встречаемость бактериальных патогенов у половозрелой нерки из оз Азабачье в 2004-2011 гг. Примечание — * — только подвижные аэромонады

Таблица 1. Микробиологические показатели (ОМЧ, наличие/отсутствие характерного бактериального роста на селективных питательных средах) двустворчатых моллюсков из оз. Азабачье

№	ОМЧ на среде TSA, КОЕ/г	Рост на среде Римлер-Шоттса	Рост на среде CBB agar	Рост при 37 °С	Наличие пигмента
1	$6{,}8\times10^5$	–	+	+	–
2	$3{,}1\times10^6$	–	+	+	–
3	$1{,}3\times10^6$	+	+	+	–
4	$1{,}1\times10^6$	+	+	–	–
5	$8{,}8\times10^6$	+	+	+	–
6	$1{,}6\times10^6$	+	+	+	–
7	$1{,}5\times10^6$	+	+	+	–
8	$1{,}2\times10^6$	+	–	–	–
9	$4{,}6\times10^6$	–	–	–	–
10	$7{,}0\times10^6$	+	+	–	–
11	$8{,}7\times10^6$	+	+	–	–
12	$7{,}2\times10^5$	+	–	–	–
13	$1{,}0\times10^6$	+	–	–	–
14	$4{,}0\times10^5$	–	+	+	–
15	$7{,}5\times10^6$	–	+	+	–

Таблица 2. Идентификационные признаки бактерий *A. salmonicida* и *A. hydrophila*, изолированных от моллюсков из оз. Азабачье, в сравнении со штаммами, изолированными от рыб (NEFERM test 24)

Признак	*A. salmonicida**	*A. salmonicida***	*A. hydrophila**	*A. hydrophila***
Оксидаза	+	+	+	+
Уреаза	–	–	–	–
Аргинин	–	+	+	+
Орнитин	–	–	–	–
Лизин	–	–	–	–
β-глюкозидаза	+	+	+	+
N-ацетил-глюкозамин	–	–	+	+
Цитрат	–	–	+	+
Лактоза	–	–	–	–
Маннитол	+	+	+	+
Трегалоза	+	–	+	+
Ксилоза	–	–	–	–
Арабиноза	–	–	–	–
α-галактозидаза	–	–	–	–
β-галактозидаза	–	+	+	+
Малат	–	–	–	–
Галактоза	+	–	+	+
Мальтоза	–	+	+	+
Целлобиоза	–	–	–	–
Сахароза	–	+	+	+
Инозитол	–	–	–	–
γ-глютамилтрансфераза	–	–	+	+
Фосфатаза	–	–	–	–
Эскулин	+	+	+	+
Подвижность	–	–	+	+
Пигмент	–	+	–	–

Примечание: *— штаммы, выделенные от моллюсков, **— штаммы, выделенные от рыб

В посевах от 73,3% моллюсков на среде CBB agar регистрировали бактериальный рос, характерный для культур *A. salmonicida* (табл. 1). Для дальнейшего биохимического тестирования отбирали только те штаммы, которые не росли при 37 °С, что является важным идентификационным признаком для бактерий *A. salmonicida.* Тестирование с помощью тест-системы NEFERM test 24 подтвердило принадлежность отобранных микроорганизмов к виду *A. salmonicida*, но выявило отличительные признаки от типичного штамма, выделенного от рыб. Так, бактерии, выделенные от моллюсков, не утилизировали аргинин, β-галактозидазу, мальтозу, сахарозу (табл. 2) и не обладали пигментообразующими свойствами. Возможно, *A. salmonicida*, являясь облигатным патогеном рыб, утрачивает некоторые свойства, в том числе и вирулентные, попадая в организм других гидробионтов.

Подвижные аэромонады *A. hydrophila* широко известны как условно-патогенные микроорганизмы, способные вызывать септические процессы у многих гидробионтов и теплокровных, вероятно, поэтому штаммы, изолированные от рыб и моллюсков, по своим биохимическим свойствам оказались идентичными (табл. 2).

Ежегодное выявление бактериальных патогенов, в том числе и облигатных *A. salmonicida* у лососей и изоляция таковых от моллюсков свидетельствует о циркуляции бактериальных инфекций в озере и существовании угрозы бактериальных эпизоотий при возникновении стрессовых для гидробионтов условий. Большая площадь этого водоёма (62 км^2) при относительно небольшой глубине (до 37 м) обеспечивает быстрый теплообмен (Бугаев, 1995), поэтому в августе-сентябре здесь отмечают максимальные значения температуры воды — на литорали до 20°С (Базаркина, 2007). По-видимому, повышение температуры к августу и прогрев воды озера в течение двух летних месяцев ведут к быстрому накоплению органических веществ и, следовательно, интенсивному развитию микрофлоры. Это является дополнительным фактором риска распространения инфекций среди лососей в этом водоёме.

Заключение

Бактериоценоз нерки из оз. Азабачье представлен аэромонадами *A. salmonicida, A. hydrophila*, *A. caviae*, псевдомонадами *P. fluorescens*, флавобактериями *F. indologenes* и энтеробактериями *S. liquefaciens* и *Serratia* sp. В целом, в течение всего периода исследований у нерки из этого водоёма отмечали преобладание аэромонад над другими родами бактерий.

От 20% исследованных моллюсков из оз. Азабачье изолировали бактерии, идентифицированные как возбудитель фурункулёза лососёвых *A. salmonicida*, а от 66,7% — подвижные аэромонады *A. hydrophila*. Присутствие у двустворчатых моллюсков из оз. Азабачье бактерий рода *Aeromonas* свидетельствует об участии этих гидробионтов в передаче бактериальных патогенов между лососями. Достаточно высокие показатели ОМЧ в теле моллюсков подтверждают их роль резервата бактериальных инфекций в этом водоёме.

Благодарности

Приносим искреннюю благодарность сотрудникам КамчатНИРО Г.В. Базаркину и С.А. Петрову за помощь в сборе материала.

Список литературы

Бауэр О.Н., Мусселиус В.А., Стрелков Ю.А. 1981.Болезни прудовых рыб. М.: Лёг. и пищ. пром-ть, 320 с.

Бугаев В.Ф. 1995. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности). М.: Колос, 464 с.

Бугаев В.Ф., Дубынин В.А. 2002. Факторы, влияющие на биологические показатели и динамику численности нерки *Oncorhynchus nerka* рек Озерной и Камчатки // Изв. ТИНРО. Т. 130. Ч. II. С. 679–757.

Базаркина Л.А. 2007. Динамика гидробиологических процессов, определяющих кормовые условия молоди нерки в пелагиали озера Азабачье в 2001–2005 гг. // Исследования водных биол. ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Петропавловск-Камчатский. Вып. 9. С. 21–40.

Вялова Г.П., Шкурина З.К. 2005. Микрофлора и бактериальные болезни тихоокеанских лососей естественных популяций и в аквакультуре на Сахалине. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 117 с.

Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. 1998. Под ред. Яременко Н.А. М.: Отдел маркетинга АМБ-агро. С. 161–164.

Allen D.A. 1982. Bacteria associated with freshwater fish farming, with emphasis on the fish pathogen, *Aeromonas salmonicida* // PhD thesis. University of Maryland. USA. P. 7–10.

Austin B., Austin D.A. 1993. Bacterial fish pathogens: disease in farmed and wild fish. Second Edition. New York: Ellis Horwood Ltd, 384 p.

Bergey′s manual of systematic bacteriology. 2004. Ed. by Garrity G.M., Bell J.A., Lilburn T.G. 2 Ed. New York: Springer, 330 p.

Cipriano R.C. 1997. Strategies for managment of furunculosis in Atlantic salmon effected by non-lethal detection of *Aeromonas salmonicida*: a review // Bull. EAFP. № 17 (6). P. 215–219.

King C.H., Shotts E.B. 1988. Enhancement of *Edwardsiella tarda* and *Aeromonas salmonicida* through ingestion by the ciliated protozoan *Tetrahymena pyriformis* // FEMS Microbiology Letters. V. 51. P. 95–100.

McCarthy D.N., Roberts R.J. 1980. Furunculosis of fish the present state of our knowledge. In: Droop M.A. and Jannasch H.W. (eds.), Advances in Aquatic Microbiology. London: Academic Press. P. 293–341.

Starliper C.E. 2001. The effect of depuration on transmission of Aeromonas salmonicida between the freshwater bivalve *Amblema plicata* and Arctic charr // J. Aquat. Animal Health. V. 13. P. 56–62.

ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ГИДРОБИОНТОВ

УДК 639.3/.6

ПРИЕМНАЯ ЕМКОСТЬ АКВАКУЛЬТУРНЫХ РАЙОНОВ ДЛЯ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ

Гаврилова Г.С.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: gavrilova@tinro.ru

Введение

Морская аквакультура (марикультура) становится существенным компонентом прибрежных экосистем при увеличении объемов производства. Поэтому определение верхних пределов продукции, возможностей экосистем и социальной приемлемости является одним из основных условий ее устойчивого развития. Приемная емкость аквакультурных районов представляют собой способность природных комплексов обеспечивать воспроизводство и жизнедеятельность определенного числа организмов. При ее оценке акцент делается на возможность экосистем обеспечить функционирование искусственно создаваемых плотных скоплений гидробионтов (Карпевич, 1975; 1998). Цель управления в аквакультуре заключается в разработке приемлемых механизмов, с помощью которых можно прогнозировать и оценивать емкости акваторий. Аквакультура должна быть интегрирована в общую хозяйственную деятельность крупных экосистем, а объем культивирования не должен приводить к значительным изменениям в составе видов, популяций или сообществ (Soto et al., 2008; Cranford et al., 2009). Для систем разного масштаба (фермы, зоны) оценивается соотношение разных категорий приемной емкости (McKindsey et al., 2006). Для крупных заливов расчеты ведутся с учетом их социальной значимости; для плантаций внутри небольших бухт наиболее важно знание запасов первичной продукции, детрита и объемом сменяемой воды.

Материал и методика

До настоящего времени на Дальнем Востоке России основные научно-исследовательские работы по марикультуре беспозвоночных были сосредоточены в южных его районах и велись в области создания биотехник разведения гидробионтов. Инструкции и руководства, адаптированные к современным условиям, стали нормативной базой, на основе которой работают предприятия марикультуры Приморья (Справочник …, 2002; Временная инструкция…, 2003; Инструкция…, 2011а; б; в). В Приморском крае насчитывается более 30 разномасштабных хозяйств, большинство из которых расположено в зал. Петра Великого. С 2008 г. они производят 2–3 тыс. тонн товарной продукции ежегодно, что сопоставимо с общим допустимым уловом всех беспозвоночных (3, 1 тыс. тонн) в заливе в последние годы (Состояние промысловых …, 2009). Экологические исследования в марикультуре ограничены данными о сезонном и пространственном распределении органического вещества в бухтах залива Посьета, где расположены плантации (Кучерявенко, 2002) и качественными оценками экологической обстановки в районах хозяйств (Масленников и др., 1994; Габаев и др., 1998; Морозова и др., 2002; Морозова, Орлова, 2005). Необходимость развития промышленной аквакультуры у побережья Приморья обсуждается с конца 1980-х гг., но до настоящего времени выполнялись лишь экспертные оценки потенциальной продукции. Возможность создания аквакультурной зоны и емкость акваторий с учетом разных ее категорий не оценивались. Обоснование и расчет приемной емкости аквакультурных районов для культивирования наиболее востребованных объектов — двустворчатых моллюсков — актуальны для дальнейшего развития марикультуры в регионе и в качестве информационной базы для создания региональных программ комплексного управления прибрежной зоной.

Возможные варианты оценки потенциальной продукции двустворчатых моллюсков в зал. Петра Великого выполнены с учетом концепций приемной емкости и экосистемного подхода в аквакультуре (Soto et al.,

2008). Для культивирования двустворчатых моллюсков сформулированы представления о четырех категориях приемной емкости — физической, продукционной, экологической и социальной (Inglis et al., 2002; McKindsey et al., 2006). Количественные определения для марикультурных ферм выполняются на уровне физической и продукционной емкостей. Как правило, площадь всего водоема, где планируется аквакультурная деятельность, существенно больше площади, пригодной для создания плантаций (физическая емкость). Оценка физической емкости полезна для определения пространства в экосистеме, где может осуществляться аквакультурная деятельность, но она мало информативна для определения предельных объемов культивирования в водоеме и не содержит данных о запасе культивируемых организмов или биомассе продукции. Продукционная емкость оценивает максимальную биомассу моллюсков на плантациях с учетом доступных трофических ресурсов. Ее оценка выполняется уже на ограниченном пространстве внутри водоема.

Продукционная емкость водоема всегда превышает экологическую, определение которой наиболее сложно, так как причины изменений в экосистемах могут быть связаны не только с аквакультурными фермам, но и другими сопутствующими видами деятельности. Кроме того, экосистемы разнонаправлено реагируют на марикультурную деятельность. Аквакультура моллюсков может воздействовать на систему и как потребитель (фитопланктона, взвешенного органического вещества) и, как продуцент, возвращая в оборот, для повторного использования питательные вещества и детрит. Но для управления аквакультурой важны результаты расчетов именно экологической емкости, так как в этом случае учитываются несколько процессов; возможны такие расчеты на основе, прежде всего, моделирования (Byron et al., 2011).

Результаты и обсуждение

Предварительный анализ существующих методов показал, что оценка кормовой базы с учетом содержания органического вещества во взвеси наиболее приемлема для расчетов биомассы культивируемых моллюсков (Иванов и др., 1989; Dame, Prins, 1998; Smaal et al., 1998; Duarte et al., 2003; Nunes et al., 2003; Холодов и др., 1991; Кучерявенко, 2002). Этот метод учитывает не только фитопланктон, его разные размерные группы, но и такие составляющие как зоо-, бактериопланктон, детрит. Оценки продукционной емкости аквакультурных участков только с учетом одного из перечисленных компонентов могут приводить к заметным ошибкам (Агатова и др., 2007; Newell, 2007).. Показателями содержания РОВ и ВОВ принимаются соответственно концентрации растворенного и взвешенного углерода.

Продукционная (кормовая) емкость бухт зал. Петра Великого для культивирования двустворчатых моллюсков определялась с учетом соотношения кормовых ресурсов, концентрации организмов и интенсивности водообмена. При расчетах параметров плантаций для культивирования моллюсков, приняты известные допущения: устойчивость и сбалансированность экосистем бухт, и неизменность основной массы органического вещества в водоеме. Соответственно предполагается, что для роста культивируемых моллюсков задействуется только органическое вещество, дополнительно поступающее в бухты в течение суток, что оправданно для акваторий с ограниченным водообменом (Холодов и др., 1991; Кучерявенко, 2002). Однако принятие таких ограничений показывает, что определяется уже не продукционная, а экологическая емкость водоемов, в контексте которой значится, что поддержание продукции аквакультуры в системе не должно вызывать значительных изменений в экологических процессах, приводящих к смене видов, популяций или сообществ.

С иных позиций можно подойти и к определению физической емкости для культивирования моллюсков. В качестве основной ее характеристики может быть принята не только площадь, пригодная для расположения плантаций, но и объем водной массы ежесуточно сменяющийся в водоеме. Без уточнения местоположения плантаций, их протяженности рассчитывается суточный объем кормовых ресурсов, что важно для определения и сравнения оптимальных объемов культивирования моллюсков в разных бухтах. Эти объемы напрямую зависят от степени «открытости» акватории, которая определяется индексом условного водообмена (Хайлов, 1985).

В нескольких бухтах зал. Петра Великого рассчитаны допустимые площади плантаций для разного вида продукции (спат, товарные моллюски) по общей схеме (рис.). Расчеты численности моллюсков и потребления ВОВ (табл. 1) проводились для стандартных плантаций (Справочник по культивированию.., 2002). При садковом выращивании гребешка и товарном культивировании мидии допустимые площади плантаций не превышали в этих бухтах 14% площади водоемов (табл. 2).

Донное выращивание гребешка в бухтах залива может быть организовано на гораздо большей площади, так как концентрация моллюсков при этом способе культивирования значительно ниже. Выбор способа зависит от многих факторов, в том числе, места расположения плантаций, финансового состояния хозяйства и др. Полученные матрицы (табл. 2) могут быть использованы для планирования полу- или полноцикличных хозяйств в конкретных бухтах.

Оценка потенциальной продукции двустворчатых моллюсков на акватории всего зал. Петра Великого была проведена с учетом социальной категории емкости, так как он расположен на большой пло-



Рис. Схема оценки приемной емкости водоема на уровне аквакультурных ферм

Таблица 1. Численность моллюсков и потребление ВОВ на плантациях

Характеристика	Мидия тихоокеанская		Гребешок приморский		
	спат	товарная	спат	донный	садковый
Численность моллюсков на плантации, млн. экз. га$^{-1}$	4,2	2,99	6,5	0,15	0,265
Потребление ВОВ на 1 га плантации, кг С сут$^{-1}$	13,86	30,8	6,5	7,5	13,2

Таблица 2. Допустимые площади плантаций двустворчатых моллюсков в бухтах залива Петра Великого

Бухта	Сменяемый объем воды, 10^6 м^3 сут$^{-1}$	Содержание ВОВ, кг С сут$^{-1}$	Площадь плантаций, га, (%)				
			Мидия тихоокеанская		Гребешок приморский		
			спат	товарная	спат	донный	садковый
Суходол	19,3	5407	390(13)	175 (6)	832(29)	720(25)	409 (14)
Северная	7,22	939	68 (5)	30 (2)	144 (11)	125 (9)	71 (5)
Рейд Паллада	49,4	6422	463 (7)	208 (3)	988 (15)	856 (13)	486 (7)
Миноносок	0,62	80,6	6 (<1)	2,6 (<1)	12,4 (1)	11 (1)	6 (<1)
Новгородская	18	2700	194 (6)	87 (3)	415 (13)	360 (12)	204 (6)
Экспедиции	47,2	7080	510 (6)	230 (3)	1089 (13)	944 (11)	536 (6)

щади, включает бухты и заливы разного порядка, обладает значительной протяженностью побережья с развитой инфраструктурой. Большая его часть доступна для судоходства, для обеспечения которого создаются: районы, прилегающие к портам, акватории внешних и внутренних рейдов, радионавигационные полигоны, режимные зоны.

Физическая емкость залива оценивалась на глубинах до 20 м, что связано с современным уровнем развития марикультуры, а также технологиями разведения и добычи гидробионтов. Для размещения донных и подвесных плантаций на этих глубинах может быть задействовано ~ 1046 км^2 (или ~ 11% от общей площади залива). После исключения из этого числа природоохранных акваторий, поселений закапывающийся моллюсков, полей анфельции, портовых и др. сооружений, которые в общей сложности составляют до ~460 км^2, реальные площади для организации и донных, и подвесных плантаций уменьшатся до ~ 541 км^2.

Донное культивирование моллюсков на площади ~ 500 км^2 в заливе применяется только при выращивании приморского гребешка. Ежегодно товарная продукция этих моллюсков может занимать третью часть площадей донных плантаций (если принимать во внимание трехлетний цикл выращивания) или ~ 160 км^2. С учетом продуктивности плантаций гребешка на третьем году выращивания объемы выращенной товарной продукции могут составлять до 100 тыс. т. Дополнительная продукция может быть получена при организации садкового выращивания.

Приемная емкость залива и нескольких бухт оценена для двух видов двустворчатых моллюсков (разведение которых реально существует) в мелководной прибрежной зоне (до 20 м) и на современном этапе технико-экономического развития региона. Однако полученные данные о потреблении органического вещества моллюсками на плантациях, могут быть использованы при создании разноплановых хозяйств марикультуры в большинстве бухт залива. По мере накопления новых данных, возможно расширение видового состава культивируемых моллюсков, и тогда принятые схемы расчетов и информация о допустимых объемах изъятия органического вещества из экосистем бухт будет востребована для оценки оптимальных нагрузок на акватории, где планируется их разведение.

При превышении объемов культивирования, соответствующих экологической емкости, в бухтах залива в районе плантаций происходит накопление органических отложений и уменьшается число видов бентоса, что наблюдалось в бухте Миноносок в середине 1980-х гг. (Габаев и др., 1998). Согласно многолетним данным, в этой бухте увеличивалось и содержание взвешенного углерода: к осени оно оказывалось в два раза выше, по сравнению с водами бухты Рейд Паллада (Кучерявенко, 2002). Известно, что экологическая емкость значительно уменьшает продукционную. На это указывают и модельные оценки. В модели для морских экосистем, рассматривающей масштабное культивирование мидий, экологическая емкость в пять и более раз снижает потенциальные объемы продукции моллюсков (Jiang, Gibbs, 2005).

Заключение

Наиболее масштабное увеличение приемной емкости зал. Петра Великого может быть связано с развитием глубоководных технологий. Современные данные не достаточны для реальной оценки площадей плантации над глубинами до 50 и более метров. Но если их величина составит только 10–15% от общей площади в диапазоне глубин 20–50 м, она будет сопоставима с физической емкостью мелководной зоны. Сложность создания таких технологий в современных условиях состоит не только в технических решениях для размещения установок на больших глубинах, но и в недостаточности гидрологической и гидробиологической информации.

Список литературы

Агатова А.И., Лапина Н.М., Торгунова Н.И. 2007. Биохимические показатели трофности морских экосистем // Вопросы промысловой океанологии. — Вып. 4, № 1. — С. 88–98.

Временная инструкция по биотехнологии заводского способа получения и выращивания молоди дальневосточного трепанга. - Владивосток : ТИНРО-центр, 2003. — 49 с.

Габаев Д.Д., Кучерявенко А.В., Шепель Н.А. 1998. Антропогенное эвтрофирование залива Посьета Японского моря установками марикультуры // Биол. моря. — Т. 24, № 1. — С. 53–62.

Иванов В.Н., Холодов В.И., Сеничева М.И. и др. 1989. Биология культивируемых мидий : монография. — Киев : Наук. думка, — 98 с.

Инструкция по технологии культивирования тихоокеанской мидии / сост. А.В. Кучерявенко, А.П. Жук. Владивосток: ТИНРО-центр, 2011а. — 27 с.

Инструкция по технологии культивирования тихоокеанской устрицы / сост. А.В. Кучерявенко, А.П. Жук. Владивосток : ТИНРО-центр, 2011б. — 27 с.

Инструкция по технологии садкового и донного культивирования приморского гребешка / сост. А.В. Кучерявенко, А.П. Жук. Владивосток : ТИНРО-центр, 2011в. 49 с.

Карпевич А.Ф. 1998. Потенциальные свойства гидробионтов и их реализация в аквакультуре // Биологические основы марикультуры. М. : ВНИРО. С. 78–100.

Карпевич А.Ф. 1975. Теория и практика акклиматизации водных организмов: монография. М.: Пищ. пром-сть. 432 с.

Кучерявенко А.В. 2002. Органическое вещество в мелководных бухтах залива Посьета : монография. — Владивосток: ТИНРО-центр. 86 с.

Масленников С.И., Корн О.М., Кашин И.А., Мартынченко Ю.Н. 1994. Многолетние изменения численности личинок донных беспозвоночных в бухте Алексеева острова Попова Японского моря // Биол. моря. Т. 20, № 2. С. 107–114.

Морозова Т.В., Орлова Т.Ю. 2005. Фитопланктон в районах хозяйств марикультуры в заливе Восток Японского моря // // Биол. моря. № 1. С. 11–16.

Морозова Т.В., Селина М.С., Орлова Т.Ю. 2002. Фитопланктон в районах хозяйств марикультуры бухты Миноносок залива Посьета Японского моря // Биол. моря. Т. 28, № 2. С. 107–112.

Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общего вылова гидробионтов по дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на 2010 г. (краткая версия). Владивосток: ТИНРО-центр, 2009. 300 с.

Справочник по культивированию беспозвоночных в южном Приморье / сост. А.В. Кучерявенко, Г.С. Гаврилова, М.Г. Бирюлина. Владивосток: ТИНРО-центр, 2002. 83 с.

Хайлов К.М. 1985. Возможны ли общие экологические принципы аквакультуры? // Биологические основы аквакультуры в морях европейской части СССР. М.: Наука. С. 40–55.

Холодов В.И., Иванов В.Н., Сеничева М.И. 1991. Оценка мощности и размеров мидиевых хозяйств на основе данных о трофической емкости района // Экология моря. Вып. 38. С. 35–40.

Byron C.J., Costa-Pierce B.A. 2010. Carrying capacity tools for use in the implementation of an Ecosystems Approach to aquaculture // http://seagrant.gso.uri.edu/newsletter/jan.feb11/Byron%20%. 2010.

Crandford P.J, Hargrave B.T, Doucette L.I. 2009. Benthic organic enrichment from suspended mussel (Mytilus edulis) culture in Prince Edward Island, Canada // Aquaculture. № 292. P. 189–196.

Dame R.F., Prins T. 1998. Bivalve carrying capacity in coastal ecosystems // Aquat. Ecol. № 31. P. 409–421.

Duarte P., Meneses R., Hawkins A.J.S. et al. 2003. Mathematical modeling to assess the carrying capacity for multi-species culture within coastal waters // Ecol. Model. № 168. P. 109–143.

Inglis G.J., Hayden B.J., Ross A.H. 2002. An overview of factors affecting the carrying capacity of coastal embayments for mussel culture : NIWA, Christchurch. Client Report CHC00/69. 31 p.

Jiang W., Gibbs M.T. 2005. Predicting the Carrying capacity of bivalve shellfish culture using a steady, linear food web Model // Aquaculture. № 244. P. 171–185.

McKindsey C.W., Thetmeyer H., Landry T., Silvert W. 2006. Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management //Aquaculture. № 261. P. 451–462.

Newell R.I.E. 2007. A framework for developing "ecological carrying capacity" mathematical models for bivalve mollusk aquaculture // Bull. of Fisheries Research Agency. № 19. P. 41–52.

Nunes J.P., Ferreira J.G., Gazeau F. et al. 2003. A model for sustainable management of shellfish polyculture in coastal bays // Aquaculture. № 219. P. 257–277.

Smaal A.C., Prins T.C., Dankers N., Ball B. 1998. Minimum requirements for modeling bivalve carrying capacity // Aquat. Ecol. № 31. P. 423–428.

Soto D., Aguilar-Manjarrez J., Hishamunda N. (eds). 2008. Building an ecosystem approach to aquaculture: FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings № 14. Rome, FAO, 221 p.

УДК 639.3.043.13

УДК 639.3.043.13

К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЦЕПТУР КОРМА ДЛЯ МОЛОДИ ТРЕПАНГА, ВЫРАЩЕННОЙ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Кадникова И.А., Мокрецова Н.Д., Удалов А.Н.

ФГУП «ТИНРО-ЦЕНТР», г. Владивосток
Контактный e-mail: kadnikova@tinro.ru

Введение

Главной задачей искусственного воспроизводства дальневосточного трепанга является получение физиологически полноценной молоди, способной выжить не только после выпуска ее в естественные водоемы, но и дать промысловый возврат. Зарубежный и отечественный опыт аквакультуры показали, что размеры и физиологическая полноценность гидробионтов во многом зависят от состава применяемых искусственных кормов.

В России комбикорма для молоди культивируемого трепанга не производятся, а закупаются за рубежом, в основном в Китае. При отработке биотехнологии культивирования трепанга на базе НПЦМ «Заповедное» (Приморский край, п. Киевка). Для молоди лабораторией воспроизводства беспозвоночных ТИНРО-Центра использовались корма китайского производства. Однако в последние годы были поставлены эксперименты с применением кормов собственной разработки. При использовании некоторых вариантов корма скорость роста оказалась выше, чем при питании стартовым кормом китайского производства.

Целью настоящей работы является оценка эффективности химического состава экспериментальных кормовых смесей, разработанных для молоди трепанга выращиваемой в заводских условиях.

Материал и методика

В качестве объектов исследования использовали экспериментальные кормовые смеси, разработанные в ТИНРО-Центр. В каждом варианте эксперимента в качестве контроля служил коммерческий корм производства Китая.

Общий химический состав (массовая доля воды, золы, альгиновой кислоты) кормовых смесей на основе водорослей и коммерческого корма определяли стандартными методами (ГОСТ 26 185-84).

Для расчета пищевой ценности кормовых смесей определяли содержание белка, липидов и легкогидролизуемых полисахаридов.

Общее содержание азотистых веществ определяли микрометодом по Кьельдалю на приборе «Kjeltec auto» 10 SO Analyser (Tecator, Япония).

Общее содержание липидов определяли по методу Блайя-,Дайера (Blight, Dayer, 1959).

Содержание легкогидролизуемых полисахаридов определяли колориметрическим методом при длине волны 620 нм (Крылова, Лясковская, 1965).

Для расчета калорийности кормовых смесей в энергетическом выражении использовали соответствующие тепловые эквиваленты (для 1 г углеводов — 17,165 кДж; 1 г белка — 18,212 кДж; 1 г липидов — 39,565 кДж) и коэффициенты их усвоения: углеводов — 0,98; липидов — 0,95 белков — 0,92 (Кизеветтер, 1973).

Эффективность химического состава разработанных кормовых смесей оценивали по результатам биологических испытаний на молоди трепанга. Эксперименты проходили в сентябре 2011 в течение 10 дней. Контролем служил коммерческий корм китайского производства. Эффективность экспериментального корма оценивали по приросту массы тела особи.

Для экспериментов были отобраны образцы молоди в количестве от 21 до 25 экземпляров, которые взвешивали и помещали в сосуды, кормили в течение 10 дней. Плотность молоди массой от 280 до 465 мг составляла — 1 особь на 10 см^2. Плотность корма — 3 мг на 10 см^2 в сухом виде. В эксперименте на 1 экземпляр молоди приходилось 3 мг корма при разовой его подаче. Суточная концентрация корма поддерживалась на указанном уровне в течение всего периода выращивания молоди. Новая порция корма вносилась в сосуд с животными при условии 70% его потребления, что происходило через 24–48 часов с момента его подачи. При замене корма новой порцией, остатки корма от предыдущего кормле-

ния полностью удалялись из сосуда. В течение 10 суток кормления общее его количество составило порядка 5 г.

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные разработки по производству искусственных комбикормов для молоди трепанга имеют многолетнюю историю. Большие достижения в этом отношении получены в Китае. В нашей стране технология изготовления и составления рецептур в настоящее время находятся на стадии опытных работ.

Выращивание молоди трепанга с использованием коммерческого корма китайского производства показало, что кормление ее им, дает положительные результаты по приросту и выживаемости особей. При проведении исследований по оценке эффективности разрабатываемых в ТИНРО-Центр кормов для молоди трепанга, выращиваемой в заводских условиях, этот корм используется в качестве эталона.

При разработке рецептур кормовых смесей в ТИНРО-Центр был проанализирован химический состав коммерческих кормов производства Китай. Результаты исследования показали, что содержание минеральных веществ довольно велико и находится в пределах 50,2–58,9% (табл. 1). Количество белка составляет 11,8–12,9%, что в среднем в 4–5 раз ниже минеральных веществ. Концентрация липидов в корме невелико — до 2,0%. Содержание простых углеводов находится в пределах 2,3–3,0%. Расчет калорийности показал, что китайский корм имеет энергетическую ценность в пределах 74,4–85,2 ккал/100 г, которая определяется в основном содержанием белка.

Полученные данные по химическому составу коммерческих кормов послужили основой для разработки рецептур корма для молоди трепанга в наших работах.

Для разработки рецептуры использовали ингредиенты, которые были разделены на 4 четыре группы. В первую группу входит кормовая мука из створок моллюска с высоким содержанием минеральных веществ, которая используется в рецептуре как минеральная добавка. Во вторую группу входят различные источники белка — ингредиенты растительного происхождения (соевая мука, водоросли) и ингредиенты из сырья животного происхождения — рыбная мука, порошок из отходов переработки моллюсков. К третьей группе относятся биологически активные вещества для повышения иммунитета: чесночный порошок и витаминно-минеральный премикс. Четвертая группа — это пищевые волокна-полисахариды каррагинан и альгинат для повышения технологических свойств и биологической ценности кормов.

Исследовали влияния различных концентраций саргассума и анфельции, кормовой муки из створок спизулы, отходов от переработки моллюсков на химический состав кормовых смесей. На рис. 1 показана зависимость содержания минеральных веществ от концентрации, используемой кормовой муки из створок моллюска.

Представленная зависимость свидетельствует о том, что чем выше концентрация кормовой муки, тем выше содержание минеральных веществ в кормовой смеси. В результате определено количество муки (45–50%), обеспечивающее количество минеральных веществ не менее 50% по аналогии с китайским кормом.

На содержание белковой составляющей в кормовой смеси большое влияние оказывает вид используемой водоросли в рецептуре корма (рис.2).

Показано, что добавление в рецептуру корма красной водоросли анфельция повышает содержание белка в нем до 15,2–17,1% по сравнению с саргассумом (11,0–14,0%) при их одинаковой концентрации (20%) в составе рецептур, что обусловлено химическим составом водорослей. Использование водо-

Таблица 1. Химический состав и калорийность экспериментальных кормовых смесей и коммерческого китайского корма

№ п/п	Воды, %	Содержание, % сухого вещества				Калорийность, г/100 г
		Минеральные	Белок Nx 6,25	Липиды	Углеводы	
1.	3,5	56,0	15,5	1,9	1,0	81,0
2.	4,1	55,7	12,7	1,9	1,2	72,3
3.	3,9	57,4	15,0	1,9	1,0	80,8
4*.	4,3	50,2–58,9	11,8–12,9	2,0	2,3–3,0	74,4–85,2

4* — китайский корм

рослей с различным содержанием белка при составлении кормовой смеси определяет концентрацию белковых добавок, в частности из моллюсков.

Установлена зависимость содержания белка от концентрации моллюсков в рецептуре (рис. 3). Как видно, содержание белка имеет прямо пропорциональную зависимость от концентрации вносимого сухого порошка из моллюсков. Увеличение концентрации моллюсков в кормовой смеси от 4 до 8% обеспечивает увеличение белка от 11,0 до 14,6%. Полученные данные позволили нам установить концентрации водорослевого компонента, кормовой муки и порошка из моллюсков для получения кормовой смеси с соотношением питательных веществ аналогично китайскому корму.

На основании полученных результатов разработаны рецептуры, отличающиеся водорослевым компонентом, видом используемых моллюсков, связующим полисахаридом и количеством порошка из наземных растений.

Сравнительный анализ химического состава разработанных сухих кормовых смесей с аналогами китайского производства показал, что количественный состав образцов кормовых смесей очень близок к китайскому корму (табл. 1).

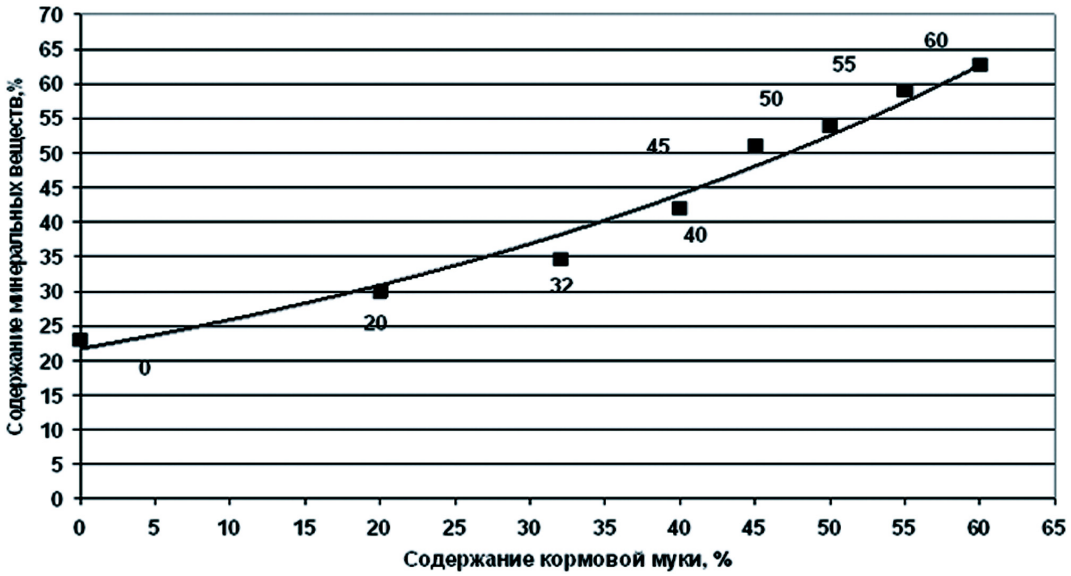


Рис. 1. Влияние концентрации кормовой муки из створок на содержание минеральных веществ в кормовой смеси

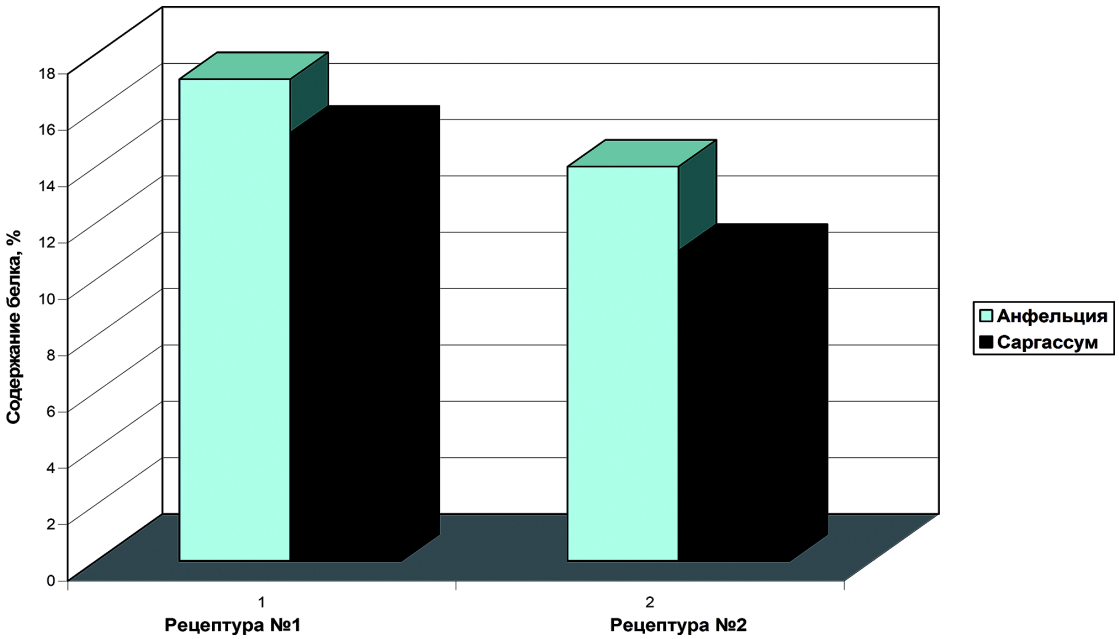


Рис. 2. Влияние вида водоросли на содержание белка в кормовой смеси

Содержание минеральных веществ находится в пределах 55,7–57,4%, белка 12,7–15,5%. В экспериментальных образцах несколько меньше содержание липидов — 1,9%) и углеводов — 1,0% по сравнению с китайским кормом (рис. 4). Расчетная калорийность исследуемых кормовых смесей находится в пределах 72,3–81,0 ккал на 100 г смеси, что несколько ниже калорийности коммерческого корма.

Оценку эффективности химического состава разработанных кормовых смесей проводили на молоди трепанга. Для этого были разработаны 3 опытные партии кормовых смесей. Результаты биологических испытаний представлены в таблице 2.

Биологические испытания показали, что прирост массы особей наблюдается при кормлении всеми видами кормовых смесей, которые отличаются, в основном, видом морского растительного сырья (рис. 5). Наибольший прирост массы тела особи наблюдается при кормлении кормовой смеси № 2 с использованием саргассума. В этом варианте эксперимента прирост массы особи превосходит таковой при кормлении кор-

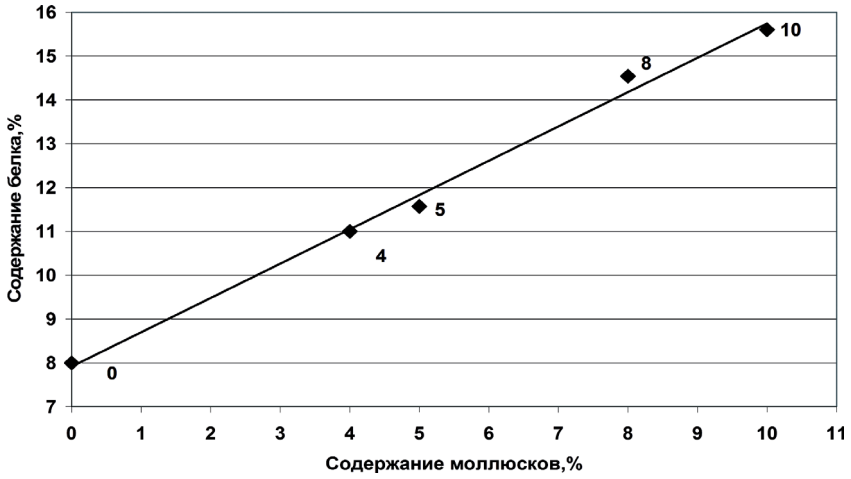


Рис. 3. Влияние концентрации моллюсков на содержание белка в кормовой смеси

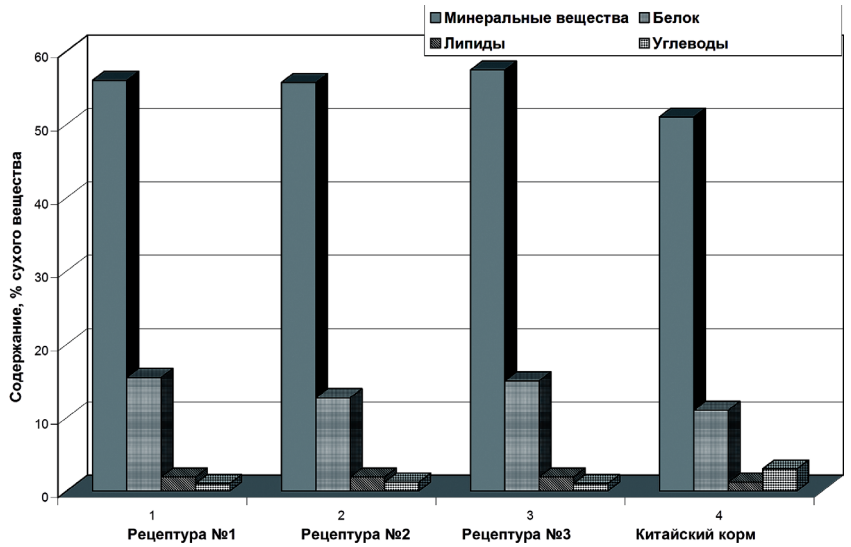


Рис. 4. Химический состав экспериментальных кормовых смесей

Таблица 2. Результаты биологических испытаний кормов для молоди трепанга, выращенной в заводских условиях

Корм	Кол-во особей	Общая масса, мг		Масса особи, мг		Прирост, мг
		Начальная	Конечная	Начальная	Конечная	
1.	23	490,0±25,0	575,0±70,0	20,8±0,25	26,3±4,4	5,45±4,1
2.	25	435,0±105,0	660,0±55,0	16,8±3,1	25,8±1,6	9,0±1,5
3.	24	322,5±42,5	452,5±72,5	18,3±5,65	20,7±0,4	2,35±6,0
Китайский	12	162,5±22,5	252,5±17,5	13,5±1,8	21,0±1,4	7,5±0,4

мом китайского производства, что, видимо, связано с повышенным содержанием белка в экспериментальном корме. Наименьший прирост молоди отмечен при кормлении кормом № 3 изготовленном на основе водоросли цистозиры.

Эффективность использования кормов характеризовали по кормовому коэффициенту. В экспериментах по кормлению молоди трепанга на 1 экземпляр особи приходилось 3 мг корма в сутки. Суточный прирост 1 экземпляра молоди трепанга для экспериментальных кормов находился в пределах от 1,1 до 4,3 мг, для китайского корма — от 3,4 до 3,8 мг. Используя, полученные данные для опытных партий кормов были рассчитаны кормовые коэффициенты как отношение — массы потребленного корма к приросту массы молоди трепанга. Для корма № 1, в состав которого входит анфельция, он составил 1,1; для № 2 — входит саргассум — 0,7; для № 3 — входит цистозира — 2,7.

Китайский корм имел кормовой коэффициент равный 0,85. Несмотря на сходный химический состав кормовых смесей с китайским кормом, кормовой коэффициент корма на основе саргассума был ниже, чем у коммерческого корма китайского производства.

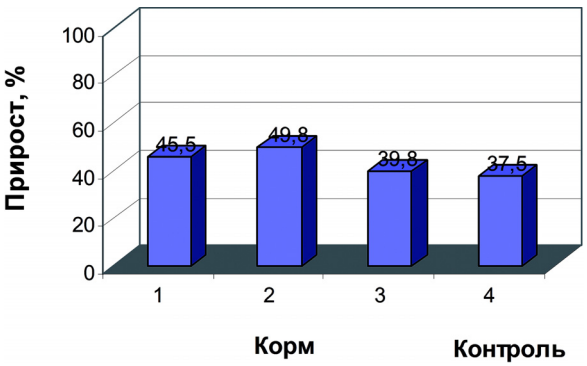


Рис. 5. Влияние экспериментальных кормовых смесей на прирост массы особей молоди трепанга

Таким образом, проведенные исследования показали, что эффективность корма зависит от химического состава используемого вида водоросли в составе кормовой смеси. Самым эффективным кормом оказался корм на основе саргассума, затем следует — на основе анфельции, на третьем месте — корм на основе цистозиры. Полученные данные показывают, что кормовой коэффициент экспериментальных смесей определяется видом водорослей.

Заключение

Изучено влияние разных видов морского растительного сырья, кормовой муки из створок спизулы, порошка из мяса мелкой мидии и отходов от переработки спизулы на химический состав сухих кормов. Установлены дозы внесения основных компонентов в кормовые смеси, обеспечивающие соотношение содержания минеральных и белковых веществ аналогичное китайским кормам. Сравнительная оценка качества сухих экспериментальных кормов с аналогами китайского производства показала соответствие их химических составов. Пищевая ценность экспериментальных кормовых смесей на основании аналитических исследований составила от 72,3 до 81,0 ккал на 100 г сухого корма. Проведенные биологические испытания разработанных кормовых смесей на молоди трепанга, полученной в заводских условиях, позволили установить, что прирост массы тела особи в зависимости от состава кормовых смесей и вида используемых водорослей составляет 39,8–49,8%. Рассчитаный кормовой коэффициент: для корма на основе анфельции равен 1,1; на саргассуме — 0,7; на цистозире — 2,7. Показано, что максимальной эффективностью обладает корм на основе саргассума. Эффективность корма зависит от химического состава используемого вида водоросли в составе кормовой смеси.

Список литературы

Баратова Л.А., Белякова Л.П. 1974. Определение аминокислотного состава белков. Методы биохимического эксперимента. М.: МГУ. С. 1–36.

ГОСТ 26185-84. 1984. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа. М.: Стандарт., 53 с.

Крылова Н.Н., Лясковская Ю.Н. 1965.Физико-химические методы исследования продуктов животного происхождения. М.: Пищевая промышленность, 1965. С.34–38.

Кизеветтер И.В. 1973. Биохимия сырья водного происхождения. М.: Пищевая промышленность, 424 с.

Остерман Л.А. 1985. Хроматография белков и нуклеиновых кислот. М.: Наука. 536 с.

Blight E.G., Dayer W. J. 1959. A rapid method of total lipid extraction // Canad. J. Biochem. Phisiol. № 37. P. 911–917.

УДК 639.518

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОСПРОИЗВОДСТВА И КУЛЬТИВИРОВАНИЯ КАМЧАТСКОГО КРАБА НА БЕРЕГОВЫХ КОМПЛЕКСАХ

Ковачева Н.П.

ФГУП «ВНИРО», г. Москва

Контактный e-mail: nikolinak@mail.ru

Введение

Камчатский краб — важнейший объект крабового промысла в водах России. Вылов камчатского краба в Охотском море достигал в отдельные годы 58–60 тыс. т. Обладая ценными пищевыми качествами, хорошим товарным видом и крупными размерами, этот крабоид высоко ценится на рынках Японии, Америки и Кореи. В Северо-Восточную Атлантику камчатский краб был завезен в конце 1960-х гг., и с 1974 г. крупные крабы стали регулярно отмечаться в Баренцевом море. В 2004 г в РЭЗ открывается промысел этого ценного вида.

До 2003 г. включительно все изъятие камчатского краба в РЭЗ Баренцева моря осуществлялось в рамках научно-экспериментального лова под контролем ученых. С 2004 г. примерно половина квоты была выделена для проведения специализированного промысла без участия научных сотрудников. Последствия открытия специализированного промысла камчатского краба в Северо-Восточной Атлантике уже в 2009 году показали, что стабильность запасов вида не гарантирована.

Установленное резкое сокращение уловов вида (в 3–4 раза) в Баренцевом море в 2009 г. и ожидаемое слабое пополнение являются причинами поиска дополнительных мер, направленных на сохранение и восстановление запаса, в том числе методами искусственного воспроизводства и культивирования.

В случае дальневосточного развития событий (массовые нарушения правил рыболовства, такие как нелегальный вылов, оставление ловушек в рабочем состоянии, работа в районах с высокой долей непромысловых особей в уловах, траловый промысел донных рыб, вылов самок, сброс отходов переработки в районе промысла и т.д.) можно предполагать быстрый обвал численности этого вида (Соколов, Ковачева, 2004, 2005; Беренбойм, 2006). Кроме всего выше сказанного проводящаяся в настоящее время активная разработка нефтегазовых месторождений на шельфе Баренцева моря также не может способствовать благополучному состоянию популяций крабов. Подобная промышленная деятельность может привести к ухудшению состояния среды обитания промысловых видов гидробионтов.

Дальневосточный опыт, показывает, что интенсивный промысловый прессинг способен в весьма короткие сроки привести к катастрофическому подрыву запасов и даже поставить под угрозу само существование вида как промыслового. Очевидно, что в значительной мере это относится и к баренцевоморской популяции, как к самой высокоширотной, искусственно-созданной и сравнительно молодой (Левин, 2001; Пинчуков, Беренбойм, 2003). Дополнительными факторами риска в местных условиях являются не только постоянно увеличивающаяся легальная промысловая нагрузка, но также возрастающие объемы прилова крабов при траловом промысле донных видов рыб и практически неконтролируемого браконьерского вылова.

Основные причины депрессивного состояния популяций камчатского краба в различных регионах следующие:

— Снижение численности вида под воздействием (официального и нелегального) промысла.

— Ухудшение физиологического состояния производителей под воздействием промысла и, как следствие, снижение репродуктивного потенциала популяции.

— Многолетние изменения природных условий в местах оседания и нагула молоди.

Предпринятые меры по регулированию промысла и охране вида не только не привели к восстановлению запасов камчатского краба, но и не смогли остановить их дальнейшее сокращение.

Стало очевидным, что при таком сокращении численности и депрессивном состоянии запасов камчатского краба на Дальневосточном и Северном рыбохозяйственных бассейнах нужны новые дополнительные подходы к уже применяемым мерам сохранения популяций вида. То, что воспроизводить запасы этого вида рано или поздно придется, не вызывает сомнений. Искусственное воспроизводство и культивирование промысловых видов крабов могут быть в будущем путем к достижению устойчивого состояния запасов ценных промысловых видов и их рациональной эксплуатации.

Результаты и обсуждение

Искусственное воспроизводство камчатского краба

Известны следующие методы искусственного воспроизводства с целью сохранения запасов камчатского краба:

1. Установка подвесных и донных искусственных рифов для оседания глаукотое и увеличения выживаемости мальков. Научно-исследовательские работы по отработке биотехнологий разведения крабов на подвесных и донных плантациях в России проведены Масленниковым (1996–1999), Федосеевым и Григорьевой (1999–2001) на акватории залива Петра Великого. Подобные работы проводили также специалисты США на Аляске (Donaldson et al., 1992).

Недостатки данного метода:

— Непредсказуемость интенсивности естественного нереста в районе размещения коллекторов;

— Отсутствие контроля условий среды;

— Высокие трудозатраты и малая эффективность коллекторов при низкой плотности молоди краба на них;

— Отсутствие защиты от хищников постличинок и мальков на ранних стадиях развития.

2. Искусственное воспроизводство вида (заводским способом). Получение личинок, выращивание их до жизнестойких стадий (глаукотое, малек) в контролируемых условиях, с целью дальнейшего выпуска в естественную среду.

Достоинства метода искусственного воспроизводства:

1. Выращивание в искусственных условиях позволяет избежать влияния хищников на личинок и молодь, и в десятки раз снизить смертность краба на ранних стадиях, выживаемость возрастает до 30–40%.

2. Возможность создания оптимальных температурных условий, что позволяет сократить продолжительность развития личинок в 2 раза.

3. Отсутствует необходимость инкубации икры (икра инкубируется на самках).

4. Независимость от неблагоприятных температурных и гидрологических условий.

5. Полный контроль на всех этапах развития за выживаемостью и физиологическим состоянием гидробионтов.

6. Обеспечение полноценного питания особей и оптимизация процесса кормления.

7. Выпуск молоди осуществляется в заранее выбранные и подготовленные места.

Недостатки метода:

1. Необходимость строительства специализированного комплекса.

2. Затраты на электроэнергию и корма в процессе выращивания.

3. Отсутствие, на настоящем этапе, методов контроля выживаемости и миграций выпущенной молоди.

Работы по искусственному воспроизводству камчатского краба в России ведутся с 1934 г. до настоящего момента. Последовательность таких работ по годам представлена ниже.

1934–1937 гг. — на промыслово-биологической станции ТИНРО на о. Петрова проводили наблюдения за ростом и питанием краба-стригуна и камчатского краба в аквариальных условиях (Логвинович, 1945).

1964 г. — на базе ММБИ (пос. Дальние Зеленцы) предприняты попытки инкубации икры и содержание личинок краба в искусственных условиях (Зубкова, 1964).

1980–1981 гг. — на Российском Дальнем Востоке на побережье залива Петра Великого (Японское море) в научно-производственном центре «Заповедное» ТИНРО-Центр проводил работы по получению личинок в аквариальных условиях на проточной морской воде.

2000 г. — сотрудники КамчатНИРО изучали возможности получения и выращивания личинок краба в бассейнах с проточной водой (Желтоножко и др., 2000).

2004–2005 гг. — в НПЦ «Заповедное» проведены эксперименты по получению личинок и молоди в искусственных условиях (Иванов, Щербакова, 2005)

2000–2012 гг. — экспериментальными работами сотрудников ВНИРО показана принципиальная возможность эффективного получения и выращивания личинок камчатского краба в искусственных условиях в системах замкнутого и проточного цикла водоиспользования (Ковачева, 2000; Ковачева, 2002; Kovatcheva, 2001, 2006; Епельбаум, 2004; Кряхова и др., 2006; Ковачева, 2005, 2007, 2008 и др.).

В 2000 г. заместителем председателя Госкомрыболовства России В.А. Измайловым утверждена совместная программа научно-исследовательских работ ВНИРО, КамчатНИРО и Камчатрыбвода по воспроизводству природных популяций камчатского краба у берегов Камчатского побережья, рассчитанная на период до конца 2003 г. Одновременно, по инициативе Главрыбвода и Камчатрыбвода началось проектирование экспериментально-производственного комплекса по разведению камчатского краба на побережье Восточной Камчатки. Была поставлена цель — отработать элементы биотехнологии его искусственного воспроизводства для внедрения на экспериментальном краборазводном комплексе на Камчатке, провести мониторинг условий обитания молоди и создать оптимальные установки (коллекторы) для оседания личинок краба в море. К концу 2000 года экспериментальными работами автора показана принципиальная возможность эффективного выращивания молоди камчатского краба в искусственных условиях. Автор участвовал также в подготовке биологического обоснования строительства краборазводного комплекса Вилючинского ЛРЗ по заказу Госкомрыболовства России. В 2001 г. разработана технолого-биологическая часть обоснования инвестиций на искусственное воспроизводство камчатского краба и временные бионормативы по разведению, согласованные с Управлением охраны и воспроизводства рыбных запасов и регулирования рыболовства, Управлением науки Госкомрыболовства и утвержденные Первым заместителем председателя Госкомрыболовства России А.П. Моисеевым.

В 2008 г. снова возник интерес к искусственному воспроизводству и марикультуре камчатского краба на Камчатке. Специалистами ВНИРО было разработано Техническое задание на «Проектирование и создание берегового комплекса для отработки технологии искусственного воспроизводства и доращивания некондиционных промысловых самцов камчатского краба» и для Рыболовецкой Артели «Пасифик маркет» Программа с Инвестиционным проектом «Плавучий комплекс для воспроизводства и передержки камчатского краба бассейновым способом». Последний проект предполагает организацию воспроизводства в течение года несколько видов крабов Охотского и Берингова морей с разными периодами нереста. Проект активно рекламируется на межрегиональных и зарубежных выставках и находится в списке перспективных проектов по Камчатскому краю, а также включен в программу «Стратегия социально-экономического развития Камчатского края до 2025 года», предусматривающую активизацию работ по воспроизводству и развитию марикультуры.

В России на настоящий момент имеется не только целый ряд объективных причин для развития данного направления, но и реальный методический задел по технологии искусственного воспроизводства камчатского краба (ВНИРО), а именно:

1. Разработаны биотехнические нормативы искусственного воспроизводства камчатского краба заводским способом.

2. Разработаны рекомендации по содержанию и кормлению личинок и молоди вида на бассейновых комплексах.

3. Оптимизирована методика транспортировки производителей, молоди и личинок камчатского краба.

4. Разработаны рекомендации по увеличению жизнестойкости личинок и молоди при искусственном выращивании.

5. Отрабатываются и оптимизируются основные составляющие технологического цикла для комплексов на побережьях Баренцева моря и Приморья.

Воспроизводство камчатского краба является первым направлением по степени значимости и объему работ лаборатории онтогенеза и методов восстановления численности ракообразных ВНИРО (с 2002 по 2010 гг. — лаборатория воспроизводства и культивирования ракообразных). В рамках этого направления основной задачей является научное и технологическое обеспечение искусственного воспроизводства ценных видов промысловых крабов с целью сохранения и восстановления их природных популяций. В результате 12-летних исследований разработана биотехника искусственного воспроизводства камчатского краба в установках с замкнутым и проточным циклом водообеспечения (Ковачева 2007, 2008). Разрабатываемые нормативно-методические основы базируются на последних достижениях в рассматриваемой области с использованием современных технических средств и технологий, что подтверждается имеющимися у разработчиков патентами (№№ 2200386, 2078500, 1783753 и др.).

С 2009 г. совместно с ООО «Дальние Зеленцы», г. Мурманск, Институтом биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН и ООО «Биотехнопарк», г. Владивосток начаты работы по созданию экспериментальных береговых комплексов для искусственного воспроизводства камчатского краба.

Сферой деятельности сотрудников ВНИРО являлись: разработка Технических заданий, участие в монтаже, запуске бассейновой системы в эксплуатацию и научное сопровождение полного цикла от получения личинок камчатского краба до выпуска в море молоди (Ковачева и др., 2010, 2012).

В бассейновых комплексах выполняются работы по адаптации биотехники искусственного воспроизводства вида в Дальневосточном и Северном рыбохозяйственных бассейнах.

Полный контроль на всех этапах развития за выживаемостью и физиологическим состоянием гидробионтов и обеспечение полноценного питания особей в искусственных условиях позволил в десятки тысяч раз снизить смертность краба на ранних стадиях. Выживаемость молоди возрастает с 0,001% в природных условиях до 30–40 % при культивировании.

Базовые биотехнические характеристики при искусственным выращиванием личинок краба представлены ниже.

— Средняя плотность посадки личинок 100 шт./л.

— Кормление личинок науплиями Artemia salina и микроводорослями.

— Средняя продолжительность всего личиночного периода 40 суток.

— Средняя продолжительность постличиночного периода (глаукотое) — 18 сут.

В итоге работ, осуществлен успешный выпуск жизнестойкой молоди камчатского краба в губе Дальнезеленецкой, Баренцево море и в заливе Восток, Японское море (табл. 1).

По результатам работ специалистов лаборатории ВНИРО по искусственному воспроизводству камчатского краба подготовлены нормативные документы, которые включены в приказ Федерального Агентства по рыболовству № 1129 от 18.11.2011 г. «Об утверждении временных рекомендаций и показателей затрат на выполнение работ по искусственному воспроизводству водных биологических ресурсов». В 2012 г. в список объектов искусственного воспроизводства впервые включена молодь камчатского краба, полученная заводским методом (п. 2.17) для Дальневосточного и Северо-Западного федеральных округов.

Следует отметить, что искусственное воспроизводство водных биоресурсов не является коммерчески выгодным, так как полученная в итоге молодь не является товаром. Поэтому основной проблемой для реализации проектов воспроизводства является недостаточность бюджетного финансирования.

Для перехода от модульного научного эксперимента к масштабному производству и выпуску жизнестойкой молоди камчатского краба в морях России необходима финансовая поддержка за счет федерального бюджета:

1. Для строительства цехов на побережьях Дальнего Востока и Баренцева моря (в условиях государственно-частного партнерства);

2. Для получения методами искусственного воспроизводства и выпуска жизнестойкой молоди в море с целью поддержания и восстановления природных запасов;

3. Для продолжения начатых и развиваемых научно-исследовательских работ по данному направлению (ВНИРО и другие отраслевые институты).

Возможным путем представляется размещение государственного заказа на право заключения государственных контрактов на выполнение работ по искусственному воспроизводству камчатского краба, с последующим выпуском молоди в природную среду для пополнения его запасов в Северном бассейне и Дальневосточных морях.

Для дальнейшего развития искусственного воспроизводства камчатского краба особо значимые задачи следующие:

— изучение выживаемости и дальнейшего расселения полученной заводским методом молоди после выпуска в природную среду;

— поиск в пределах каждой популяции биотопов, потенциально пригодных для выпуска и развития молоди;

Таблица 1. Выпуск молоди камчатского краба на Северном и Дальневосточном бассейнах (ВНИРО, ООО «Дальние Зеленцы», г. Мурманск; ИБМ ДВО РАН, г. Владивосток)

Место выпуска	2010 г.		2011 г.		2012 г.	
	Период выпуска	Количество молоди, тыс. экз.	Период выпуска	Количество молоди, тыс. экз.	Период выпуска	Количество молоди, тыс. экз.
Губа Дальнезеленецкая, Баренцево море	09 июня	200	15 июня	100	05 июня	303
Залив Восток, Японское море	–	–	26 мая	110	12 мая	210

— оценка допустимой экологической емкости акватории в отношении выпускаемой молоди камчатского краба.

Культивирование камчатского краба

Повышение рентабельности промысла камчатского краба при помощи доращивания до товарного качества прилова перекрутов и некондиционных самцов промыслового размера рассматривается в последние годы как одно из актуальных и современных направлений практической карцинологии (Мортенсен, 1996; Дамсгорд, 2000; Ковачева, 2005, 2006; Kovatcheva, 2005; Альтов и др., 2006, Ковачева, 2008).

Актуальность развития марикультуры краба определяется как с коммерческой стороны (получение кондиционных особей и продажа в живом виде ценного объекта промысла), так и со стороны более рационального использования естественных запасов популяций.

1995–2000 гг. — норвежские ученые изучали особенности роста молоди, а также условия содержания в садках взрослых особей (Mortensen, Damsgard, 1996; Дамсгорд, 2000). Ими была высказана идея о возможности ускоренного подращивания выловленной в море разновозрастной молоди с целью получения физиологически полноценных особей товарного размера и качества за счет интенсивного кормления (Мортинсен, Дамсгорд, 1995).

2001–2004 гг. — специалисты ПИНРО выращивали крабов в садках на экспериментальном участке института в губе Кислой Баренцева моря, а также на базе ООО «Биофриз» (Альтов и др., 2006).

2004–2006 гг. — специалисты ВНИРО (лаборатория воспроизводства ракообразных, ныне лаборатория онтогенеза и методов восстановления численности ракообразных) выполнили цикл исследований по доращиванию перекрутов и некондиционных промысловых самцов камчатского краба до товарных размеров. Работы проводились на плавучей базе на побережье Баренцева моря (пос. Видяево) бассейновым способом (Ковачева и др., 2005; Kovatcheva, 2005; Ковачева, 2006; 2008).

С целью рационального коммерческого использования ресурсов камчатского краба в Баренцевом море в интересах России и Норвегии появилась потребность в разработке технологии его содержания и культивирования. На основании этого в 2007 году ВНИРО (г. Москва) и Norway King Crab AS (Бюгейнес, Норвегия) была начата реализация совместного проекта, который выполняли в два этапа.

I Этап: «Разработка технического задания крабового комплекса на побережье Баренцева моря», пос. Бюгейнес, Норвегия (2007 г.).

II Этап: «Оптимизация условий эксплуатации и проведение экспериментов по продолжительной передержке камчатского краба в условиях берегового комплекса, (Бюгейнес, Норвегия.)» (2008–2012 гг.).

Основные цели проекта:

1. Создание экспериментального берегового комплекса для культивирования и доращивания камчатского краба.

2. Оптимизация биотехники продолжительной передержки и доращивания камчатского краба в бассейновом комплексе.

3. Совершенствование методов транспортировки живого камчатского краба на дальние расстояния.

4. Разработка методов контроля физиологического состояния камчатского краба в условиях культивирования.

На созданном по разработанному специалистами ВНИРО Техническому заданию комплексе с 2008 года до настоящего момента проводятся экспериментальные работы с камчатским крабом по выявлению оптимальных параметров его культивирования.



Рис. 1. Бассейны берегового крабового комплекса, пос. Бюгейнес, Норвегия

Основные направления этих работ в условиях комплекса при непрерывном контроле следующие:

1. Исследование кормовых рационов и типов кормов;
2. Исследование плотностей посадки в бассейны;
3. Исследование степени наполненности конечностей краба мышечной массой;
4. Оптимизация содержания краба в течение предлиночного и линочного периодов в искусственных условиях;
5. Минимизация отхода при транспортировке живого краба длительностью более 24 часов.

За период действия программы отработаны и оптимизированы основные составляющие технологического процесса на комплексе по содержанию камчатского краба:

— Материально-техническое обеспечение.

— Организация труда на комплексе.

— Режимы содержания и транспортировки крабов на дальние расстояния.

— Кормовые рационы и типы кормов для доращивания камчатского краба в условиях бассейнового комплекса (в сотрудничестве с NOFIMA, Тромсё, Норвегия).

Живой камчатский краб — ценнейший деликатесный продукт. Начиная с 2004 года, когда был открыт промысел акклиматизированного краба в Баренцевом море, спрос на живую продукцию неизменно растет. С учетом этого возрастает необходимость совершенствования существующих и разработка новых способов транспортировки живых крабов на дальние расстояния с минимальными потерями.

С началом сотрудничества с норвежской компанией Norway King Crab, исследования вышли на новый уровень. На базе бассейнового комплекса в поселке Бюгейнес (Норвегия) в ходе экспериментальных и реальных перевозок совершенствуются существующие способы транспортировки крабов без воды.

Опыты показывают, что при соблюдении технологии отбора и упаковки крабов, они сохраняют высокую жизнеспособность при транспортировке. При соблюдении всех условий отход отсутствует или не превышает 3%. Перевозка крабов без воды в изотермических контейнерах с применением брикетов замороженного геля и специальных влаговпитывающих материалов зарекомендовала себя как высокоэффективный и экономически выгодный способ (Загорский, 2011). Осуществлен ряд успешных перевозок из Осло в Сингапур, Люксембург, Болонь (Италия), Брюссель, Токио и Америку длительностью 48–60 часов.

Представленные выше разработки в области марикультуры камчатского краба сфокусированы на решении глобальной задачи - восстановление природных запасов этого ценного промыслового вида и повышение эффективности использования его ресурсного потенциала.

Перспективы воспроизводства и культивирования камчатского краба на Дальнем Востоке

Краборазводные заводы могут стать стабильным источником пополнения естественных популяций крабов. Восстановление численности методами марикультуры — это восстановление биоресурсов, являющихся собственностью государства, и эти работы требуют целевого бюджетного финансирования.

Береговые комплексы предоставляют огромные возможности как для научно-исследовательских работ, дающих ответ на многие вопросы по биологии камчатского краба, так и для коммерческих целей.

Ближайшие перспективные задачи:

— Методами аквакультуры обеспечить восстановление и поддержание на высоком уровне численности запасов камчатского краба в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне;

— Провести проектно-изыскательские работы в районах предполагаемого строительства береговых краборазводных комплексов;

— Разработать эффективные экономические и административные механизмы развития крабоводства и инвестиционной привлекательности различных его направлений на Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне;

— Разработать комплекс мероприятий по повышению эффективности культивирования, качества искусственного воспроизводства камчатского краба на Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне за счет применения наукоемких, инновационных и ресурсосберегающих технологий и оборудования;

— Обеспечить сбор и анализ необходимой информации о состоянии популяций камчатского краба в водах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна.

В дальнейшем необходимо запланировать расширение видового спектра ракообразных, разводимых в искусственных условиях, в частности начать исследования по воспроизводству синего и колючего крабов.

Ключевым элементом в организации эффективной системы сохранения и устойчивого промыслового использования запасов камчатского краба является корректная оценка и последующая оптимизация масштабов работ по его воспроизводству. Эта проблема не разработана теоретически и методически, поэтому на первом этапе необходимо создать научно-методическую базу оценки биологически обоснованных объемов искусственного воспроизводства камчатского краба.

Список литературы

Альтов А.В., Воробьева Н.К., Мухина И.И. 2006. Результаты опытных работ по культивированию камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в прибрежных водах Баренцева моря // Матер. 7-ой Всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным (Мурманск, 9–13 октября 2003). — М.: ВНИРО, С. 265–267.

Беренбойм Б.И. 2006. Российско-норвежское сотрудничество в области изучения промысловых беспозвоночных (К 30-летию СРНК) // Рыб. хоз-во. № 1. С. 59–60.

Дамсгорд Б. 2000. Поведение и рост искусственно выращенного в Норвегии камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) // Сб. научн. тр.: Марикультура в прибрежной зоне северных морей. Мурманск: ПИНРО. С. 19–26.

Желтоножко О.В., Желтоножко В.В., Левин В.С. 2000. Отработка технологии получения личинок для восстановления численности камчатского краба *Paralithodes camtschatica* на шельфе восточной Камчатки // Докл. регион. семин. посвящ. 45-летию Первой научной сессии Мурм. биолог. станции. Мурманск: ММБИ. С. 26 - 28.

Загорский И.А. 2011. Основные методы транспортировки камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* на дальние расстояния, Рыб. хоз-во, №5, С. 52–54.

Зубкова Н.А. 1964. Опыт содержания камчатского краба в аквариуме // Тр. Мурм. морск. биол. ин-та. Вып. 5. № 9. С. 105–113.

Иванов П.Ю., Щербакова Н.В. 2005. Опыт и проблемы выращивания камчатского краба в контролируемых заводских условиях // Изв. ТИНРО. Т. 143. С. 305–326.

Ковачева Н.П. 2000. Воспроизводство камчатского краба (Paralithodes camtschaticus) с использованием искусственной морской воды в аппаратах типа «Акватрон» // ЭИ ВНИЭРХ. Сер. Марикультура. Вып. 4. С. 14–27.

Ковачева Н.П. 2002. Биотехнические аспекты искусственного восстановления численности природных популяций камчатского краба // Рыбное хоз-во, сер.: Пресноводная аквакультура, аналитическая и реферативная информация, М: ВНИЭРХ. Вып. 4. С. 40–49.

Ковачева Н.П. 2002. Биотехнология искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в системе с замкнутым циклом водоснабжения // Сб. материалов международной научно-практической конференции (Южно-Сахалинск, 19-21 сентября 2001 г.), СахНИРО. Южно-Сахалинск: Т. 3. С. 300–308.

Ковачева Н.П. 2005. Камчатский краб как новый объект марикультуры // Рыбное хоз-во, сер.: Марикультура. ВНИЭРХ, М: ВНИЭРХ. Вып. 1. 40 с.

Ковачева Н.П., Калинин А.В., Эпельбаум А.Б., Борисов Р.Р., Лебедев Р.О. 2005 г. Культивирование камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). Ч. 1. Особенности раннего онтогенеза. Бионормативы и рекомендации по искусственному воспроизводству. М.: ВНИРО. 76 с.

Ковачева Н.П. 2006. Искусственное воспроизводство и культивирование морских и пресноводных ракообразных отряда Decapoda: Автореф. дисс. ... док. биол. наук., М., 2006. 53 с.

Ковачева Н.П. 2008. Аквакультура ракообразных отряда Decapoda: камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* и гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii*. Москва: ВНИРО, 239 с.

Ковачева Н.П., Лебедев Р.О., Паршин-Чудин А.В., Загорский И.А., Борисов Р.Р., Кряхова Н.В. 2010. Успешный опыт искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* на побережье Баренцева моря // Рыб. хоз-во, № 4, С. 70–73.

Ковачева Н.П., Борисов Р.Р., Кряхова Н.В., Лебедев Р.О., Паршин-Чудин А.В., Назарцева М.Ю., Морозова Е.Ф., Крючкова А.Б., Масленников С.И. 2012. Достижения искусственного воспроизводства камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на Дальневосточном и Северном рыбохозяйственных бассейнах // Рыб. хоз-во, № 4, С. 63–66.

Кряхова Н.В., Борисов Р.Р. Ковачева Н.П. 2006. Зависимость роста и выживаемости мальков камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* от температуры, качества корма и наличия укрытий // Сб. матер. Междунар. конф. «Современное состояние популяции крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами». Мурманск. С. 55–58.

Левин В.С. 2001. Камчатский краб Paralithodes camtschaticus: биология, промысел, воспроизводство. С-Пб.: Ижица. 198 с.

Логвинович Д.Н. 1945. Аквариальные наблюдения над питанием камчатского краба // Изв. ТИНРО. Т. 19. С. 79–97.

Масленников С.И. 1998. Технология крабового фермерства на акватории дальневосточных морей // Дальний Восток России: Экономика. Инвестиции. Конъюнктура. № 1. С. 34–39.

Масленников С.И., Кашин И.А., Левин В.С. 1999. Промысел и воспроизводство камчатского краба у берегов Приморья // Вестник ДВО РАН. № 3. С. 100–106.

Мортенсен А., Дамсгорд Б. 1996. Королевский краб — кандидат для аквакультуры в Норвегии // ИП Аквакультура, вып. 6. М. С. 21–22.

Пинчуков М.А., Беренбойм Б.И. 2003. Линька и рост камчатского краба в Баренцевом море // В кн.: Камчатский краб в Баренцевом море. — Изд. 2-е, перераб. и доп. Мурманск: ПИНРО. С. 100–106.

Соколов В.И., Ковачева Н.П. 2004. Состояние запасов камчатского краба в Баренцевом море. Перспективы промысла и развития промышленной аквакультуры // Рыб. ресурсы. № 6. С. 40–42.

Соколов В.И., Ковачева Н.П. 2005. Камчатский краб Баренцева моря: изучение и воспроизводство // Рыб. хоз-во. № 2. С. 60–62.

Федосеев В.Я., Григорьева Н.И. 1999. Воспроизводство камчатского краба *Paralithodes camtschatica* в заливе Посьета // Матер. II регион. конф. студентов и аспирантов по актуальным проблемам морской биологии, экологии, биотехнологии. Владивосток: ДВГУ. С. 153–154.

Федосеев В.Я., Григорьева Н.И. 2001. Культивирование камчатского краба *Paralithodes camtschatica* в заливе Посьета (залив Петра Великого, Японское море) // Изв. ТИНРО: Биология, состояние запасов и условия обитания промысловых гидробионтов Дальневосточных морей. Т. 128. Часть II. С. 495–500.

Эпельбаум А.Б. 2004. Питание камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) на ранних стадиях онтогенеза в искусственных условиях: Дисс. канд. биол. наук. М., 24 с.

Donaldson W.E., Byersdorfer S., Blau S.F. 1991. Use of artificial collectors to study grows of small red king crab // J. Shellfish Res. V. 10. P. 305.

Kovatcheva N.P. 2001. Observations on rearing red king crab, *Paralithodes camtschaticus* zoea and glaucothoe in a recycling water system // Crabs in cold water regions: biology, management, and economics / Paul A.J. et al. (Eds.) Alaska: Anchorage. Univ. Alaska sea grant rep. P. 273–282.

Kovatcheva N.P. 2006. Red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) reproduction and cultivation in artificial conditions in Russia // B. G. Stevens (ed.) Proceedings of the Alaskan Crab Stock Enhancement and Rehabilitation Workshop, Kodiak, Alaska, March 14–15. University of Alaska Sea Grant Report No. AK-SG-07-01. P. 8–18.

Kovatcheva N.P., Epelbaum A.B., Kalinin A.V., Borisov R.R. et al. 2006. Early life history stages of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815). Biology and culture. Moscow: VNIRO. 116 p.

Mortensen A., Damsgard B. 1996. Growth, mortality, and food preference in laboratory-reared juvenile king crab (*Paralithodes camtschatica*) // Proc. Internat. symp. of Crabs from High Latitude Habitats. Alaska: Anchorage. Univ. Alaska sea grant rep. № 2. P. 665–674.

УДК 639.446

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЛЕКТОРНОГО СБОРА СПАТА ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА *MIZUCHOPECTEN YESSOENSIS* (JAY, 1857) В РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНАХ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Ляшенко С.А.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: lyashenko@tinro.ru

Введение

Приморский гребешок, является коммерчески ценным промысловым моллюском, востребованным как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Этот вид обитает в низкобореальных водах Тихого океана у побережья п-ва Корея, Приморского края, о. Сахалин, на Южно-Курильском мелководье, а также у о. Хоккайдо и северного побережья о. Хонсю (Скарлато, 1981). В Приморье *M. yessoensis* в основном встречается на глубине от 6 до 30 м на илисто-песчаных, песчаных или илистых грунтах с примесью гальки, гравия и битой ракушки, на галечных и гравийных грунтах. Плотность особей в естественных поселениях варьирует от 0,01 до 0,1 экз./м^2, более высокая плотность отмечена только на участках марикультуры (Соколенко и др., 2006).

В настоящее время в Приморье занимаются культивированием гребешка более 36 морских хозяйств, расположенных в различных районах Приморья, которые используют экстенсивные технологии, разработанные еще в 80-х гг. прошлого столетия (Инструкция …, 2011). В основу технологии были взяты материалы, полученные в одном их южных районов зал. Петра Великого — в бух. Миноносок зал. Посьета (зал. Петра Великого).

Береговая линия в Приморье, особенно в заливе Петра Великого, характеризуется большой изрезанностью, и как следствие, наличием многочисленных бухт и заливов с различными гидрологическими и биотопическими условиями. Сроки размножения приморского гребешка по мере продвижения с юга на север, также варьируют (Белогрудов, 1980; Касьянов и др., 1976; Жук, 1989).

Целью настоящего исследования является сравнительная оценка эффективности коллекторного сбора спата приморского гребешка и уточнение нормативных параметров в различных районах Приморья.

Материал и методика

При использовании экстенсивных технологий и оценки их эффективности, в первую очередь, нужны данные о сроках нахождения личинок в планктоне, периоде их оседания. Во-вторых, необходимо оценить природный потенциал акватории по плотности личинок в одном кубическом метре воды и количеству осевшего спата, выделить наиболее продуктивные горизонты в толще воды, оценить возможные потери.

Для исследования были выбраны три, достаточно удаленных друг от друга района, гидрологические характеристики, которых отличаются как между собой, так и от условий бух. Миноносок зал. Посьета. Два района расположены в зал. Петра Великого — это акватория у северо-западного побережья о. Русский (от о. Уши до пролива Старка, Амурский залив) и бухта Ильмовая (Уссурийский залив). Третий район — бухта Киевка, расположенная у открытого побережья, к северо-востоку от зал. Петра Великого (рис. 1).

Исследования у о. Русский проводились в 2002–2005 гг., в бухте Ильмовая — в 2001–2003 гг., в бухте Киевка — в 2002–2006 гг. Планктонные пробы ежегодно отбирали с середины мая до середины сентября на 5–11 станциях в каждом районе, над глубиной от 5 до 20 метров, с периодичностью 7–10 дней по методике, описанной Куликовой В.А. и Колотухиной Н.К. (1989). Сроки начала оседания личинок определяли по времени появления великонхов поздних стадий.

Сбор спата проводили на стандартные для этого вида коллекторы — сетные мешки (3040 см) с наполнителем из капроновых материалов, собранные в гирлянды по 14 штук, с интервалом 1 м. Установки для сбора спата экспонировались над глубиной около 14 м.

Осенью оценивали плотность спата гребешка (в экземплярах на коллектор) и сопутствующих видов. Для выявления закономерностей распределения спата на разной глубине использовали коэффициент корреляции Пирсона на 5% уровне значимости ($p<0,05$). Выживаемость спата оценивали по количе-

ству живых моллюсков в процентном соотношении от общего числа раковин. Для оценки размерного состава спата измеряли высоту его раковин с точностью до 0,5 мм. Среднесуточный прирост раковин рассчитывали по формуле:

$$C_L=(L_t - L_0)\ \Delta\ t^{-1},$$

где C_L — среднесуточный прирост (мкм/сут.); L_t — средняя высота (длина — поскольку личинки гребешка имеют округлую форму, длина и ширина раковины различаются незначительно) раковины спата в конце этапа наблюдений (мкм); L_0 — средняя высота оседающих личинок (мкм); Δ t — время экспозиции коллекторов с начала массового оседания (сут.).

Результаты и обсуждение

Результаты исследований показали, что личинки *M. yessoensis* присутствовали в планктоне всех исследованных районов. На акватории у о. Русский и в бух. Ильмовая в разные годы они появлялись в период с конца мая по первую декаду июня и встречались до конца июня или июля (табл. 1). Сроки их нахождения в планктоне аналогичны таковым для бухты Миноносок (Белогрудов, 1980; Радовец, 2004; Омельяненко, 2006).

В бухте Киевка появление личинок было отмечено в период со второй декады июня по вторую декаду июля и встречались они по вторую декаду июля — третью декаду августа. Исключение составил 2006 г. когда личинки появились только в первой половине августа. В районах зал. Петра Великого в условиях одного года личинки гребешка появлялись примерно в одно время, а в бух. Киевка на две–пять недель позднее.

Период нахождения личинок в планктоне продолжался от одного до полутора месяцев в бухте Ильмовая, до двух месяцев — у о. Русский и от десяти дней до двух с половиной месяцев — в бухте Киевка. На данный показатель, прежде всего, влияние оказывает синхронность нереста и длительность пелагической стадии (Белогрудов и др., 1986; Касьянов, 1989), что в свою очередь определяется интенсивностью прогрева воды (Bayne, 1976; Габаев, Калашникова, 1980; Брыков и др., 2000).

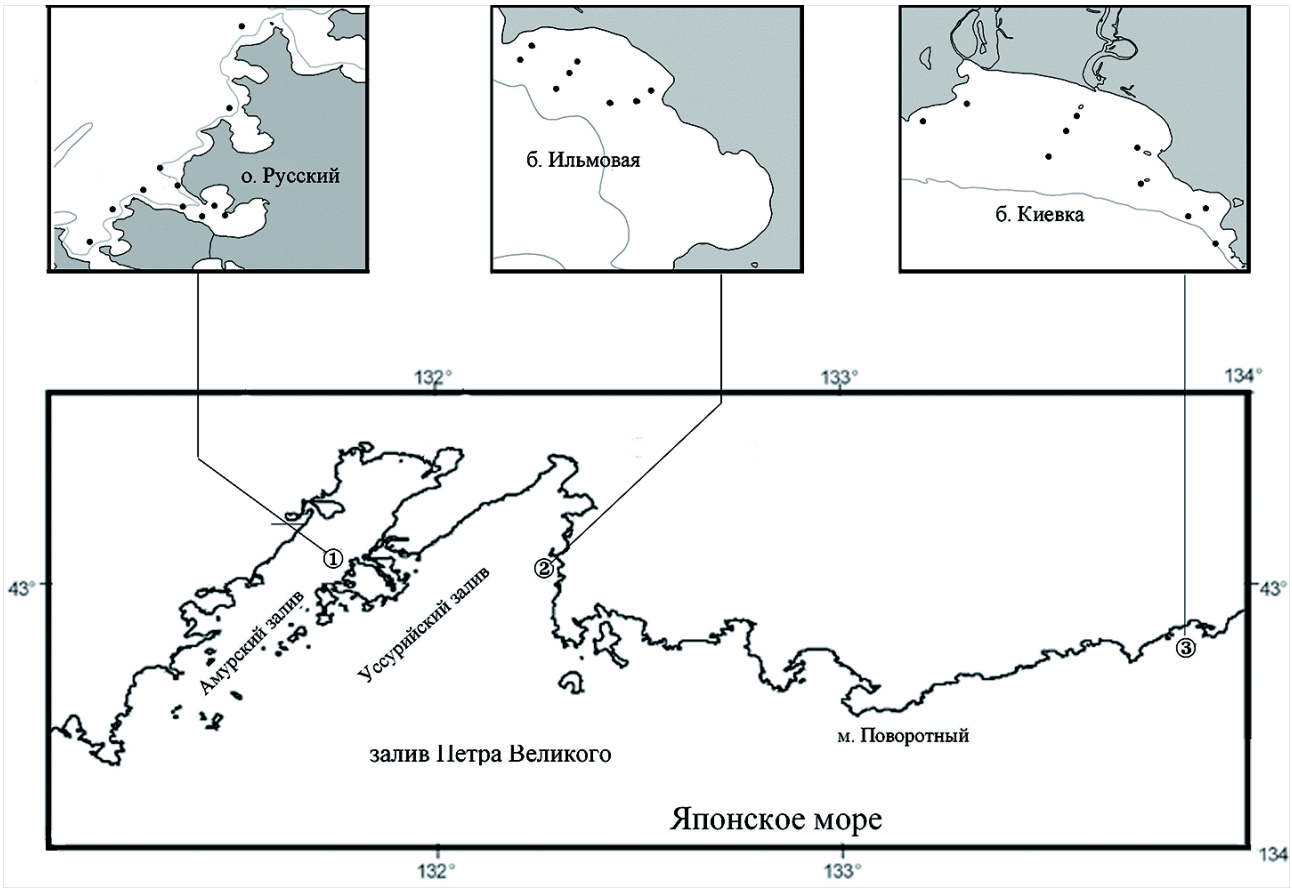


Рис. 1. Карта-схема районов исследований. Точками обозначены станции отбора планктонных проб

Кроме этого, большую роль играет динамика вод. Установлено, что в отдельном районе личинки (нередко на поздних стадиях) появлялись, когда температура воды в его пределах была ниже нерестовой, характерной для вида. Очевидно, что на все исследованные акватории происходит занос личинок из других районов залива.

Также отмечено, что с наиболее высокими плотностями личинки *M. yessoensis* встречались при температуре от 12 до 20 °С. Однако вскоре, после повышения температуры воды до 17–20 °С, их плотность резко сокращалась. По литературным данным, температура, благоприятная для обменных процессов приморского гребешка не превышает 20 °С (Куликова, Табунков, 1974; Макарова, 1986; Приморский гребешок, 1986; Ярославцева, Сергеева, 2006).

В бухте Киевка межгодовые колебания продолжительности нахождения личинок в планктоне более выражены, что, вероятно, связано с их активным выносом течениями вследствие абсолютной незащищенности бухты от проникновения вод открытого моря. Кроме того, для этой бухты характерны значительные колебания температуры воды в придонном слое в течение суток (до 11 °С), что также неблагоприятно сказывается на выживаемости личинок.

Наиболее высокие максимальные плотности личинок, от 80 до 491 экз./м^3 в разные годы, отмечены в районе у о. Русский (табл. 1). В бухте Киевка их максимальная концентрация варьировала от 8 до 212 экз./м^3. В бух. Ильмовая плотность личинок была менее 20 экз./м^3. В массовом количестве (более 50 экз./м^3) личинки *M. yessoensis* у о. Русский встречались в период с конца мая по первую декаду июля, в бухте Киевка — в июле.

Температура воды у поверхности в исследованных районах в период развития личинок варьировала от 9 до 22,5 °С. При их массовой встречаемости у о. Русский она составляла 14–20 °С, а в бухте Киевка — около 18,5 °С. Отмечено, что вскоре после повышения температуры воды до 17–20 °С плотность личинок резко сокращалась.

Температура воды в придонных слоях в период появления личинок в исследованных районах в основном достигала значений, при которых происходит нерест приморского гребешка, 7–14 °С. Однако, в отдельные годы она имела более низкие значения на глубине более 6 м или на всей акватории.

Таблица 1. Результаты планктонных исследований

Район	Год	t°/t у дна в период появления личинок, °С	Период нахождения в планктоне	Период массовой встречаемости, 50 и более экз./м^3	Макс. плотность/ макс. плотность на стадии оседания, экз./м^3	Начало оседания
О. Русский	2002	13,5–14 / 8,2–13,5	3 дек. V – 1 дек. VII	3 дек. V – 2 дек. VI	80/29	1 дек.VI
	2003	11,1–11,8 / 5,1–7,8	3 дек. V – 2 дек. VII	VI	491/128	3 дек.V
	2004	13,8–15,7 / 5,8–10,5	1 дек. VI – VII	VI	115/52	1 дек.VI
	2005	10,6–12,8 / 4,3–9,2	1 дек. VI – 2 дек. VII	2 дек. VI – 1 дек. VII	257/257	2 дек.VI
Бух. Ильмовая	2001	17 / 13,3	3 дек. VI* – VII	–	10/5	3 дек. VI*
	2002	18 / 13	VI	–	19/13	1 дек. VI
Бух. Киевка	2002	11,2 / 10,8	3 дек. VI – 1 дек. VIII	–	31/22	1 дек. VII
	2003	11,9 / 3,9	2 дек. VI – 3 дек. VIII	VII	212/98	1 дек. VII
	2004	13,4–16,2 / 13,1–14,5	2 дек. VII – 1 дек. VIII	3 дек. VII	139/80	2 дек. VII
	2005	14,5–18,5 / 13–15	2 дек. VII	2 дек. VII	64/0	–
	2006	15–21,1 / 12,2–17,3	1–2 дек. VIII	–	8/2	2 дек. VIII

Великонхи на стадии оседания (250 мкм и более) в районах зал. Петра Великого начинали встречаться в конце мая или в июне, нередко они регистрировались при первом появлении личинок. В бух. Киевка великонхи поздних стадий появлялись не раньше первой декады июля. Судя по плотности личинок и их размерному составу, наиболее интенсивное оседание у о. Русский начиналось спустя неделю после появления личинок и продолжалось около 2–3 недель, до конца июня. В бухте Киевка основная масса личинок оседала в июле.

Количественные показатели плотности спата на коллекторах, его размер и выживаемость представлены в таблице 2. Полученные данные показывают, что численность спата *M. yessoensis* в районе о. Русский и в бух. Киевка в разные годы варьировала в широком диапазоне величин, ее средние значения различались на один — два порядка. В бух. Ильмовая средняя величина плотности спата изменялась в пределах двух — четырех десятков экземпляров.

Изучение вертикального распределения спата на коллекторах показало, что гребешок оседал во всей толще воды от поверхности до дна, при этом в большинстве случаев прослеживалась тенденция увеличения его численности с глубиной, что подтверждалось данными корреляционного анализа с вероятностью 95% (r = 0,6 – 0,7). Подобная закономерность ранее была отмечена и на других акваториях (Белогрудов, 1981; Габаев, 1981). Вертикальное распределение спата гребешка на коллекторах определяется не только положительным геотаксисом его поздних великонхов, но и температурной стратификацией вод в период оседания личинок (Ляшенко, 2012).

Средний размер спата к октябрю составлял 11,6–20,5 мм (табл. 3). В условиях одного года в бухте Ильмовая он был больше, чем у о. Русский и в бухте Киевка в среднем на 6–8 мм. В то же время, если сравнивать средний размер спата в районе у о. Русский и в бухте Киевка, то он различался на 1,6–3,3 мм, при этом в разные годы его значения были больше то в одном, то в другом районе.

Таблица 2. Средняя плотность спата *M. yessoensis* и сопутствующих видов на коллекторах, экз.

Район	Год	Вид					
		M. yessoensis	Выживаемость *M. yessoensis*,%	*A. amurensis*	*M. trossulus*	S.swifti	Ch. farreri nipponensis
О. Русский	2002	41,6±5,3	21,5±4,6	5±1	164±121	0,05±0,04	0
	2003	232,5±34	72,3±4,7	1,9±0,3	997,6±154	0,26±0,2	1,5±0,5
	2004	1540±118	92,4±1,8	0,09±0,03	8191±778	0,2±0,4	0
Б. Ильмовая	2001	25±10	100	0	2082±256	0,3	2
	2002	39,7±4,6	96±1,7	1,4±0,4	28,4±15,7	0,02±0,02	0,02
	2003	40,4±0,9	5,1±2,9	26,5±2,5	362±158	0,02±0,02	0
Б. Киевка	2002*	120±10	100	0	–	99,9±12	0
	2003	285±36	98,2±1,3	0	172,6±25	77,5±12	0
	2004	1152±288	100	0	3588±525	163,4±60	0
	2005	4,8±0,4	91,7±3	0	30,7±3	4,3±0,6	0

Примечание: * — коллекторы выставлены на декаду позднее с момента начала оседания

Таблица 3. Средний размер спата *M. yessoensis* на коллекторах

Район	Год	Период экспозиции (декада, месяц)	Ср. размер спата, мм
О. Русский	2002	1 дек. VI – 2 дек. X	17,2±0,3
	2003	1 дек. VI – 2 дек. X	13,8±0,1
	2004	1дек. VI – 1 дек. IX	10,6±0,3
	2004	1дек. VI – 3 дек. X	11,6±0,2
Б. Ильмовая	2002	1 дек. VI – 2 дек. X	17,2±0,3
	2003	1 дек. VI – 2 дек. X	13,8±0,1
	2004	1дек. VI – 1 дек. IX	10,6±0,3
	2004	1дек. VI – 3 дек. X	11,6±0,2
Б. Киевка	2002	2 дек. VII* – 2 дек. X	20,5
	2003	3 дек. VI – 2 дек. X	11,6±0,2
	2004	3 дек. VI – 3 дек. X	13±0,3
	2005	3 дек. VI – 2 дек. X	15±0,2

Примечание: * — коллекторы выставлены на декаду позднее с момента начала оседания

В районах у о. Русский и в бух. Ильмовая прослеживалась тенденция снижения средних размеров спата с увеличением глубины экспозиции коллекторов. Коэффициент корреляции (r) варьировал от –0,46 до –0,91 (n = 0,05). В бух. Киевка достоверных отличий среднего размера спата в зависимости от глубины не обнаружено.

Средний размер спата определяется не только сроками и продолжительностью периода оседания, но и скоростью его роста. По проведенным расчетам, среднесуточный прирост (с начала периода массового оседания до снятия коллекторов) у о. Русский в разные годы варьировал от 86 до183 мкм, в бухте Ильмовая — от 161 до 227 мкм, в бухте Киевка — от 120 до 213 мкм (рис. 2). В бухте Ильмовая среднесуточный прирост больше по сравнению с бухтой Киевка в среднем на 24–41 мкм, по сравнению с районом о. Русский — на 56–85 мкм. В бухте Киевка гребешок рос быстрее, чем в бухте Воевода в среднем на 15–71 мкм/сут.

Из литературных источников известно, что скорость роста гребешка зависит от температуры воды, скорости течения, содержания кислорода и от солености (Белогрудов, 1980; Силина, 1990; Тибилова, Брегман, 1975; Maru, Obara, 1967;Yamamoto, 1964).

Соленость во всех исследованных районах в основном варьирует в пределах нормы (32–33‰), она может кратковременно понижаться только в результате выпадения обильных осадков.

Бухты Ильмовая и Киевка, как все открытые районы, не испытывают дефицита кислорода. Дефицит кислорода в Амурском заливе наблюдается в августе, когда температура воды повышается до 20 °С и выше (Рачков, 2002). В районе у о. Русский период высоких температур был наименее продолжительным в 2002 г. (две недели), наиболее продолжительным — в 2004 г. (40 дней), что согласуется с данными по скорости роста спата (рис. 2).

Как показали данные измерения температуры воды, акватория у о. Русский и бухта Ильмовая различаются незначительно. Было подсчитано, что в процессе роста спата период неблагоприятно высоких температур, когда ее значения превышают 16–17 °С (Жакин, 1979), в исследованных районах зал. Петра Великого более продолжителен (до 55% от всего периода выращивания) по сравнению с бухтой Киевка (до 30%).

В бух. Миноносок зал. Посьета, где в течение периода роста спата температура воды, как правило, выше, чем в исследованных районах (Гайко, 2005), среднесуточный прирост составлял всего 100–150 мкм (Белогрудов, 1981).

Роль течений для роста спата можно принимать во внимание как косвенный фактор, влияющий, прежде всего, на скорость переноса питательных веществ. Известно, что при одинаковой концентрации фитопланктона, скорость роста будет выше там, где медленнее течение (Cahalan and et., 1989). Исходя из этого, можно полагать, что в водах Амурского залива, где более низкие скорости течений, скорость роста гребешка должна быть более высокой, чем в районах с активной гидродинамикой. Однако это противоречит полученным результатам. Тем не менее, скорости течений в бухте Ильмовая ниже, а скорость роста гребешка выше, чем в бухте Киевка, что позволяет согласиться с мнением о влиянии скорости течений на рост гребешка. Кроме того, на рост гребешка в бухте Киевка может неблагоприятно влиять волновая нагрузка во время штормов.

Одной из причин замедленного роста гребешка может быть обилие спата тихоокеанской мидии, которая является его конкурентом за субстрат и пищу, а также скрепляет биссусом стенки коллектора,

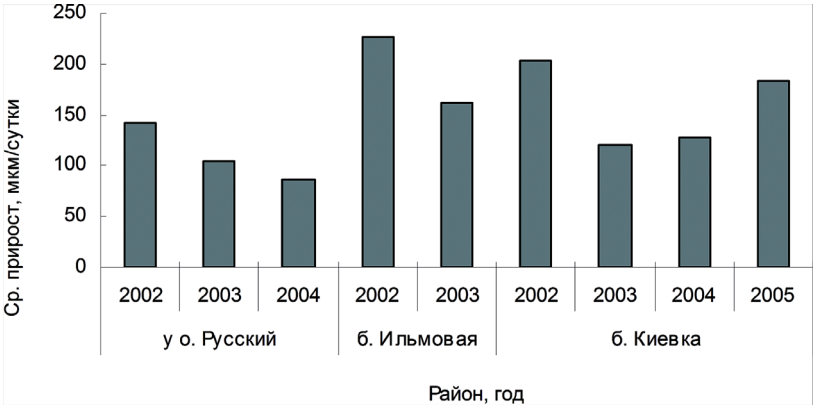


Рис. 2. Скорость роста спата *M. yessoensis* на коллекторах в разных районах

затрудняя тем самым циркуляцию воды (Белогрудов, 1987). Наиболее выражено влияние спата мидии на рост спата гребешка в районе у о. Русский, где численность мидии достигала нескольких тысяч экземпляров на коллектор. Из таблицы 2 и рис. 2 видно, что среднесуточный прирост гребешка был меньше в те годы, когда численность мидии была выше.

Таким образом, различия в скоростях роста спата в исследованных районах обусловлены совокупностью факторов, основными из которых являются температура воды, содержание кислорода в воде, гидродинамика и обилие спата тихоокеанской мидии. Снижение средних размеров спата с увеличением глубины, которая была отмечена в отдельные годы, объясняется различной динамикой оседания личинок по вертикали (Ляшенко, 2012).

Выживаемость спата приморского гребешка у о. Русский и в бух. Ильмовая значительно варьировала, от 5,1 до 100%, при этом в условиях одного года ее величина в этих районах изменялись не одинаково (табл. 2). Достоверно значимого изменения выживаемости спата на разной глубине обнаружено не было. Только в 2003 г. в районе о. Русский выживаемость спата снижалась по мере увеличения глубины ($r = –0,52$, $n = 0,05$). Гибель спата происходила при высоте раковины от 3 до 23 мм. В районе о. Русский большинство пустых створок имело размер от 5,5 до 15 мм, в бух. Ильмовая — 8–10 мм). В бухте Киевка количество пустых створок в коллекторах было менее 10%.

Причинами гибели спата могут быть морские звезды *A. amurensis* (Белогрудов, 1981; Габаев, 1981), воздействие высокой температуры воды (выше 20 °С) в течение длительного периода (Yamamoto, 1964). Морские звезды, *A. amurensis*, по данным Е.А. Белогрудова (1981), осев в количестве 3–4 экз./кол., могут уничтожить до ста процентов урожая. *A. amurensis* оседали на коллекторы только в районах зал. Петра Великого (табл. 2). Наиболее высокий процент гибели молоди, как в бухте Ильмовая, так и в районе о. Русский, отмечали в годы с более высокой численностью звезд (рис. 2). Однако гибель спата не может быть обусловлена только хищничеством звезд, поскольку в районе у о. Русский в разные годы их личинки предпочтительно оседали в верхних или нижних слоях, а гибель спата гребешка не была связана с глубиной. Кроме того, пустые створки обнаружены и в тех коллекторах, где звезд не было.

Температура воды выше 20 °С, как в Амурском, так и в Уссурийском заливах держится в течение месяца и более (в августе–сентябре). Однако закономерности между длительностью периода высоких температур и процентом гибели спата не наблюдается. Кроме того, действие температуры по вертикали должно проявляться по-разному, однако гибель спата в большинстве случаев не была связана с глубиной. Тем не менее, этот фактор нельзя не учитывать.

Распреснение, как один из факторов, влияющих на выживаемость морских организмов, в данном случае не оказывает существенного влияния. В летний период понижение солености до 20‰ возможно в районе у о. Русский и в бухте Киевка, однако спат приморского гребешка, как известно (Чан, 1989), способен переносить кратковременное (до 4 сут.) понижение солености до такой величины.

Размер большинства пустых створок составлял 6–15 мм. При таких размерах происходит его открепление от субстрата (Белогрудов, 1974; Приморский гребешок, 1986). Открепляясь, спат скапливается на дне коллектора, обычно небольшими стопками, створка в створку. Его гибель в этот период может быть вызвана травмированием мягких тканей створками раковин других особей.

Таким образом, гибель спата приморского гребешка происходила в результате влияния совокупности факторов, основными из которых были хищничество морских звезд, травмирование створками друг-друга после открепления и воздействие высокой температуры воды.

Среди других сопутствующих видов также были отмечены другие виды гребешка *Swiftopecten swifti* и *Chlamys farreri nipponensis*. В районах залива Петра Великого их плотность была незначительной (табл. 2), а в бух. Киевка количество спата *Swiftopecten swifti* в отдельные годы была достаточно высока относительно плотности приморского гребешка.

По нормативным данным плотность спата на один коллектор должна быть в среднем равна 250 экз. (Инструкция …, 2011). В результате анализа межгодовой изменчивости плотности личинок в планктоне и плотности их оседания на коллекторы установлена общая зависимость между этими показателями. В годы, когда плотность личинок составляла 100 и более экз./м^3, а на стадии оседания 50 и более экз./м^3, среднее количество спата на коллекторах превышало 200 экземпляров, при более низкой плотности личинок количество спата измерялось десятками экз./кол. (табл. 1 и 2).

Таким образом, данные настоящего исследования показали, что. судя по плотности личинок в планктоне и спата на коллекторах, для сбора спата *M. yessoensis* среди исследованных районов в большей

степени подходит акватория у о. Русский. Известно, что уровень плотности личинок на акватории во многом определяется состоянием (размером, плотностью, половозрелостью) нерестовых скоплений и динамикой вод. Личинки донных беспозвоночных в течение планктонного периода своего развития могут переноситься течениями на большие расстояния, однако, в полузакрытых районах они в основном циркулируют вблизи родительских скоплений, что обеспечивает ежегодное их пополнение (Милейковский, 1973; Касьянов, 1989). Исследованная акватория по классификации А.И. Разина (1934) отнесится к заиляемо-защищенным. Она защищена берегами от воздействия преобладающих в летний период южных и юго-восточных ветров, и, судя по наличию тонких осадочных материалов в донных отложениях, не испытывает сильной волновой нагрузки. Система преобладающих в летний период течений, возникающих под действием южных и юго-восточных ветров, способствует концентрации личинок (Иващенко, 1993; Савельева, 1996). Несмотря на то, что донные скопления приморского гребешка в этом районе практически разорены, плотность личинок в планктоне и спата на коллекторах остаются достаточно высокими. Личинки могут появляться не только в результате нереста гребешка, обитающего на дне исследованного района, а также быть принесены течениями из центральной части Амурского залива, где расположено одно из наиболее крупных скоплений гребешка (Соколенко и др., 2006) и из Уссурийского залива через прол. Босфор-Восточный. Такие же высокие плотности личинок, до нескольких сотен экземпляров в кубическом метре воды, ранее регистрировались в мелководных бухтах зал. Посьета (Белогрудов, 1981; Радовец, 2004).

В более открытых районах, каковыми являются бухты Ильмовая и Киевка, уровень плотности личинок в большей степени определяется динамикой вод в период их развития, нежели состоянием скоплений родительских особей. Эти бухты относятся к прибойно-намывным. Динамика вод в этих районах более активная и менее устойчивая и далеко не каждый год создаются условия для концентрации личинок. Например, в бухте Ильмовая, несмотря на достаточно крупное искусственно-сформированное скопление приморского гребешка в северо-западной ее части, плотность личинок невысокая. Вероятно, что большая часть личинок выносится течениями в другие районы залива.

В восточной части бухты Киевка также существует достаточно крупное природное скопление гребешка (Афейчук, Диденко, 2000), но воспроизводство приморского гребешка здесь нестабильно, за пять лет исследований только два года были благоприятными для сбора его спата на коллекторы. Помимо личинок поступающих скопления, расположенного в самой бухте, они заносятся из соседних, более мелководных и теплых бухт. Отмечено, что в этой бухте плотность личинок была относительно высокой в более теплые годы, когда уже в июле температура достигала 17–18 °С (2003, 2004 гг.), за исключением 2006 г. Усиление действия прижимных ветров с юга может препятствовать выносу личинок из соседних бухт, а также усиливать подток холодных вод из открытого моря, что может негативно отразиться на выживаемости личинок.

Немаловажным фактором также является речной сток реки Киевка, влияние которого особенно проявляется в период прохождения тайфунов. С усилением стока личинки могли выноситься на юго-запад в открытое море или погибнуть в результате распреснения. Особо показательным в этом отношении был 2006 г., когда после прохождения циклона во второй половине июля распреснение в центральной части бухты достигало 20–30‰ и прослеживалось до глубины 4–7 м (Результаты …, 2006).

Выставлять коллекторы для сбора спата приморского гребешка в районах зал. Петра Великого рекомендуется во второй половине мая. По нормативам, первый коллектор должен располагаться на глубине не менее 5 м (Инструкция …, 2011). В районе у о. Русский размещать коллекторы, в толще воды желательно начиная с четырех метров от поверхности, поскольку в верхнем слое наблюдается стабильно высокая плотность спата тихоокеанской мидии, а численности спата гребешка относительно невысокая. Избежать оседания морских звезд или снизить их плотность путем подбора глубины выставления коллекторов в этом районе затруднительно, поскольку у звезд не наблюдается стабильности в вертикальном распределении, а сроки их оседания совпадают со сроками оседания личинок и роста спата гребешка. В бухте Ильмовая коллекторы также рекомендуется размещать с четырех метров и глубже, поскольку основное количество мидии и морских звезд в этом районе оседало в верхнем трехметровом слое воды.

В бухте Киевка выставлять коллекторы нужно во второй половине июня, можно во всей толще воды (начиная с 1 м от поверхности) поскольку мидия здесь в основном оседает в незначительных количествах, а морские звезды не оседают совсем.

В инструкции указано, что норма сбора спата с 1 га установки составляет 5,25 млн экз. С учетом рекомендуемого слоя воды, с одного га установки (2100 гирлянд по 10 коллекторов) в разные годы в районе у о. Русский можно собрать от 0,87 до 43 млн спата, в бухте Ильмовая — от 1 до 6,4 млн, в бухте Киевка — от 0,1 до 24,2 млн. Однако эти цифры приведены без учета его гибели. В конечном счете, с учетом выживаемости в бух. Киевка может быть получено урожая не меньше, чем у о. Русский, где потери спата могут быть существенными. Снизить гибель спата гребешка в районах зал. Петра Великого, вызванную высокими температурами воды, можно путем заглубления установок или перемещения их в районы с более низкими температурами после завершения периода оседания, в конце июля – начале августа.

Список литературы

Афейчук Л.С., Диденко Е.М. 2000. Характеристика скоплений естественного и культивируемого гребешка приморского — *Myzuchopecten yessoensis* Jay — в бухте Киевка (Японское море). Изв. ТИНРО. Т. 127. С. 361–371.

Белогрудов Е.А. 1981. Биологические основы культивирования приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* (Jay) (Mollusca, Bivalvia) в заливе Посьета (Японское море): Дис. … канд. биол. наук. Владивосток. 134 с.

Белогрудов Е.А. 1987. Биология и культивирование приморского гребешка // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. М.: Агропромиздат, 1987. С. 66–71.

Белогрудов Е.А. 1974. О некоторых особенностях оседания личинок на коллекторы и роста молоди гребешка *Mizuchopecten yessoensis* Jay и других животных в зал. Посьета (Японское море) // Биология морских моллюсков и иглокожих. Материалы Советско-Японского симп. по морской биологии. Владивосток. С. 7–8.

Белогрудов Е.А. 1980. Экология личинок приморского гребешка *Patinopecten* (*Mizuchopecten*) *yessoensis* (Jay) в связи с его культивированием в заливе Посьета // Научно-технические проблемы развития марикультуры. Тез. докл. III Всесоюз. совещ. Владивосток. С. 25–26.

Белогрудов Е.А., Раков В.А., Шепель Н.А. 1986. Многолетние изменения в динамике численности личинок промысловых двустворчатых моллюсков в мелководных бухтах залива Петра Великого // IV Всес. конф. по промысловым беспозвоночным, Севастополь, апрель, 1986 г. Тез. докл. М.: Ч. 2. С.179–180.

Брыков В.А., Семенихина О.Я., Колотухина Н.К. 2000. Динамика численности личинок мидии *Mytilus trossulus* в планктоне и их оседание на коллекторы в заливе Восток Японского моря // Биол. моря. Т. 26. № 4. С. 248–253.

Габаев Д.Д. 1981.Оседание личинок двустворчатых моллюсков и морских звезд на коллекторы в заливе Посьета (Японское море) // Биол. моря. № 4. С. 59–65.

Габаев Д.Д., Калашникова С.А. 1980. Выращивание личинок приморского гребешка до стадии оседания // Биол. моря. № 5. С. 85–87.

Гайко Л. А. 2005. Особенности гидрометеорологического режима прибрежной зонф залива Петра Великого (Японское море). Владивосток: Дальнаука, 151 с.

Жакин А.В. 1979. Температурная зависимость интенсивности газообмена молоди приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* (Jay, 1856) в естественных условиях // Изв. ТИНРО. Т. 103. С. 43–46.

Жук Л.В. 1989. О размножении морского гребешка в зал. Владимира и оседании его личинок на коллекторы // Научн.-технич. проблемы марикультуры в стране. Сб. тез. Второй Всесоюз. конф. Владивосток: ТИНРО.С. 84–86.

Иващенко Э.А. 1993. Циркуляция вод залива Петра Великого // Географические исследования шельфа Дальневосточных морей. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. С. 31–61.

Инструкция по технологии садкового и донного культивирования приморского гребешка. 2011 / Сост. А.В. Кучерявенко, А.П.Жук. — Владивосток: ТИНРО-центр. 49 с.

Касьянов В.Л., Кукин А.Ф., Медведева Л.А., Яковлев Ю.М. 1976. Сроки размножения и состояние гонад в нерестовый период у массовых видов двустворчатых моллюсков и иглокожих залива Восток Японского моря // Биологические исследования залива Восток: Сб. работ № 5. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 156–167.

Касьянов В.Л. 1989. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих. Л.: Наука. 179 с.

Куликова В.А., Колотухина Н.К. 1989. Пелагические личинки двустворчатых моллюсков японского моря. Методы, морфология, идентификация (препринт). Владивосток: ДВО АН СССР. 60 с.

Результаты исследований в области марикультуры беспозвоночных в 2006 году. 2006. // Отчет о НИР. ТИНРО. № 25949. Владивосток. 235 с.

Куликова В.А., Табунков В.Д. 1974. Экология, размножение, рост и продукционные свойства популяции гребешка *Mizuchopecten yessoensis* (Dysodonta, Pectinidae) в лагуне Буссе (залив Анива) // Зоол. журнал. Т. 53. Вып. 12. С. 1767–1774.

Ляшенко С.А. 2012. Перспективы культивирования приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857) у северо-западного побережья о. Русский, зал. Петра Великого (Японское море) // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана. Матер. II Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз. Ч. I. С. 114–119.

Макарова Л.Г. 1986. Влияние температуры на интенсивность обмена у приморских гребешков // Марикультура на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО. С. 64–67.

Милейковский С.А. 1973. Типы личиночного развития морских донных беспозвоночных. Распределение, численность и экологическая роль их личинок в планктоне // Автореф. дисс. … докт. биол. наук. М., 42 с.

Омельяненко В.А. 2006. Прибрежный мероланктон залива Петра Великого Японского моря // Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток, 23 с.

Приморский гребешок. 1986. // Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 244 с.

Радовец А.В. 2004. Динамика численности личинок промысловых видов двустворчатых моллюсков в зал. Посьета Японского моря // Междунар. семинар «Проблемы репродукции и раннего онтогенеза морских гидробионтов». Мурманск: ММБИ КНЦ РАН. С. 106–109.

Разин А.И. 1934. Морские промысловые моллюски южного приморья // Изв. Тирх. № 8. 107 с.

Рачков В.И. 2002. Характеристика гидрохимических условий вод Амурского залива в теплый период года // Изв. ТИНРО. Т.131. С. 65–77.

Савельева Н.И. 1996. Создание региональной системы наблюдений и проведение исследований динамики вод и процессов перемешивания в заливе Петра Великого в интересах народного хозяйства. Предоставление общей схемы динамики вод и процессов перемешивания в заливе Петра Великого // Отчет о НИР (закл.). Г. Р. 00192001484. Инв. № 02970001709. Владивосток, 31 с.

Силина А.В. 1990. Выбор районов и сроков выращивания приморского гребешка у берегов Приморья // Биол. моря. № 5. С. 48–52.

Скарлато О.А. 1981. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. Л.: Наука, 479 с.

Соколенко Д.А., Седова Л.Г. Борисовец Е.Э. 2002. Промысловые донные беспозвоночные северо-западной части залива Петра Великого // Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий: Матер. междунар. науч.-практ. конф., Владивосток, 26–28 окт. 2002 г. Владивосток: Издво Дальневост. ун-та. С. 176–179.

Тибилова Т.Х., Брегман Ю.Э. 1975. Рост двустворчатого моллюска *Mizuhopecten yessoensis* в бухте Троицы (залив Посьета, Японское море) // Экология. № 2. С. 65–72.

Чан Г.М. 1989. Изучение устойчивости спата приморского гребешка к понижению солености воды // Научно-технические проблемы марикультуры в стране. Сб. тез. Всесоюзн. конф. Владивосток. С. 126–127.

Ярославцева А.М., Сергеева Э.П. 2006. Адаптивные возможности личинок двустворчатого моллюска *Mytilus trossulus* к кратковременным и продолжительным изменениям температуры и солености // Биол. моря. Т. 32. № 2. С. 102–107.

Bayne B.L. 1976. The biology of mussel larvae // Marine mussels: their ecology and physiology. L.: Cambridge Univ. Press. P. 81–120.

Cahalan J.A., Siddall S.E., Luckenbach M.W. 1989. Effects of flow velocity, food concentration and particle flux on growth rates of juvenile bay scallops Agropecten irradians // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. Vol. 129. P. 61–79.

Maru K., Obara A. 1967. Stadies on the ecology of the scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay). 1. On the grouth and annual ring formation of the shell // Sci. Rep. Hokkaido Exp. Fish. St. Vol. 7. P. 72–83.

Yamamoto G. 1964. Studies on the propagation of the scallops, *Patinopecten yessoensis* (Jay) in Mutsu Bay // Nippon suisan shigen hogo Kyokai, Suisan zoyoshoku sosho. № 4. P. 1–77.

УДК 639.371.1

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАВОДСКОГО РАЗВЕДЕНИЯ КЕТЫ В РЕКАХ ПРИМОРЬЯ

Марковцев В.Г.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: markovtsev@tinro.ru

Ведение

Большинство прибрежных рек Приморья относятся к малым водотокам. Их длина чаще не превышает 50 км, часть из них (15) имеют длины до 100 км и только 7 рек имеют большую длину (Семенченко, Горяинов, 2010). Можно выделить около 15 рек, куда заходит на нерест кета. Количество заходящих производителей по рекам колеблется от 5 до 100 тыс. шт. и зависит от наличия нерестовых площадей в них. Имеются многолетние колебания численности кеты (рис. 1).

В водах Приморья обитают три вида лососей — кета, горбуша, сима. Их природный потенциал не позволяет организовать устойчивый промысел.

Приморская горбуша, в отличие от других ее дальневосточных популяций, имеет очень высокое различие в численности между четными и нечетными годами (рис. 2).

Различия в численности по смежным годам может достигать в 300 и более раз (например, 5682 тонн в 2000 г. и 19 тонн в 2001 г.). Строительство заводов, особенно по горбуше, не устранит межгодовые колебания численности лососей. Между выпуском молоди горбуши с заводов и возвратом производителей нет практически никакой связи. Возврат от заводской молоди сохраняет динамику чередования четных и нечетных лет, хотя и сглаживает размеры колебаний. Кроме того оказывает влияние и температура воды приморских рек. Для горбуши она достаточно высока. Вероятно поэтому завоз икры горбуши с Сахалина на приморские заводы (до 10 млн шт. в течение двух лет) вообще не дал возврата. В силу этого в южных и центральных районах края не целесообразно строить заводы по воспроизводству горбуши. Для размещения заводов для разведения горбуши в северных районах требуются дополнительные исследования.

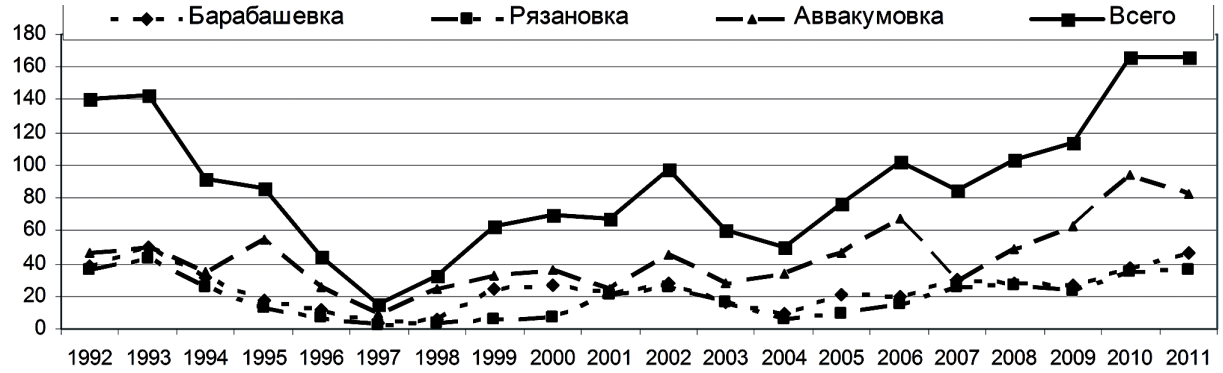


Рис. 1. Возврат приморской кеты в основные реки Приморья, в тыс. шт.

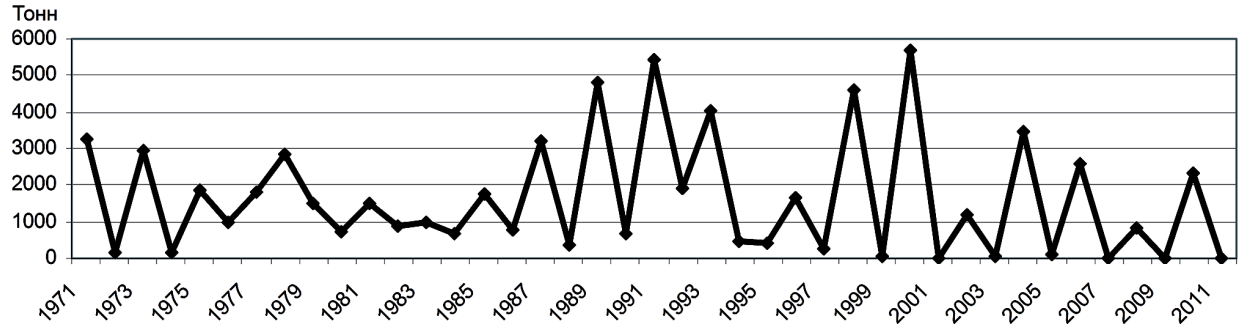


Рис. 2. Вылов горбуши в водах Приморья

В крае существует около 60 рек, впадающих в Японское море, в которых сима заходит на нерест. Это малые, средние и крупные горные и предгорные реки. Численность популяции в реке зависит от площадей водосбора, наличия нерестилищ и обеспеченности пищей молоди (экологической емкости). В силу этого эта величина колеблется от нескольких десятков в малых реках до 30 тыс. шт. в крупных. По оценкам специалистов ТИНРО ее среднегодовой общий запас в 1995–1999 годах составлял около 260 т, в 2000–2004 годах — 240 т, 2005–2010 годах — 220 т. Это количество распределяется на все многочисленные реки. Налицо тенденция снижения общего запаса симы в реках Приморья. О снижение запаса говорят и объемы вылова симы в водах Приморья за последние 5 лет. Если в 2007 г ее вылов составил 9,25 т, то в 2011 г эта величина составила 4,95 т. В силу этого сохраняется запрет на промышленный вылов этого вида.

Более чем пятнадцатилетний опыт ее культивирования на двух приморских заводах пока не дал ощутимых результатов в повышении ее численности. Причина заключается в сложной биологии данного вида. Даже в Японии до сих пор не получены устойчивые возвраты от выпускаемой молоди симы, а в последние годы при сохранении объемов выпуска молоди возврат производителей имеет тенденцию к понижению (Urabe, 2010).

Разведение кеты несомненно сможет обеспечить возврат лососей для промышленного лова. Подтверждением этого является создание промышленного стада кеты в р. Рязановке и замещение природной популяции кеты на заводскую в р. Барабашевка (рис. 3).

Начиная с выпуска в 2002 г, отмечается четкая зависимость между выпуском молоди с заводов и возвратом производителей кеты в Амурский залив. Это говорит о целесообразности разведения кеты в Приморье.

Таким образом, состояние диких популяций кеты и симы не позволяет вести их промысел в водах Приморья в существенных объемах. Альтернативой может быть только расширение масштабов искусственного разведения кеты. Культивирование симы в условиях Приморья — перспективное направление, но требует значительно больших капитальных затрат. По сравнению с кетой подращивание ее молоди до выпуска длится больше года, включая зимовку в условиях завода. А это требует больших затрат на строительство капитальных сооружений в виде цехов и сложной системы водоподготовки. Например, заводское культивирование 2 млн шт. симы требует столько же производственных площадей, что и завод по выпуску 20 млн шт. молоди кеты. По возврату производителей цифры не соизмеримы, как и затраты на подращивание молоди кеты и симы. С учетом еще не отработанной технологии заводского воспроизводства симы с получением устойчивого возврата производителей это задача будущего.

Материал и методика

Замеры по температурному режиму рек проводили прибором Checktemp 1 (HANNA instruments). Замеры температуры и пробы воды на гидрохимический анализ выполнены автором работы. Гидрохимический анализ воды выполнялся Лабораторией Центра лабораторного анализа и технических измерений по Приморскому краю Федеральной службы по экологическому, техническому и атомному надзору в рамках договора с ТИНРО-Центром. Анализ проб воды на тяжелые металлы выполнен сотрудниками лаборатории прикладной экологии и токсикологии ТИНРО-Центра атомно-абсорбционным методом. При проведении радиационного контроля воды были проведены следующие мероприятия: отбор

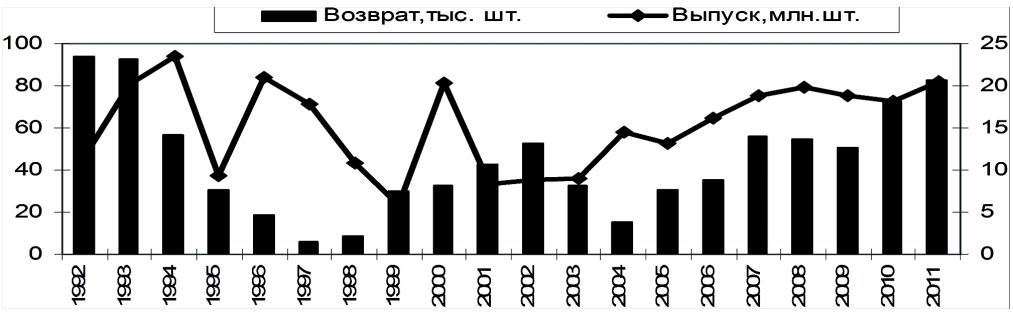


Рис. 3. Возврат производителей и выпуск молоди кеты в Амурский залив (вылов кеты 2011 г соответствует выпуску молоди в 2008 г.)

проб, приготовление счетных образцов, измерение общей альфа- и общей бета-активности, измерение радионуклида радона-222. Сведения по рекам. Рязановка и Барабашевка из отчетов лососевых заводов. По реке Киевка и ее притокам Валуновка и ключ Холодный — собственные наблюдения, по р. Осиновая литературные данные (Бушуев, 1983) и собственные измерения. По рекам Лидовка и Вербная собственные данные.

Данные по возврату производителей в реки Приморья взяты из архивных материалов лаборатории континентальных водоемов ТИНРО-Центра. Выпуск молоди лососей с заводов — из актов выпуска молоди с приморских заводов.

Результаты и обсуждение

Для воспроизводства лососей, в частности для кеты осенней формы, весьма важно наличие достаточного количества грунтовых вод. В связи с этим остановимся на основных факторах формирующих запасы грунтовых вод в приморских реках. В первую очередь к таковым относят осадки, характер горных пород, а также скорость и длину пути фильтрации вод. Осадки частично стекают в виде поверхностного стока, частично фильтруются в грунт. Почти 80% фильтрующихся в грунт осадков очень быстро стекает в виде приповерхностного стока. Оставшаяся часть доходит до уровня подземных вод, где идет на пополнение их запасов. На величину запасов грунтовых вод существенное влияние оказывает также характер горных пород: интенсивность их «трещиноватости», затухание ее с глубиной, а также размеры трещин, образованных в результате разрушения пород и их заполнение аллювиальными отложениями и продуктами выветривания. От скорости и длины пути фильтрации зависит динамизм грунтовых вод, т. е. рассредоточение их разгрузки (выхода на поверхность) по времени: чем продолжительней этот процесс, тем за большее число лет запас отражает сумму осадков (Кладовщиков, 1972). Существуют самые различные оценки роли грунтового питания в общем стоке рек Приморья: от 5–8% (Кузин, 1960) до 10–50% (Ситников, 1965). Некоторые авторы оценивают долю грунтового питания еще выше — до 50–60% от годового стока, В.Н. Кладовщиков (1972) полагал, что причина столь различных оценок роли грунтового питания в общем стоке рек Приморья состоит, в том, что в бассейнах горных рек, несмотря на благоприятные условия инфильтрации, не происходит накопления запасов подземных вод. Это объясняется сравнительно небольшой мощностью зоны активной трещиноватости и сильной расчлененностью рельефа, что приводит к быстрому дренажу вод этой зоны. Рассмотренная специфика гидрологических условий коротких приморских рек является естественным ограничением для воспроизводства кеты в них Это не позволяет организовать рентабельный и масштабный промысел кеты в них (Горяинов и др. 2007).

Таблица 1. Результаты общего анализа воды из бассейна р. Киевка

№	Показатель	Единица измерения	Ключ Синегорный	р. Киевка	Ключ Беневский	ПДК
1.	Температура	С°	7	10,5	9	–
2.	Окраска	качест.	бесцветная	бесцветная	бесцветная	–
3	Плавающие примеси	качест.	не обнар.	не обнар.	не обнар.	–
4.	Запах	качест.	без запаха	без запаха	без запаха	–
5.	Прозрачность по Снеллену	См	>30	>30	>30	–
6	Взвешенные вещества	мг/дм^3	<3,0	<3,0	<3,0	–
7	pH воды	ед. pH	7,4±0,2	7,4±0,2	7,3±0,2	6–8
8	Соли аммония	мг/дм^3	0,14±0,05	0,10±0,04	0,22±0,08	–
9	Окисляемость. перманганатная	мг О/ дм^3	2,2±0,2	2,2±0,2	2,2±0,4	5–10
10	БПК 5	мгО2/ дм^3	1,3±0,3	1,2±0,3	0,8±0,2	до 5,0*
11	БПК20	мгО2/ дм^3	1,7±0,4	1,6±0,4	1,1±0,3	–
12	Фосфаты	мг/дм^3	<0,05	0,11±0,02	<0,05	до 0,2
13	Сульфаты	мг/дм^3	<10	<10	<10	до 20
14	Хлориды	мг/дм^3	<10	<10	<10	до 20
15	Нитриты	мг/дм^3	<0,02	<0,02	<0,02	до 0,03**
16	Нитраты	мг/дм^3	<0,1	<0,1	<0,1	до 3,0**
17.	Общая щелочность	мгэкв./ дм^3	0,6±0,1	0,6±0,1	0,4±0,1	до 2,0

* — по Чеботареву, 1978; ** — по Козлову, 1998

Вторым важным критерием пригодности рек для размещения лососевых заводов является гидрохимический состав воды. Детальный анализ гидрохимического состава воды проведен на р. Киевка (табл. 1).

Вода из трех указанных водотоков по своим качествам пригодна для водоснабжения лососевого рыбоводного завода, так как показатели не превышают нормы технологического проектирования.

Все природные воды Приморья содержат в небольшом количестве радиоактивные вещества, из которых хотелось бы выделить такой радиоактивный изотоп как радон-222, поскольку в бассейне р. Киевка давно известны и эксплуатируются радоновые источники. Этот радиоактивный природный газ, является источником примерно 30% от всей радиации, получаемой большинством биологических видов при жизни. В связи с изложенным выше, кроме общего анализа, был проведен радиационный контроль проб воды из некоторых притоков р. Киевка и дана санитарно-гигиеническая оценка качества воды по критериям радиационной безопасности (табл. 2).

Исследованные источники вполне пригодны для размещения лососевого завода.

На протяжение последних трех лет осуществлялся анализ воды некоторых рек, в основном, на содержание тяжелых металлов (Марковцев и др., 2011). Именно по этим элементам наиболее жесткие требования предъявляется при выборе вариантов снабжения лососевого завода технологической водой.

По литературным данным (Шулькин и др., 2009) реки восточного склона Сихотэ-Алиня имеют сходный гидрохимический состав. Нами собран материал по гидрохимии рекам Киевка, Осиновая, Лидовка и Вербная. По техническим причинам не на все элементы удалось сделать анализ. Тем не менее, по полученным данным по содержанию тяжелых металлов, вода в указанных трех реках вполне отвечает требованиям ПДК для пресных вод и не имеет существенных различий с составом воды из р. Киевка, где проведен более детальный анализ (табл. 3).

Одним из важных параметров при выборе места размещения лососевого завода является температурный режим реки. При этом большое значение имеет температура воды в зимнюю межень (февраль–март). Материалы по некоторым рекам Приморья выявили следующее (табл. 4).

Таблица 2. Показатели радиоактивности некоторых водотоков в бассейне р. Киевка

Место отбора проб	Суммарная альфа-активность $A\alpha+\Delta\alpha$, Бк/л	Суммарная бета-активность $A\beta+\Delta\beta$, Бк/л	Объемная активность радона-222 $ARn+\Delta Rn$, Бк/л
Ключ Холодный	0,002	не > 0,27	7,7 ± 2,9
Р. Валуновка (р-н старого моста)	0,004	не > 0,38	13,2 ±3,5
Устье р. Валуновка в 20 м от впадения в р. Киевка	0,001	не > 0,28	8,3 ± 2,8
Допустимый уровень	≤ 0,1	≤ 1	60

Таблица 3. Содержание металлов в воде рек Центральной зоны Приморья

Элемент	Р. Киевка апрель 2009	Р. Осиновая, верховье октябрь 2009	Р. Осиновая лагуна	Р. Вербная	Р. Лидовка (ключ Безымянный)	ПДК для пресных вод
Цинк	0,003	н/д	н/д	0,048	0,039	0,01
Медь	<0,001	н/д	н/д	0,0074	0,0098	0,01
Кадмий	0,00005	0,00007	0,00007	0,00028	0,00024	0,005
Свинец	<0,005	0,0009	0,0011	0,0046	0,0059	0,006
Ртуть	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	0,00003	0,00002	Отсутствие
Селен	<0,01	н/д	н/д	н/д	н/д	0,002
Железо	0,13	н/д	н/д	0,248	0,12	0,1
Никель	<0,01	н/д	н/д	н/д	н/д	0,01
Кобальт	<0,01	н/д	н/д	н/д	н/д	0,01
Марганец	0.0025	н/д	н/д	н/д	н/д	0,01
Хром +3	<0,01	н/д	н/д	0,0022	0,0017	0,07
Мышьяк	0,0065	0,0059	0,0083	0,00176	0,0019	0,05
Кальций	1,4	н/д	н/д	40	38	180
Магний	0,9	н/д	н/д	16,2	11,7	40
Калий	1,0	н/д	н/д	18	18	30

Примечание: показатели даны в мг/л; н/д — нет данных

Таблица 4. Температурный режим некоторых рек Приморья (среднемесячный)

Река	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель
Рязановка	10,8	6,0	3,1 (0,5)*	2,1 (0,5)	1,9 (0,5)	2,6	4,4
Барабашевка	10,8	4,1	0,5**	0,5	0,5	1,1	5,1
Киевка	10,0	4,0	0,5	0,5	1,0	–	2,5
Валуновка	9,0	7,1	4,5	3,2	2,4	3,6	3,6
Ключ Холодный	–	8,0	7,6	3,5	2,5	–	4,7
Осиновая (в нижнем течении)	7,5	6,5	6,0	5,7	4,0	4,2***	4,0
Р. Лидовка	н\д	н\д	н\д	н\д	5,0	7,0	9,4
Р. Вербная	н\д	н\д	н\д	н\д	5,5	9,0	9,9

Примечание: * в скобках — в районе завода река покрыта льдом; ** 0,5 — река покрыта льдом; *** — в местах выхода грунтовых вод +7° С (собственные измерения)

Температурный режим всех обследованных рек имеет свои особенности. Реки Барабашевка и Рязановка в нижнем течении имеют очень близкий температурный режим в осенне-зимнее время. В силу этого на Рязановском ЭПРЗ применяется подогрев технологической воды, а на Барабашевском ЛРЗ культивирование идет на природной воде. Близкие к ним показатели имеет р. Киевка. Поэтому и обследованы ее притоки, которые имеют выходы грунтовых вод и способны обеспечить культивирование кеты. При этом замерялась температура поверхностного стока этих рек. Вполне реально, что при заборе воды для завода из подруслового потока (дрены) ее температура зимой будет на 2–3 градуса выше. Это позволит поддерживать стабильный температурный режим культивирования кеты на будущем заводе.

Несколько сложнее ситуация в реках Вербная, Лидовка и Осиновая. Достаточно высокая температура воды рек с февраля по апрель несомненно приведет к быстрому развитию молоди кеты. Анализ работы двух приморских заводов показал, что молодь кеты перед выпуском в море должна иметь массу тела не более 1,0 г. Высокая температура воды в осенне–зимний период приведет к раннему выклеву молоди и к концу апреля (к моменту выпуска) она будет иметь массу тела, намного превышающую нормативные показатели. Хорошо известно, что более крупная молодь при выпуске в морскую воду гибнет в первую очередь (Марковцев, 2008). Если учесть, что в апреле вода в северных бухтах Японского моря, куда впадают указанные три реки, имеет еще очень низкую температуру (+4,0 °С), то ранняя молодь кеты не может быть выпущена в море. Следовательно, потребуются мероприятия по задержке развития кеты, чтоб обеспечить выпуск ее молоди в море при температуре более +5,0 °С. Например, природная молодь кеты, отловленная в р. Вербной в середине апреля с.г., имела массу тела от 0,49 г до 1,0 г. Очевидно, что в реке молодь кеты сама находит приемлемые для обитания места и скатывается в море с весенними паводками, когда происходит выравнивание температуры воды в реке и в приустьевом пространстве.

На приморском побережье Японского моря часты случаи, когда относительно большие объемы накопленных грунтовых вод выходят на поверхность не только в руслах прибрежных рек, но рядом с ними. Выход этих вод может быть не связан с той или иной рекой и располагаться отдельно, образуя небольшие разливы, из которых вытекают ручьи, самостоятельно впадающие в море. Как правило, правый берег таких водотоков прилегает к горному массиву и в этом месте образуются расширения с достаточной глубиной и значительным запасом воды. Обычно такие водоемы располагаются на нижних участках прибрежных долин ближе к морю и пространства вокруг них часто заболочены. В специальной литературе такие участки побережья классифицируются как «прибрежные болота» (Горяинов, Лысенко, 2008). Именно такие водотоки имеются в нижнем течении рек Лидовка и Вербная. В долине р. Лидовка такой водоток называется ручей Безымянный (рис. 4).

Протяженность ручья Безымянный не более 9 км. Суммарное количество притоков 4 с общей длиной 8,4 км. Средняя ширина русла от 5 до 10 м. Истоки водотока располагаются на склонах горного хребта, высота которого достигает 200 м. Ручей относится к малым водотокам полугорного типа. Русло умеренно извилистое, разветвленное. В нижнем течении имеет две относительно крупные протоки. Русло в верхнем течении сложено каменисто-валунными грунтами, в среднем и нижнем течении — гравийно-галечными. Сток воды в ручье в течение года постоянный. Питание водотока осуществляется, в основном, за счет выхода грунтовых вод и атмосферных осадков.

Температура воды в зимний период имеет положительные значения, изменяясь в среднем от 2 до 5 °С. В нижнем течении не происходит образование льда. Температура в нижнем течении в конце февраля составляла 7 °С. В районе предполагаемого места размещения завода ширина русла ручья достигает 30 м,

глубина от 1,5 до 2,0 м. По наблюдениям местных жителей место не подвержено затоплению в периоды паводков. Ширина нижнего течения и глубина позволяет выставление русловых садков для подращивания молоди кеты.

Протяженность р. Вербная не более 30 км. Свое начало она берет на юго-восточных отрогах Сихотэ-Алиня. Предгорное русло реки постепенно переходит в спокойную нижнюю часть с течением 1,0–1,5 м/сек. В нижнем течении в паводки вода может подниматься на 1,0–1,5 м. Важным для разведения лососей является наличие старицы, которая в настоящее время не имеет непосредственной связи с руслом реки. По морфологии, температурному и гидрохимическому режиму старица практически аналогична ручью Безымянному (см. табл. 3, 4). Отличие только в ее протяженности, которая составляет около 1 км. Ширина старицы достигает 20 м, а глубина — до 2 м. Скорость течения в ней не высокая — 0,5–0,2 м/сек. Особенность старицы реки заключается в том, что как и в ключе Безымянном, в зимнее время температура воды не понижается ниже 6 °С.

Реки Вербная, Милоградовка и старица имеют единый выход в море, перед которым они образуют значительную акваторию, которая может использоваться как большой нагульный водоем для молоди кеты после ее выпуска с завода (рис. 5).



Рис. 4. Ручей Безымянный. Виден горный массив, с которого имеется выход грунтовых вод (февраль 2011 г)

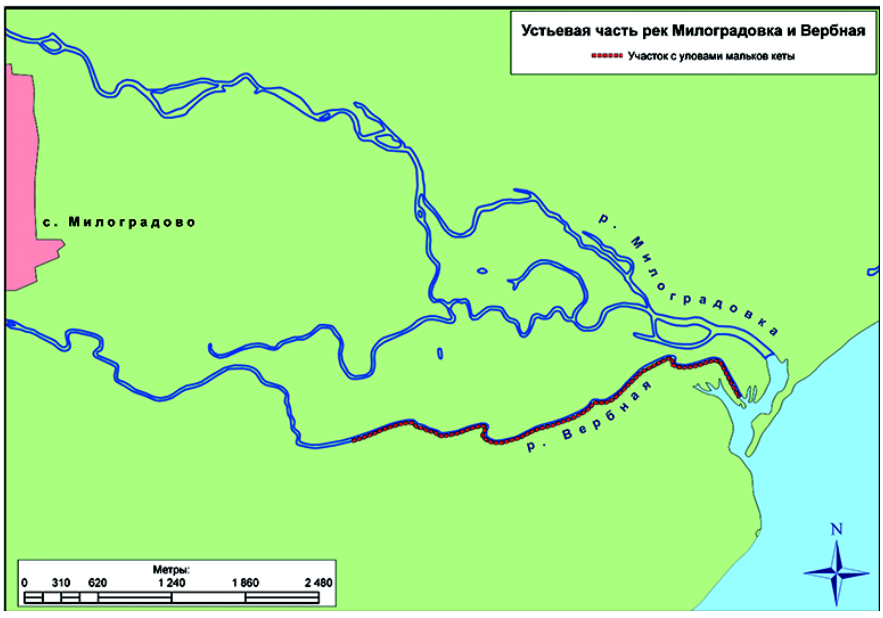


Рис. 5. Нижнее течение рек Вербная и Милоградовка

В результате проведенных полевых исследований на р. Осиновой было подготовлено РБО на размещение малого лососевого завода. В среднем течении река течет под землей. В результате этого нижняя часть реки круглый год имеет положительную температуру воды (табл.4). Малый лососевый завод (5 млн шт. подрощенной молоди кеты) должен быть иного типа. Водоснабжение завода должно быть речное из колодца, расположенного в районе выхода грунтовых теплых вод (до 7 °С). Завод должен иметь инкубационный цех и цех выклева и первичного подращивания молоди. Основное подращивание до ската в море должно осуществляться в расширенной части реки, где будет происходить кормление молоди. Узкий выход в море (менее 3 м в ширину) позволит установить заградительные решетки на период подращивания молоди (1–1,5 месяца), препятствующие преждевременному выходу ее в море. Такой способ кормления молоди успешно применяется на холодноводном Барабашевском ЛРЗ. Завод имеет расширенную часть ручья Остросопочный площадью 0,37 га. При выпуске с цеха завода в начале апреля молоди средней массой около 400 мг к середине мая ее средняя масса достигает более 800 мг. Это стандарт для данного завода. Использование такой схемы рыбоводного процесса значительно уменьшит капитальные вложения на строительство и эксплуатацию завода.

Совершенно иной тип завода предлагается разместить на рр. Вербная и Лидовка. Наличие теплой воды в зимний период позволит обеспечить инкубационный цех водой без ее подогрева прямо из дрены, проложенной вдоль водотока. Заводы комплектуются вертикальными аппаратами типа NOPAD,.в которых происходит выклев молоди кеты. Следовательно, отпадает необходимость строительства прудов, где на традиционных заводах происходит выклев и всплытие личинок кеты. После всплытия в аппаратах личинки кеты переносятся в русловые садки для дальнейшего выращивания.

Современные биотехнологии позволяют создавать новые промыслово-маточные популяции дальневосточных лососей на малых реках (Сафроненков, 2006). Использование опыта магаданских коллег необходимо применить в разработках по созданию промышленных популяций кеты в реках Вербная и Лидовка. В том числе и с использованием подращивания молоди кеты в речных садках. перед выпуском в море. Опыт МагаданНИРО показал, что садковое подращивание молоди кеты в пресных водах значительно улучшают качественные показатели выпускаемой молоди, тем самым способствуют повышению коэффициенты возврата производителей.

Например, молодь кеты с заводов, расположенных в Магаданской области, перед выпуском имеют низкую массу тела — от 366 до 496 мг. Содержание молоди в садках, установленных в оз. Соленое, показало, что при температуре от 6,7 до 15,5 °С при подкормке искусственными кормами средняя масса молоди может достигать от 0,935 до 1,309 г (табл. 5). Такая молодь обладает хорошей выживаемостью при переходе из пресной воды в морскую.

С учетом данного практического опыта на двух указанных приморских заводах рекомендовано личинок кеты после выклева в вертикальных аппаратах переводить в речные садки, изготовленные из мельничного газа и в них начинать раскармливание сухим кормом. При этом садки из газа помещаются сразу внутри больших делевых садков. Это позволит при достижении личинками массы 300 мг без дополнительной пересадки, убрав газовые садки, оставить их в делевом садке для дальнейшего подращивания.

Имеется еще один вариант организации рыбоводного процесса на указанных заводах. Например, старица р. Вербной путем перекрытия в ее узкой части небольшим заграждением с решетками для протока воды легко превращается в огромный пруд площадью 1300 м^2. Личинки кеты после выклева в вертикальных аппаратах сразу или через небольшой период времени содержания в газовых садках выпускаются в данный пруд, где и идет их подращивание до выпуска в море. Кормление в этом случае осуществляется с мостков. Пересадка личинок лососей из вертикальных аппаратов сразу в бассейны используется в практике и американских лососевых заводов (рис.6). По мере роста личинок большие бассейны заполняются водой, а малые бассейны удаляются.

Таким образом, использование вертикальных аппаратов и природных водоемов, пригодных для подращивания молоди кеты, позволяет осуществлять возведение лососевого завода без дополнительных

Таблица 5. Развитие молоди кеты на Арманском ЛРЗ и в садках на оз. Соленое (Рябуха и др.,2004)

Год	2002		2003	
Место выращивания	Длина, см	Масса мг	Длина, см	Масса мг
Цех Арманского ЛРЗ	39,6	496	36,3	351
Садки на оз. Соленое	51,1	1309	46,7	935

цехов с бассейнами различного типа и использовать более простую схемы водоподготовки. Расходы воды только на период выклева личинок несоизмеримы с таковыми на полный рыбоводный цикл типичного лососевого завода. Например, на Барабашевском ЛРЗ норма расхода воды на период инкубации икры составляет 22 л/сек, а в период подращивания на тоже количество личинок требуется уже 105 л/сек. Для завода по выпуску 10 млн. шт. молоди кеты расходы воды аналогичные. Использование предложенной технологической схемы, значительно снижаются затраты электроэнергии. Это позволяет размещать заводы на реках, где нет государственных линий электропередач. В условиях Северного Приморья это является очень важным аргументов в пользу размещения завода в случае выбора подходящей по гидрологическим показателям реки.

И еще одна особенность работы лососевых заводов Приморья. В большинстве бухт, куда впадают лососевые реки, возможно расположение хозяйств марикультуры. Взаимодействие хозяйств марикультуры и прибрежных экосистем рассматривалось и ранее (Марковцев, 2008). Но до сих пор заводов на северных реках края не было. В бухте Кит, куда впадает р. Осиновая, уже существует хозяйство марикультуры. В бухте Киевка культивируется трепанг. Бухта Милоградовка очень подходит для размещения подвесной плантации по культивированию ламинарии. Подвесные плантации по выращиванию ламинарии являются своеобразными искусственными рифами, имеющими высокую биологическую продуктивность, которая определяется их следующими основными функциями: установки плантаций являются гасителями энергии морских волн, обеспечивающими замедление водообмена водной массы внутри плантации с открытой частью прибрежья и способствующими накоплению на плантации автотрофного компонента биоценоза и биогенных элементов, а также пелагических личинок гидробионтов; плантации и культивируемая на них ламинария выполняют функцию субстрата, дефицит которого постоянно ощущается в море. На этот субстрат оседают икра и личинки многих животных, зооспоры водорослей; функция убежищ. В ризоидах культивированной ламинарии создается зона укрытий для молоди многих животных от врагов. В целом на плантациях водорослей, включая и гидробиотехнические сооружения, поселяется 45 видов животных и 65 видов растений (Буянкина, Паймеева, 1987).

С учетом тенденции возникновения новых хозяйств марикультуры в крае такие сочетания лососевый завод и плантация аквакультуры будут очень полезными. Во-первых, плантации будут хорошим убежищем для молоди лососей, скатившихся с заводов. Во-вторых, акватория хозяйства марикультуры является охраняемой и в период хода производителей в заводскую реку будет гарантией уменьшения незаконного их изъятия. Немаловажное значение имеет и объединение людских и материальных ресурсов в едином комплексном хозяйстве аквакультуры, так как в процессе культивирования лососей и морской капусты имеются периоды, когда людские ресурсы не заняты и их можно перенаправить на другое производство. Только в условиях прибрежья Приморья возможно создание подобных комплексных хозяйств аквакультуры.

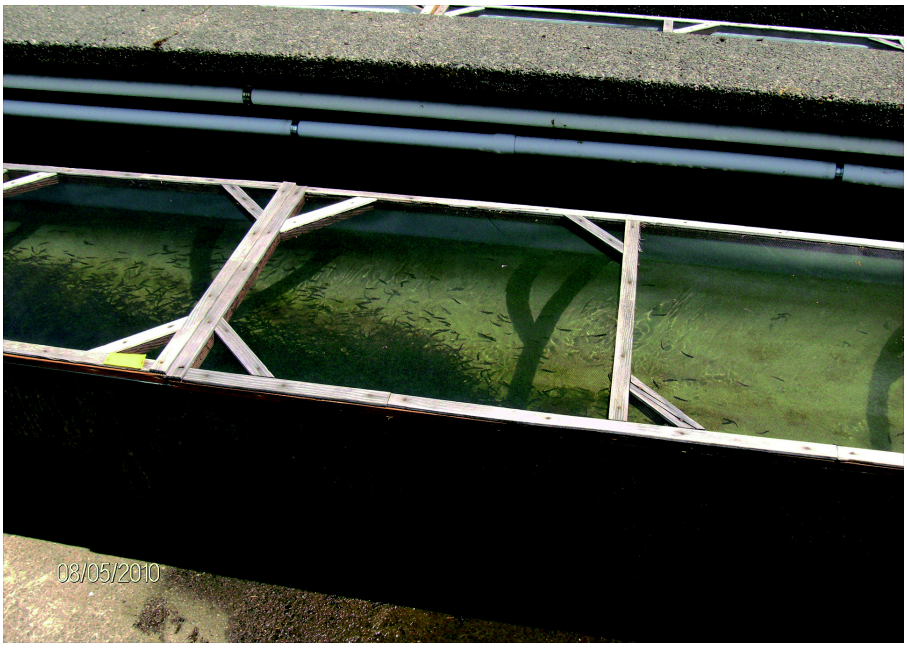


Рис. 6. Личинки кижуча после вертикальных аппаратов в малых лотках, которые помещены в большие бассейны (Марковцев, 2010)

Заключение

Обобщая все изложенное, можно говорить о том, что с учетом особенностей гидрологии рек Приморья, в крае возможно строительство лососевых заводов с различными технологическими схемами ведения рыбоводного процесса, позволяющими значительно экономить капитальные и эксплуатационные затраты. При этом за счет деятельности новых лососевых заводов реально увеличение вылова кеты на 1–2 тыс. т в год. При фактическом вылове в крае кеты в настоящее время в пределах 100–150 т (без учета пропуска на нерест и на закладку икры на заводы) это существенно.

Перспективным представляется организация комплексных хозяйств аквакультуры при сочетании разведения лососей и морской капусты. Последнее играет существенную социальную роль для малонаселенного побережья Северного Приморья. Мониторинг деятельности такого хозяйства является и научной задачей в деле создания лососевого хозяйства в крае.

Список литературы

Бушуев В.П. Материалы по биологии молоди симы в речной период жизни // Отчет. Архив ТИНРО, № 19298. 1984. С. 48.

Буянкина,С.К., Паймеева Л.Г. Сезонная динамика обрастаний плантационных установок ламинарии японской в бухте Кит (Японское море) // Промысловые водоросли и их использование. М.: ВНИРО, 1987. С. 33–49.

Горяинов А.А., Шатилина Т.А., Лысенко В.А., Заволокина Е.А. Приморская кета (рыбохозяйственный очерк) // Владивосток, 2007. С. 198.

Горяинов А.А., Лысенко А.В. Воспроизводство кеты в малых водотоках Приморского края // Современное состояние водных биоресурсов. Матер. науч. конф. Владивосток 2008. С. 349–350.

Кладовщиков В.Н. Подземные воды и их взаимосвязь с поверхностным стоком // Ресурсы поверхностных вод СССР. Дальний Восток. Т. 18, вып. 3; Приморье-Л.: Гидрометеоиздат, 1972. С. 78–89.

Кузин П. С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1960. С. 74–78.

Марковцев В.Г. Взаимодействие плантаций марикультуры и прибрежных экосистем // Морские прибрежные экосистемы. Матер. конф. Владивосток. 2008. С. 415–416.

Марковцев В.Г. Международная конференция «Экологические взаимодействия искусственно разведенных и диких лососей» (г.Портленд, США) // Владивосток. Бюл. № 5 Реализации «Концепции дальневосточной бассейновой Программы изучения тихоокеанских лососей». 2010. С. 64–74.

Марковцев В.Г.,Горяинов А.А. Курганский Г.Н. Характеристика приморских рек как водотоков для размещения лососевых рыборазводных заводов // Бюл. № 6 Реализации «Концепции дальневосточной бассейновой Программы изучения тихоокеанских лососей». 2011. С. 121–123

Рябуха Е.А, Бойко И.А., Хованская Л.Л.,Сафроненков Б.П. О применении метода садкового содержания заводской молоди кеты (*Oncorhynchus keta*) в условиях природных водоемов Магаданской области для улучшения ее качественного состава // Состояние рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря: Сб. науч. тр. — Магадан: МагаданНИРО, 2004. Вып.2. С. 326–342.

Сафроненков Б.П. Современное состояние и перспективы искусственного разведения тихоокеанских лососей в Магаданской области // Современные проблемы лососевых заводов Дальнего Востока. 2006. Петропавловск-Камчатский. С. 127–138.

Семенченко А.Ю., Горяинов А.А. Экспертная оценка рыбохозяйственной значимости бассейнов лососевых нерестовых рек Приморского края // Лососевые рыбохозяйственные заповедные зоны на Дальнем Востоке России. Москва. 2010. С. 41–51.

Ситников В.К. Ресурсы подземного стока рек Приморского края // Тр. ДВНИГМИ. 1965. Вып. 20. С. 22–25.

Шулькин В.М., Богданова Н.Н., Перепелятников Л.В. Пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод юга Дальнего Востока РФ// Журн. Водные ресурсы. "Наука". 2009. Т. 36. № 4. С. 428–439.

Urabe Hirokazu, Miyakoshi Yasuyki, Nagata Mitsuhiro. Conservation and enhancement of masu salmon in Hokkaido, Japan // State of the Salmon Conference «Ecological Interactions between Wild and Hatchery Salmon». Portland. USA. 2010. htth://www.stateofthesalmon.org/conference2010.

УДК 639.3.034:615.357.032

ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОВ РЕГУЛЯЦИИ ПОЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК У РЫБ, КАК СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫМ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ ГИДРОБИОНТОВ

Метальникова К.В.

ФГУП «ВНИРО», г. Москва
Контактный e-mail: ksenia@vniro.ru

Введение

В 1939 г. Bridges (1939 цит.: D`Ancona,1957) предложил теорию о влиянии на определение пола животных помимо количественного соотношения половых хромосом, также и «генного баланса всего кариотипа». Впоследствии эта теория получила научное развитие, в том числе в работах, выполненных на рыбах: Yamamoto, 1969; Мейнуоринг, 1979; Максимович, 1987 и др. В 1969 г. Г.М. Персов высказал предположение и подтвердил его практически на лососевых видах рыб, о том, что первичной функцией стероидных гормонов является контроль мейоза при спермиогенезе и оогенезе. Впоследствии это было подтверждено экспериментально и для других костистых рыб в работах Colombo et al., 1979. Суть теории заключается в том, что при формировании половых желез у рыб: в гипоталамусе вырабатываются гонадолиберины (рилизинг-факторы), которые, поступая в гипофиз, регулируют синтез гонадотропных гормонов (ГТГ) гипофизом, ГТГ через кровеносную систему поступают к гонадам (Хапчаева, Бурлаков, 1982; Максимович, 1987). В клетках, аналогах клеток Сертолли у млекопитающих, вырабатываются и андрогены, стимулирующие развитие вторичных половых признаков у рыб. Ранее эти процессы были открыты для горбуши, молинезии, стальноголового лосося, атлантического лосося, трехиглой колюшки и других видов рыб очень изящными экспериментальными исследованиями Hurk Van Den в 1982 году (Hurk Van Den et al., 1982) и впоследствии развиты некоторыми исследователями, такими как Nagahama (Nagahama et al., 1982);; Borg (Borg et al., 1985) и другими. Определяющие факторы для сексуализации гонад рыб — это: генотип и окружающая среда. Для многих видов описаны сложные генетические системы и дискретные участки, сцепленные с половыми хромосомами. Однако морфологические отдельные половые хромосомы, полученные путем цитогенетических наблюдений, например X и Y или Z и W пары хромосом были описаны на цитогенетическом уровне лишь для некоторых видов рыбы. Например, у лососевых цитогенетические наблюдения хромосом были описаны:Thorgaardом, 1983 (Thorgaard, 1983); Chourrout и Chevassus, 1988 (Chourrout, Chevassus, Devaux, Jalabert, 1988) не смотря на то, что функциональное определение пола — XY системы, было подтверждено ранее работами Padoa в 1939 (Padoa, 1939), Johnstone в 1979г. (Johnstone et al. 1979a,b); Okada в 1979 г. (Okada et al., 1979), Chevassus в 1988 (Chevassus et al., 1988) у многих позвоночных и беспозвоночных молекулярные тонкие перестановки происходят в хромосомных структурах и обозначены различиями в организации последовательностей участков в ДНК половых хромосом. Полученные результаты канадскими учёными подтверждают теорию реверсии пола у лососевых видов рыбы, предложенную на основании изучения Y-зависимого фактора, обнаруженного впервые у чавычи Эдвардом Дональдсоном, Робертом Дельвином, Келли МакНейлом и Давидом Д.Гроувс в 1991 году (Devlin, McNeil, Groves, Donaldson, 1991). При поиске наиболее оптимальных методов определения генетически детерминируемого локуса на Y хромосоме и его открытии они использовали аналогичные методы исследования тканей у человека и мыши. Авторы провели исследования выделенных полоспецифических маркеров у чавычи и подтвердили, что молекулярные генетические различия существуют между полами у лососевых и что они передаются исключительно от самца к самцу в поколениях и строго сцеплены с Y хромосомой. Отсутствие таких различий у самцов позволяет их идентифицировать как реверсантов. Благодаря этой методике из небольшого количества крови или плавника можно выделять детерминированный локус на Y хромосоме даже ежедневно (Devlin, McNeil, Groves, Donaldson, 1991). Впоследствии, на основании этих работ и собственных исследований, в 1996 г. была запатентована методика, которая используется в Британии для рыб семейства Salmonidae в промышленных масштабах с определением качества реверсии (Choy, Shao, 1996). Например, у некоторых лососевых преждевременно созревают самцы в 1 год и ранее, в результате происходит смещение в пропорциях в соотношении самок и самцов в популяции и такие популяции утрачивают свою коммерческую привлекательность. Для чавычи (*Oncorhynchus*

tshawytscha) и радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) эти проблемы решены путем получения линий продуцирующих всех-самок. Такие моносексуальные популяции получаются путем оплодотворения нормальных самок спермой реверсантов из самок, полученных при обработке андрогенами на ранних этапах развития, для продуцирования ими спермы для получения только самок. В США небольшое количество особей (потомства преимущественно из самок) маскулинизируют для разведения моносексуальной популяции самцов и повторения цикла воспроизводства, что увеличивает гомогаметность и выявление рецессивных признаков у рыб в последующих поколениях. В отличие от таких моносексуальных стад, реверсанты, полученные из обычных лососей, имеют нормальное поведение, свойственное самцам, что обуславливается соответствующими биохимическими процессами в их организмах и подтверждается биохимическими исследованиями, выполненными (Bhandari et al., 2004) в Японии в 2004 году. В настоящее время уже известно более 11000 работ посвященных гормональной регуляции половых признаков у рыб. Причем, основные работы, ведутся именно с поисками маркера детерминируемого локуса на Y-хромосоме для других видов рыб или для определения генетического воздействия стероидов на синтез вителлогенина в печени при созревании ооцитов, определяющего, в конечном итоге, плодовитость рыбы. Реверсию половых признаков у рыб под воздействием стероидных гормонов уже давно используют и как инструментарный метод для получения триплоидов у лососевых видов рыб, исследованиях плоидности у различных видов рыбы (Benefy, 1996,1999, 2001). Использование реверсантов позволит разработать новые методы сохранения биоразнообразия ихтиоценозов.

Целью работы было получение у лососевых однополого стада (преимущественно самок) без использования гормональных препаратов.

В связи с этим решали **Задачи:**

1. Создание методов получения реверсантов лососевых рыб в разных климатических областях, с учетом прижизненного использования реверсантов в течение нескольких нерестовых сезонов.

2. Получение потомства от реверсантов лососевых рыб без использования гормонов, преимущественно самок (до 100%), в разных климатических областях России.

Материал и методика

Работы проводили по схемам, приведённым в таблице 1. Условия содержания рыбы были оптимальные при проведении всех работ.

Принципиальное отличие наших методик заключается в отборе реверсантов по внешним показателям, сформированным не только под воздействием генотипа, но и условий среды, при которых их содержали. После созревания реверсантов, их использовали в скрещиваниях с прижизненным взятием половых продуктов с обычными самками, что позволяло получать половые продукты от одних и тех же реверсантов ежегодно. А выращивание потомства до половозрелости и получение второго поколения потомства с нормальным соотношением полов после оплодотворения самок обычными самцами позволяет регулировать и не допускать утраты генофонда самцов. При этом сохраняется увеличение производительности репродуктивного стада за счет ежегодного получения преимущественно самок от реверсантов (Метальникова, Голубев, 2000; Метальникова, 2002; Metalnikova, 2002).

Результаты и обсуждение

Процессы реверсии половых характеристик у самок под воздействием андрогенов имеют общий механизм формирования реверсантов на физиологическом и гистологическом уровнях, независимо от климатических условий и используемых видов рыб. При обработке лососевых рыб андрогенами всегда наблюдался прирост массы тела у сеголеток более чем на 100% и выживание в 3–4 раза выше, чем у контрольных лососей (Дума, 1982; Метальникова, 1989, 1991, 1992, 2004). Уровень основного обмена у экспериментальных рыб также был выше при обработке андрогенами (Шентякова, 1986; Метальникова, 1987, 1991, 1992; Metalnikova, 2008): чем выше доза гормона в корме, тем выше интенсивность потребления кислорода молодью на единицу живой массы, при этом климатические условия, вид рыбы не имеют значения, что объясняется анаболическим эффектом примененных андрогенов.

Андрогены оказывали влияние на уровень содержание гемоглобина в крови, которое было, в среднем, на 20% выше у экспериментальных лососей, чем у контрольных (Метальникова, Голубев, 2000).

Таблица 1. Схема экспериментов и результаты влияния андрогенов на гонады форели и бестера

Oncorhynchus mykiss (Walbaum), место работы, год*****	Дозы МТ, мг/кг корма	ДозыТП, мг/кг корма	Выход рыбы с реверсией гонад, %
Оз. Селигер, 1980	не проводили	1	88,2
	не проводили	6	83,3
	не проводили	16	100,0
Донецкая область, 1981 (Huso huso x Acipenser ruthenus (F2))	не проводили	1(в масле)	+*
		16(в масле)	–*
		32(в масле)	+
Краснодарский край, 1985 г.	3	3	81,8 / 66,8**
	6	6	77,8 / 77,8***
Калининградская обл., 1990	3 (после гиногенеза и купания икры в р-ре МТ)	нет****	100,0
	6	нет	92,8
	не проводили	6	83,3
Калининградская обл.,1996	5	Не проводили	75,0
Заполярье,1991	3 (после купания в р-ре в 437,1 мкг МТ/л Н2 О)	Не проводили	83,0
	6	Не проводили	85,7

Примечание: * — + есть признаки реверсии, – не обнаружено признаков реверсии; ** — в числителе выход самок с реверсией при обработке молоди метилтестостероном, в знаменателе при обработке молоди стальноголового лосося тестостерон-пропионатом; *** — то же, что и в предыдущем столбце; **** — нет, то есть не проводили; ***** — длительность обработки комбикормом с гормонами не менее 800 градусо-дней, начало обработки рыбы гормонами рассчитывали индивидуально по каждому виду рыб, в зависимости от температуры воды, в контроле соотношение полов было 1:1.

Во всех экспериментах вне зависимости от вида рыбы и используемого гормона в гонадах наблюдали общие процессы:

1этап. Ускорение оогенеза в соответствии с генотипом самок. Чаще всего на 3 ступени, в фазе протоплазматического роста ооцитов, их резорбцию разными способами (автолиз кариоплазмы, фагоцитоз ооцитов, лизис цитоплазмы ооцитов, нарушения в делениях половых клеток: амитозы, в некоторых случаях «преждевременный» мейоз). Что хорошо видно в переходной области между яичником и семенником у полученных нами реверсантов у лососевых рыб (Метальникова, 1988, 1992 1995; Метальникова, Голубев, 2000), осетровых (Метальникова, 2008).

2 этап. Одновременно с дегенеративными изменениями в яичниках наблюдаются митотические деления гоний между ооцитами и внутри резорбирующихся ооцитов, их мейотическая сексуализация;

3 этап. Происходит замещение овариальной ткани гонад тестикулярной тканью с формированием семенных ампул и сформировавшимся сперматогенным синцитием. На стадии формирования семенных ампул с последующим преобразованием гамет в сперматоциты разных порядков, сперматиды и сперматозоиды, становятся хорошо заметны круглые клетки, аналогичные клеткам Лейдига у млекопитающих.

Развитие тестикулярной ткани происходит асинхронно, всегда — в кранио-каудальном направлении. Причем эти асинхронные деления гамет наблюдаются в разных лобулах, в межлобулярных пространствах остаются от овариальной ткани множество кровеносных сосудов, за счет этого, впоследствии, сперматозоиды у реверсантов обладают повышенной двигательной активностью и продолжительностью поступательного движения, что увеличивает оплодотворяемость икры спермой реверсантов, но порции, при сцеживании её у реверсантов, небольшие.

В России от реверсантов стальноголового лосося и от реверсантов форели получали потомства, с преобладанием самок от 60 до 100% от различных реверсантов, начиная с 1987 года (Метальникова, 1987, 1989; Метальникова, Бурцев и др., 1989), рисунки 1, 2.

При этом от количества самок в потомстве реверсантов зависел средний прирост рыбы и общая рыбопродуктивность, рисунок 3. Количество самок в потомстве отдельных реверсантов зависело, скорее всего, от наследственности производителей (Метальникова 1992, 2002), рисунки 1 и 4 (более продвинутые в эволюционном плане особи в генетическом (хромосомном) определении пола и отстающие в этом).

Форель из контроля имела соотношение полов как: 46% самок к 54% самцов. Выживание у потомства реверсантов в этом возрасте не отличалось между вариантами и составило в среднем 87,5%.

В нерестово-вырастном хозяйстве (нвх) "Ишхан" в Черновицкой области Украины в 2010 году провели экспериментальную обработку икры форели на стадии формирования глаз у эмбрионов погружением развивающейся икры в раствор метилтестостерона (МТ) на 2 часа и последующей инкубацией в обычных условиях нвх., рис.5а, б.

Целью работы было: доказать, что регуляция вторичных половых признаков и дальнейшее определение пола у форели происходит нейрогуморальным путем, а не только путём прямого воздействия гормонов извне на гонады.

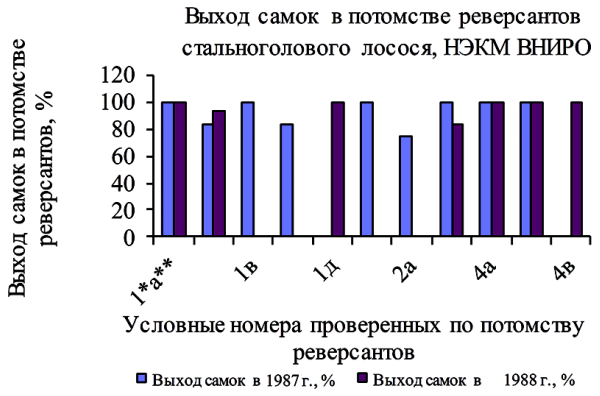


Рис. 1. Выход самок в потомстве у реверсантов стальноголового лосося в субтропическом климате Краснодарского края, 1987,1988 гг., где по оси абсцисс условные номера проверенных в течение двух лет реверсантов

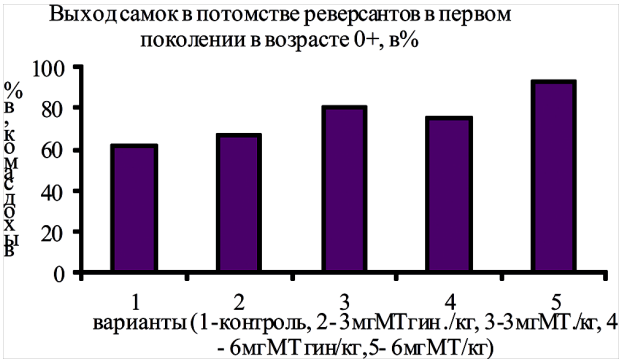


Рис. 2. Выход самок в потомстве реверсантов в первом поколении в возрасте 0+ на НВХ «Прибрежное» Калининградской области

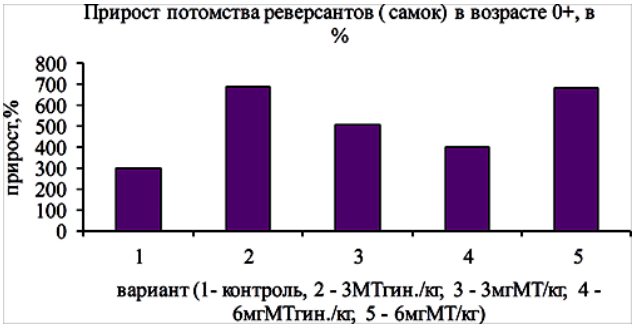


Рис. 3. Прирост потомства реверсантов (самок) в возрасте 0+ на НВХ «Прибрежное» Калининградской области

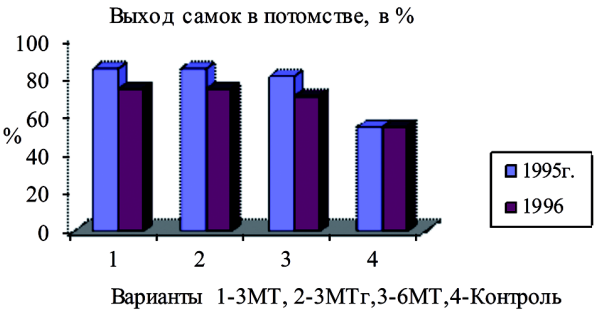


Рис. 4. Выход самок в потомстве в НВХ «Прибрежное» Калининградской области по годам от реверсантов балтийской форели

В момент погружения развивающейся икры форели в раствор МТ у эмбрионов форели не происходила даже закладка гонад, рис. 6 а, б (Метальникова, 2012 в печати). При дальнейшем выращивании форели в возрасте шести месяцев выращивания в обычных условиях при 10 °С и нормальном кормлении форели кормами фирмы «Aller Aqua», выявили процессы в гонадах, свойственные формирующимся реверсантам, рис. 7 а, б (реверсант) и 8 а, б (генетический самец, обработанный МТ), в то время как в производственном и контрольном вариантах наблюдали нормальное развитие гонад, рис. 9 а, б.

В качестве контроля использовали производственную форель, которая никаким воздействиям не подвергалась, так как в контроле (который выдерживали в растворе спирта, той же концентрации, как в опыте, но без МТ) соотношение полов, к шестимесячному возрасту молоди форели, было 1:1. Получи-

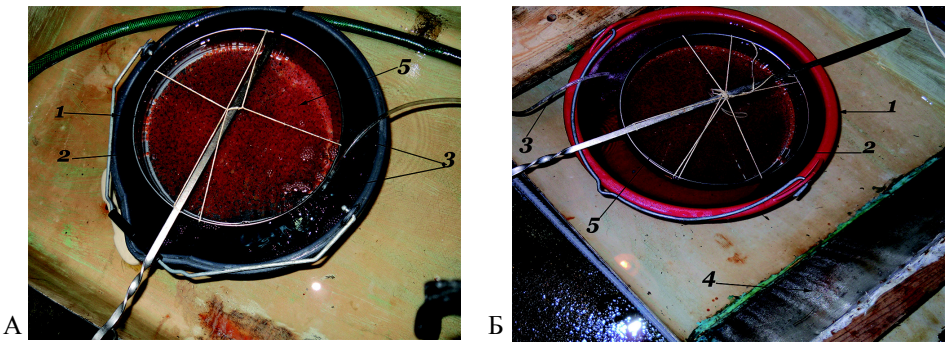


Рис. 5. Эксперимент по обработке икры форели раствором метилтестостерона (МТ), «Ишхан» в 2010г., Украина. А) контрольный вариант, добавлен раствор спирта той же концентрации, что и в опыт. Б) опытный вариант, добавлен раствор спирта с метилтестостероном (МТ). 1— ведро, 2 — сито, на котором 2 часа инкубировали икру форели, погруженное в раствор А) спирта, Б) спирта с метилтестостероном, 3 — аэрация воздухом через аквариумный компрессор, 4 — водоподача, омывающая вёдра для поддержания постоянной температуры воды, 5 — икра форели, разделенная на порции от одних и тех же производителей. «Ишхан», декабрь 2010 г.

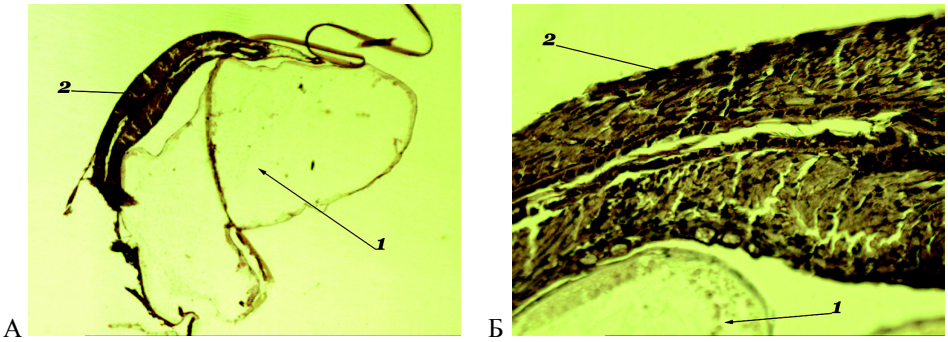


Рис. 6. Сагиттальный срез эмбрионов форели перед обработкой раствором метилтестостерона (МТ) в 2010 г. нерестово-вырастное хозяйство «Ишхан», Украина, 2010 г.: 1— икринка, 2 — эмбрион форели, видна нервная трубка, зачаток мозга, начало формирования глаз, сомиты. Увеличение окуляра: 10х А) об`10х, Б) об.`40х

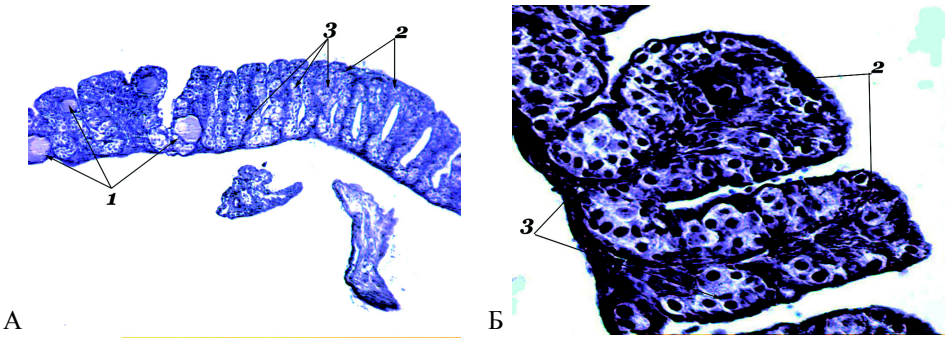


Рис. 7. Сагиттальный срез гонады реверсанта форели в возрасте 6 мес. «Ишхан», 2011год, увеличение окуляра: 10х А) об.`10х Б) об`40х; 1 — резорбирующиеся ооциты в фазе протоплазматического роста превителлогенеза; 2 — сформировавшиеся яйценосные пластинки; 3 — сперматогонии типа Б, формирующие семенные ампулы

ли, в этом возрасте соотношение полов, в экспериментальном варианте: самок 7,4%, самцов 51,9% и 18,5% интерсексов, 22,2% стерильных форелей, в производственном варианте — 62,5% самок и 37,5% самцов. При воздействии искусственными андрогенами на организм форели мы влияли на её гипоталамо-гипофизарную систему, изменяя динамику функционирования её и вызывая процессы реверсии в организме рыб на фенотипическом уровне, не затрагивая генотип. Таким образом, при определённых условиях, используя метилтестостерон в водно-спиртовом растворе можно получать интерсексов и, возможно, реверсантов для дальнейшего их использования с целью получения от них преимущественно самок в потомстве.

Обсуждение

Маскулинизирующий эффект воздействия аналогов тестостерона на самок лососевых рыб это, скорее всего, генотипическая норма реакции организма самки на стрессовое воздействие андрогенами из окружающей среды. Насколько известно, существует множество видов рыб, которые на протяжении жизненного цикла неоднократно меняют свои вторичные половые признаки: солнечная рыба, горбуша, гуппи, меченосцы и другие. Чаще всего провокатором подобных изменений становятся неблагоприятные условия внешней среды для видового воспроизводства. Возможно, подобный механизм заложен практически у всех существующих видов рыб, но проявляется лишь при определенных условиях внешней среды. Косвенным подтверждением этого предположения служит существование подобных методик по реверсии пола более чем для 120 видов рыб, и этот список постоянно пополняется и расширяется.

Отбор реверсантов, как делалось в нашей работе, а не интерсексов, как принято в мировой практике, позволяет не использовать и не учитывать рыб с аномальным развитием гонад (интерсексов*). В настоящее время в России используется общепринятая практика отбора именно интерсексов (Инрыбпром 2000 (рекомендации р/х «Ропша»), 2000), что, скорее всего, действительно обедняет геном стада за одно поколение, а реверсанты**, вполне сформировавшиеся особи с нормальными гонадами, с повышенной оплодотворяющей способностью спермы (Метальникова, 1992, 2000; Метальникова, Привезенцев, 2010), практически не используются. Формирование вторичных половых признаков у форели происходит при изменении функционирования гипоталамо-гипофизарной, возможно, и всей нейроэндокринной системы организма рыбы при внешнем воздействии на этот организм аналогами тестостерона. Возможно получение реверсантов при использовании однократного погружения в раствор метилтестостерона эмбрионов лососевых рыб в уязвимый период развития эмбрионов, когда нейроэндокринная система эмбрионов уже функционирует и активно происходит органогенез (Метальникова, Сахаровская, 2010).

---

* интерсексы — особи в процессе переопределения внешних половых признаков, имеющие в составе одной и той же гонады тестикулярную и овариальную части гонады, возможно, будущие — реверсанты**.

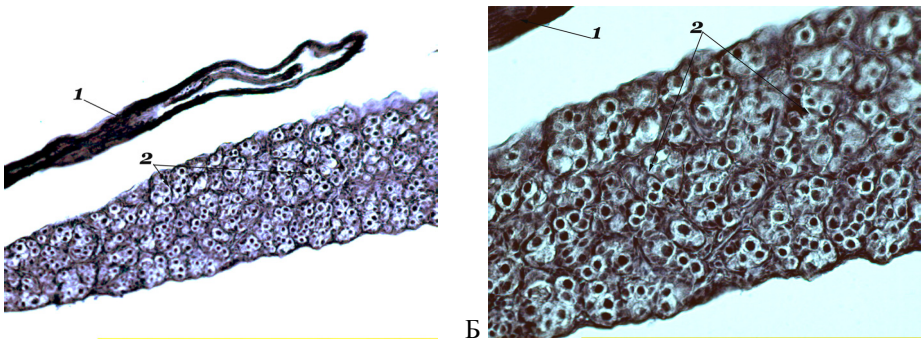
Реверсанты — **Reversion — возвращение к прежнему состоянию, атавизм.

У самок, будущих реверсантов, развитие гонад происходит через специализацию половых клеток в направлении развития семенников после и параллельно с дегенерацией яичников и, как следствие этого, **ретардация** (от лат. *retardatio* — замедление); (**ретардация** (*мед.*) — более поздняя закладка органа и замедленное его развитие. У реверсантов лососевых рыб это происходит в результате воздействия на них аналогами андрогенов. Зависит от начала функционирования органа и, следовательно, от условий среды, в которых проходит индивидуальное развитие организма — его онтогенез) **гонад**, которая завершается формированием **реверсантов** при скрещивании их с самками не обработанными ранее гормонами, производящих в потомстве преимущественное количество **самок**, у которых процессы реверсии пола **не повторяются**. То есть процесс передифференцировки гонад под влиянием андрогенов или их аналогов носит общий характер для рыб ряда семейств: через самочью гонаду - путём её дегенерации и превращением в самцовую (протогинический путь развития гонад). Как это свойственно, например, горбуше в естественных условиях, но, в отличие от горбуши, реверсанты созревали, как функциональные самцы, продуцировали в потомстве самок при скрещивании их с нормальными, не обработанными гормонами или их аналогами самками, и сами, при этом, не погибали после нереста. Самки созревали, как самки. Под влиянием стероидных андрогенов у рыб происходит ретардация в развитии гонад не только на гистологическом уровне, но и на эволюционном. Скармливая лососевым рыбам стероидные андрогены, вызывали ускоренное развитие генетически обусловленных гонад, переход в них клеток от митотических делений к мейотическому делению созревания половых клеток на более ранних этапах развития и минуя стадию роста свойственную половым клеткам самок.

Реверсанты рыб, полученные с использованием андрогенов - генотипические самки с функциями обычных самцов у рыб, у которых происходит под влиянием внешних факторов атавистическое определение вторичных половых признаков с модифицирующим эффектом в виде продуцирования потомства преимущественно из самок, сохраняющих свой пол до половозрелости в соответствии с генотипом).

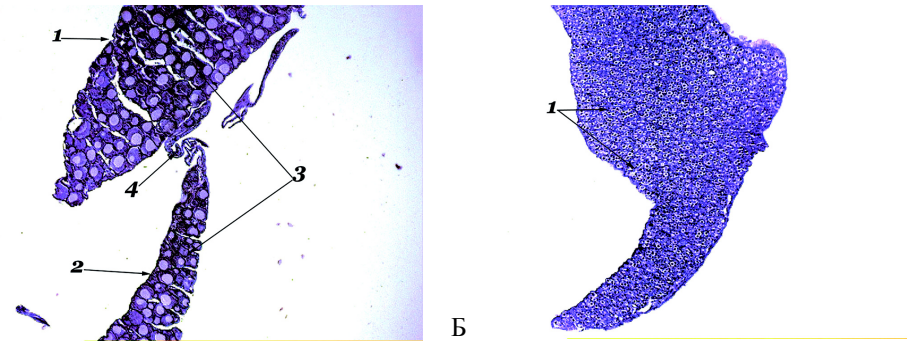
По схемам, разработанным совместно с В.И. Ананьевым и М.С. Манохиной (1999) и В.И. Ананьевым (2004) можно было бы восстанавливать деградирующие популяции, по схемам 1 и 2, например:

Ожидаемый результат при осуществлении этих разработок: методы сохранения биоразнообразия исчезающих популяций различных видов рыб.



А Б

Рис. 8. Сагиттальный срез гонады самца форели, обработанного МТ, в возрасте 6мес., «Ишхан», 2011год, увеличение окуляра: 10х А) об.`20х Б) об`40х; 1 — мезорхий; 2 — сперматогонии типа Б, формирующие семенные ампулы



А Б

Рис. 9. Сагиттальные срезы гонад форели в возрасте 6мес. из производственного варианта. «Ишхан», 2011г.: А) самка на 2-й стадии зрелости: 1 — правый яичник, 2 — левый яичник, 3 — яйценосные пластинки с ооцитами в фазе протоплазматического роста превителлогенеза, увеличение ок. 10х об.`5х. Б) самец на 2-й стадии зрелости: сперматогонии типа Б в семенных ампулах, увеличение окуляра 10х об.`10х.

«Различные способы восстановления деградировавших популяций рыб с использованием методов криоконсервации спермы реверсантов»

Схема 1

Криоконсервация спермы реверсантов

|

оплодотворение икры нескольких видов

|

диплоидные зиготы (до100% самок)

|

традиционные скрещивания 100% самок с нормальными самцами

|

восстановление популяции

Схема 2

Криоконсервация спермы реверсантов

|

оплодотворение икры утраченных видов с инактивированным ядром

|

диплоидные гибридные зиготы (до 100% самок)

|

поглотительное скрещивание путем оплодотворения икры гибридных самок спермой нормальных самцов восстанавливаемых видов

|

восстановление популяции

Заключение

В заключении, следует отметить, что использование рыб-реверсантов имеет широкие перспективы, например:

1. Можно сохранять геном самок в криобанках без дорогостоящей криоконсервации яйцеклеток и зародышей, используя криоконсервацию спермы реверсантов (функциональных фенотипических сам-

цов), имеющих геном самок. Кроме этого, использование такой спермы облегчит получение товарной форели с преобладанием самок.

2. Возможен выпуск сеголеток или подрощенных самок — потомков реверсантов, в естественные водоемы, т. к. при их получении вмешательства в геном не происходит.

3. При разработке методов сохранения биоразнообразия исчезающих популяций различных видов рыб, по предложенным схемам, станет реальным быстрое восстановление местных популяций разных видов рыб, за счет самок — потомков реверсантов.

Реверсантов можно использовать для восстановления деградировавших популяций других видов рыб с применением криконсервированной спермы реверсантов с использованием методов андрогенеза с учетом цитоплазматической материнской наследственности используемых самок для восстановления утраченных популяций.

Список литературы

Ананьев В.И., Метальникова К.В., Манохина М.С. 1999. Возможности применения методов реверсии пола и криоконсервации спермы для сохранения генетического разнообразия рыб // Рыб. хоз-во. Сер. аквакультура. Вып. 1. С. 30–34.

Дума В.В., Дума Л.Н. 1982. О направленном формировании пола у радужной форели // Матер. V-й Всес. конф. по экологии, физиологии и биохимии рыб. Том II. С. 22.

Максимович А.А. 1987. Нейросекреторная гипоталамо-гипофизарная система костистых рыб // Вопр. ихтиологии. Вып.2703. С. 390–403.

Мейнуоринг. 1979. Механизмы действия андрогенов. М.: Мир, 224с.

Метальникова К.В. 1987. Результаты воздействия тестостерон-пропионата на молодь радужной форели *Salmo gardnery* (G.) // Генетические исследования морских гидробионтов. М.: ВНИРО. С. 156–164.

Метальникова К.В. 1988. Гаметогенез у стальноголового лосося при воздействии метилтестостерона и тестостерон-пропионата // Матер. IV Всес. конф. по раннему онтогенезу рыб, 28–30 сентября, 1988 г. Ч. 11. С. 8–10.

Метальникова К.В. 1989. О влиянии тестостерон-пропионата на некоторые биологические показатели лососевых рода Salmo и гибрида бестера *Huso huso* × *Acipenser Ruthenus* // Современные проблемы рыбохозяйственных исследований. М.: ВНИРО. С. 89–99.

Метальникова К.В., Бурцев И.А., Слизченко А.Г. 1989. Методические рекомендации по получению однополого женского потомства у стальноголового лосося. М.: ВНИРО, 14 с.

Метальникова К.В. 1991. Регуляция пола у радужной форели // Рыб. хоз-во. № 2. С. 35–38.

Метальникова К.В. 1992. Влияние синтетических аналогов тестостерона на передифференцировку пола у стальноголового лосося (Oncorhynchus mykiss (Walb.): Автореф. дис. … канд. биол. наук. М.: ВНИРО, 16с.

Метальникова К.В. 1995. Влияние синтетических аналогов тестостерона на гаметогенез у *Oncorhynchus mykiss* (Walb.)// Рыб. хоз-во. № 2. С. 40–42.

Метальникова К.В., Голубев В.А. 2000. Получение потомства форели от реверсантов в нерестовырастном хозяйстве «Прибрежное» (Калининградская обл.) // Рыб. хоз-во. Сер. «Пресноводная аквакультура» ВНИЭРХ. Вып. 4. С. 19–24

*Метальникова К.В.*2002. Предварительные результаты исследования форели из 2-го поколения от самца, обработанного метилтестостероном.// Тр. ВНИРО: «Экологическая физиология и биохимия рыб в аспекте продуктивности водоёмов». Т. 141. С. 129–137

Метальникова К.В., Привезенцев Ю.А. 2010. «Способ получения многократно использованных реверсантов у рыб». Патент № 2402203.

Метальникова К.В. Сахаровская Л.В. 2011. Анализ гистогенеза у эмбрионов чавычи при инкубации с предварительным подогревом воды. // Тр. ВНИРО «Искусственное воспроизводство ценных гидробионтов, акклиматизация и аквакультура» (к 100-летию со дня рождения профессора А.Ф. Карпевич) под редакцией д. б. н. Микодиной Е.В., к. б. н. Пьяновой С.В. М.:ВНИРО. Т. 148. С. 105–119.

Метальникова К.В. 2012 (в печати). Методы использования аналогов тестостерона для сохранения редких видов рыб (предварительные результаты от купания эмбрионов форели в растворе метил-

тестостерона) // Матер. междунар. конф. «Экологическая безопасность приморских регионов (порты, берегозащита, рекреация), марикультура» и школы молодых ученых «Экология приморских регионов», (июнь 2012, Ростов-на-Дону). Ростов-на-Дону, 5 с.м. п.

Персов Г.М. 1969. Дифференцировка пола и становление индивидуальной плодовитости у рыб. / Автореф дис…. докт. биол. наук. Л.: ЛГУ, 50 с.

Хапчаева У.В., Бурлаков А.Б. 1982. Изучение половой специфичности гипофизарных гонадотропинов русского осетра *Acipenser gueldenstaedti* Brandt (Acipenseridae). 1. Биологическое действие гонадотропинов, обуславливающих малой электрофоретической подвижностью, на созревание и овуляцию ооцитов вьюна *Misgurnus fossilis* (Cobitidae) // Вопр. ихтиологии. 22:40, с. 656–665.

*Шентякова К.В.*1986 Влияние стероидных гормонов на баланс энергии у молоди стальноголового лосося.// Тез. докл. на совещ.15–17 апреля 1986г. в г. Суздаль, М.:ВНИРО, с.73

D`Ancona. 1957. Morphogenese et differenciation sexuelle chez les poisons teleosteuns// Bull. Soc. Sci. France. 81n4, pp. 219–229

Benefy T.J. 1996. Use of all-female and triploid salmonids for aquaculture in Canada// Bull. Aquaculture Assoc. Can. № 2, p.6–8

Benefy T.J. 1999. The physiology and behavior of triploid fishes // Rev. Fish. Sci. V. 7, p. 39–67

Benefy T.J. 2001. Use of sterile triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) for aquaculture in New Brunswick// ICES J. Mar.Sci.–58:525–529

*R. Bhandari, M. Nakamura.*2004. Sex reversal of adult gonochoristic fish. // in tez.5th International Symposium on fish Endocrinology 5–9 September, 2004, Castellon, Spain. Internet site: www.5isfe.uji.es

R. Bhandari, M. Higa, Y. Nagahama, M. Nakamura. 2004. Role of estrogen in sex change of Honeycomb Grouper (*Epinephelus merra*).// in tez.5th International Symposium on fish Endocrinology 5–9 September, 2004, Castellon, Spain. Internet site: www.5isfe.uji.es

Borg B., Paulson G., Reschke M., Peute J. 1985. Stimulation of gonadotropic cells by methyltestosterone in the three-spinal stickleback, Gasterosteus acullatus L. // Anat. Anz., 158, 2, pp.525–526.

Chourrout D., Chevassus B., Devaux A., Jalabert B. 1988. Production of YY rainbow trout males by self-fertilization of induced hermaphrodites // J.Hered.V.79, p.89–92.

*Choy L., Hew Shao.*1996. Determination of genomic sex in salmonids. Patent USA N5480774. P. 35–50.

Colombo L.R., Colombo B., and L. Arearese. 1979. Gonadal steroidogenesis and gametogenesis in teleost fishes. A study on the sea bass, Dicentrarchus labrax L. // Bull. Zool.-45(11), p.89–101

Devlin, R. H., B. K. McNeil, T. D. D. Groves, and E. M. Donaldson. 1991. Isolation of a Y-chromosomal DNA probe capable of determining genetic sex in Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). // Cand.J. Fish. Aquat. Sci.-48, p. 1606–1612.

Hurk Van Den R., Lambert J.G., Peute J. 1982. Steroidogenesis in the gonads of rainbow trout fry (Salmo gairdneri) before and after the onset of gonadal sex differentiation //Reprod. Nutr. Develop. 22 № 23, p. 413–425

Johnstone R., Simpson T.H., Youngson A.F., Whitchead C. 1979. Sex reversal in salmonids culture. Part II. The progeny of sex reversal rainbow trout. //Aquaculture. 18 № 1, p.13–19.

*Johnstone R., Simpson T.H. and Youngson A.F.*1979. Sex reversal in salmonid culture.// Aquaculture 13, p. 115–134

Nagahama J., Kagawa H., G. Young. 1982. Cellular sources of sex steroids in teleost gonads.// Cand.J. of Fish. and Aquatic. Sci. 39 № 1, p. 456–464

Metalnikova K.V. 2002. (Moscow, Russia) Research on second generation male trout processed by methyltestosterone. // in tes: Symposium 10: Gonads and reproduction (supported by Schering AG, Berlin) // in tes. 21th Conference of European Comparative Endocrinologists (ESCE) 26–31 August 2002 — Bornn, p. 111.

Metalnikova K.V., Ananiev V.I. 2004. Sex Hormonal — Genetic Regulation Method in Fishes and Cryopreservation of Sperm in Reversants. // in: 5th International Symposium on Fish Endocrinology from September 5 to September 9, 2004 at the University Jaume I (UJI) of Castellan, Spain. — www.5isfe.uji.es , 1 p.

Metalnikova K.V. 2008. Methods for obtaining sex reversants in Oncorhynchus mykiss (Walbaum) and Huso huso x Acipenser ruthenus (Hybrid F^2) and histogenesis in salmon reversants in response to androgens // ISBN 978-83-60111-25-3.«Actual status and active protection of sturgeon fish populations endangered by extinction», Olsztyn, p.113–126

Okada H. Matumoto H., Yamazaki F. 1979. Functional masculinization of genetic females in rainbow trout.// Nippon. Suisan gakkaishi Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. № 4–5, p. 413–419.

Padoa E. 1939. Observation ulteriuses sulla differenciation du sexe norm le et modifice par l`administration d`hormone folliculaire, chez la truite iridee (*Salmo irideus*) // Biomorphosis. 1, p. 337–354

Thorgaard G.H. 1983. Chromosome set manipulation and sex control in fish. / In Hoar W.S., Randall D.J., Donaldson E.M., eds. Fish Physiology. V.IX. Reproduction. Part B. Behavior and fertility control. Academic Press, New York, New York, USA, p.405–434

Yamamoto T. 1969. Sex differentiation. / Hoar, W.S. and Randall D.J. (eds.) Fish physiology-New York, 3, p. 117–175.

УДК 639.3.034

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГАМЕТОГЕНЕЗА У ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ ЧАВЫЧИ ПЕРЕД ВЫПУСКОМ В ЕСТЕСТВЕННЫЙ ВОДОЕМ ЗА ДВА РАЗНЫХ ГОДА

Метальникова К.В.

ФГУП «ВНИРО», г. Москва
Контактный e-mail: ksenia@vniro.ru

Введение

Семенники у радужной форели незамкнутого, лобулярного типа (Billard, 1991). Такие же семенники и у чавычи. По зарубежным литературным источникам созревание у самцов можно разделить на 9 стадий, 7 из которых приходится непосредственно на сперматогенез, таблица 1 (Billard, 1991).

В отечественной литературе в работе Мурза И.А. и Христофорова О.Г. (Мурза, Христофоров, 1991) периодизация сперматогенеза подразделяется на три периода: размножения сперматогоний, мейотических преобразований и спермиогенеза.

У самок в яичниках формирование гонад складывается из двух основных процессов: формирования соматической части гонады (стромы) и половых клеток. Первичные половые клетки (ППК) обнаруживаются у разных видов лососевых рыб в строго определенные сроки, что в большой степени обуславливается не только видоспецифичностью данного процесса (Персов, 1975), таблица 2, но также и температурными факторами («количеством полученного тепла») (Мурза, Христофоров, 1991). При подготовке ППК к митотическим делениям из клеток с полиморфным ядром образуется клетка с пузырчатым ядром округлой формы, с четкими границами, с одним центрально расположенным ядрышком (Персов,1966). ППК располагаются в строго определенном месте, у тихоокеанских лососей между 9 и 32 сомитами. Сроки появления ооцитов синаптической стадии у разных лососей разные и не зависят от температуры воды, в которой их содержат, таблица 2, (Персов, 1966).

В фазе протоплазматического роста ооцитов периода превителлогенеза развитие ооцитов претерпевает ряд морфологических преобразований, которые изложены в работах Г.М. Персова (Персов, 1966, 1975) и Мурза И.А., Христофоров О.Г. (Мурза, Христофоров, 1991). Из всех промысловых тихоокеанских лососей в этот период развития ооцитов наименее изученной остается чавыча *Oncorhynchus tshawytscha*.

Материал и методика

Материалом для исследования послужила молодь чавычи, зафиксированная в 10% нейтральном формалине или растворе Буэна. Исследовали молодь чавычи, выпускаемую с Малкинского Лососевого Рыбоводного Завода (МЛРЗ) в разные годы, имеющие свои особенности, таблица 3. В 2002 году по ряду технических причин местного характера, икру чавычи инкубировали до наступления стадии пигментации глаз у эмбрионов на Лососевом Рыбоводном Заводе «Озерки» (ЛРЗО) при естественной температуре воды из р. Плотникова — 4–5 °С. Далее развивающихся эмбрионов перевезли на МЛРЗ, где окончание их инкубации, подращивание личинок и молоди осуществляли с водоподогревом, при средней температуре воды около ~80 °С в 2003 году. В 2003 году лето на Камчатке было аномально теплым (температура воздуха прогревалась до 41 °С), и нерест производителей чавычи происходил в воде не при 4–6 °С, как обычно, а при температуре воды в 10–12 °С. Инкубацию икры и подращивание молоди осуществляли на МЛРЗ с водоподогревом при температуре воды около ~80 °С.

Гистологические исследования гонад проводили по стандартным методикам (Роскин, Левинсон, 1957; Паушева, 1988). Проводку проб осуществляли через автомат для гистологической обработки тканей карусельного типа (Модель STP-120); заливку в парафин — через заливочную станцию EC 350; продольные срезы толщиной 5–7 мкм делали на санном микротоме «MICROM HM 440E». Полученные срезы окрашивали гематоксилином по Джилла 1 или 2 («Biovitrum») с докраской эозином. Фотографии готовых гистологических препаратов сделаны с помощью микроскопа с компьютерной системой, с автоматической видеокамерой Leica DC при увеличении окуляра 10× и объективов ×10, 20, 40. Для изготовления цифровых микрофотографий гистологических препаратов использовали программу «DC Viewer», соединенную с программой редактирования изображений Photoshop 9.0.

Результаты и обсуждение

На рисунках 1 и 2 представлены срезы гонад самок молоди чавычи перед выпуском в естественный водоем. Наблюдали изменения в ооцитах. В 2002г. на стадии пигментации глаз эмбрионов, икру перевезли на МЛРЗ, где произошло вылупление личинок из икры и их дальнейшее выращивание с подогревом воды

Таблица 1. Определение стадий сперматогенеза у форели и прочих лососевых (Billard, 1991)

Стадии	Определения	Сперматогонии		Сперма-тоциты	Сперма-тиды	Сперматозоиды в лобулах (ампулах)	Сперматозоиды в спермиальных протоках	Спермация
		A	B					
1_0	Препуберантный	+	0	0	0	0	0	0
1_1	При созревании, у взрослых	+	0	0	0	(+) ост.	(+) ост.	0
II	Инициация сперматогенеза	++	+	0	0	0	0	0
III	Интенсивное развитие герминативного эпителия	+	++	+	(+)	0	0	0
IY	Развитие сперматоцитов	+	++	++	+	(+)	0	0
Y	Активация сперматогенеза	+	+	++	++	+	0	0
YI	Ампулы, заполненные сперматозоидами	+	+	+	++	++	(+)	0
YII	Начало активной спермации	+	0	+	+	++	++	++
YIII	Окончание сперматогенеза, активная спермация	+	0	0	0	++	++	++
IX	Окончание спермации, элиминация сперматозоидов	+	0	0	0	+	+	0

Примечание: ост. — остаточные от предыдущего цикла

Таблица 2. Сроки дифференциации половых клеток у лососей (Персов,1966)

Вид	Индифферентный период, градусо-дни	Первые ооциты синаптической стадии, градусо-дни	Общее количество градусо-дней за время инкубации	%%
Горбуша южносахалинская	380	415	598	6,31
Горбуша кольская	596	–	707	–
Кета южносахалинская	651	711	390	>163,5
Кета приамурская	640	–	–	–
Нерка	670	920	560	~164,0
Сима	732	889	530	166,7
Кижуч	460	834	320	~259,0
Атлантический лосось	747	1076	360	290

на водоподаче при температуре воды ~80С, (1) — стромальная оболочка яичника, (2) — крупные ядрышки, расположенные в ядре ооцита эксцентрично, при этом наблюдаются в ядре и мелкие ядрышки. На рисунке 1 цифрой (3) и на рисунке 2 цифрой (4) обозначено «периферическое кольцо» ооцитов, что характерно для 3 ступени фазы протоплазматического роста ооцитов. На срезах гонады чавычи наблюдается смешение разных фаз развития половых клеток, от ППК с одним крупным эксцентрично расположенным ядрышком в ядре, ооциты с образованием «периферического кольца», что характерно для 3 ступени фазы протоплазматического роста ооцитов, рисунок 1 (2). Скорее всего, целый ряд факторов отразился в подобном формировании половых клеток: перенос инкубации икры из одних условий в другие в 2002 году.

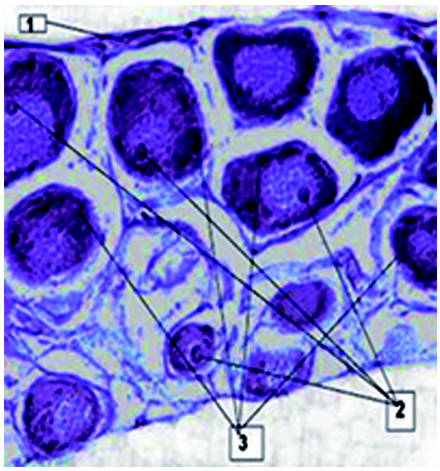
На рисунке 3а сагиттальный срез печени чавычи перед выпуском в естественный водоём: (1) — жировые клетки, (2) — печёночная артерия, (3) — печёночные балки из печёночных клеток в активном состоянии. На рисунке 3б сагиттальный срез печени чавычи с цистой паразита — (4) в печёночной паренхиме. В гонадах, как в наиболее ярком индикаторе физиологического состояния рыбы, отразились все негативные воздействия на молодь, выпущенную в естественный водоем в эти годы.

В исследуемые годы кормление молоди на ЛРЗ осуществляли неподходящим для её полноценного развития комбикормом, содержащим до 300 мг/кг корма витамина Е (информация получена с поставляемым комбикормом фирмы «Aller Aqua» на рыбозаводы Камчатки). Как известно, избыток витамина Е (токоферол) оказывает влияние на липидный обмен (Ломако, 1996) и усиление энергетического обмена у рыбы, что существенно меняет интенсивность гаметогенеза у молоди лососевых рыб, вызывает ожирение её печени, рисунок 3а, ослабление молоди из-за этого ожирения и, как вторичный фактор негативного развития, у рыбы происходит заражение её паразитами, рисунок 3б.

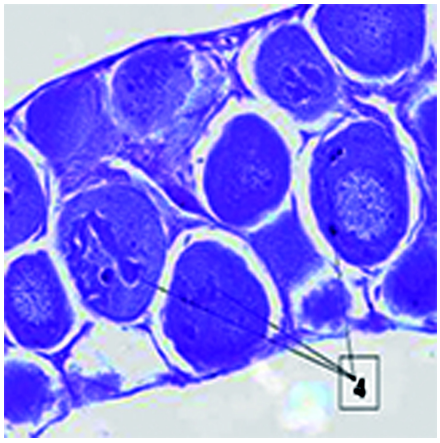
На рисунке 4 сагиттальный срез гонады самца молоди чавычи перед выпуском в естественный водоем. Половые клетки представлены сперматогониями типа A_c и $A_{т.}$ — (2). Наблюдаются неравномерные деления половых клеток. (1) — Тестикулярная оболочка семенника. Множество пустот в толще семенника, рисунок 4. У самца чавычи картина на срезе аналогична той, что наблюдалась у самок из этой генерации, рисунки 1 и 2, то есть неравномерное развитие половых клеток, не синхронное. Хотя

Таблица 3. Схема исследования гонад у молоди чавычи перед выпуском в естественный водоем, Камчатка по годам

Годы	Температура воды при нересте производителей, ℃	Температура воды при инкубации икры и подращивании молоди, ℃	Исследовано гонад у молоди чавычи, экз.	Особенности года
2002	5–7	4,5–5,0	–	Изменения режима инкубации икры с 4–5 на 7–8 °С
2003	10–12	~8	80	Нерест производителей при высокой температуре воды
2004	5–7	~8	123	Норма



1



2

Рис. 1, 2. Сагиттальные срезы гонад самок молоди чавычи перед выпуском в естественный водоём, МЛРЗ, 2003 г., Камчатка. После кормления. Фиксатор: раствор Буэна. Увеличение 1, 2) 400×

категорически утверждать, что это нарушение гаметогенеза преждевременно: с образованием сперматогоний типа Б, соединенных друг с другом протоплазматическими мостиками, обеспечивающими синхронность в делении сперматогоний типа Б в каждой семенной ампуле, можно говорить о фактическом нормальном развитии семенников.

На рисунке 5 срез гонады самки молоди чавычи перед выпуском в 2004 году. Наблюдается нормальное, синхронное развитие ооцитов в яйценосных пластинках — (1). Ооциты на 3 ступени фазы протоплазматического роста периода превителлогенеза. Никаких нарушений в гаметогенезе не наблюдается. Но в межовариальных пространствах практически у всех самок наблюдали пустоты, оставшиеся от растворившегося, при проводке через спирты и ксилол, жира. У всей молоди наблюдали ожирение гонад в той или иной степени.

Исследования гаметогенеза у молоди чавычи в 2003 и 2004 годах на МЛРЗ показали высокую степень ожирения гонад у молоди самок и самцов, что, скорее всего, связано с нарушениями в кормлении молоди, так как при исследовании других внутренних органов наблюдали в них серьезные дистрофические изменения из-за ожирения. При этом следует отметить, что органические нарушения в гаметогенезе молоди чавычи были замечены только у молоди, выпущенной в естественный водоем, в 2003 году. Что,

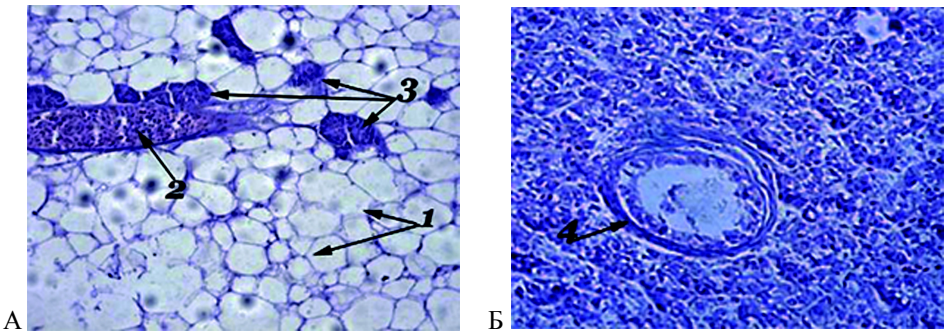


Рис. 3. Сагиттальные срезы печени чавыч,. МЛРЗ, 2003 г., Камчатка. После кормления. Фиксатор: раствор Буэна. Увеличение а, б) 200×

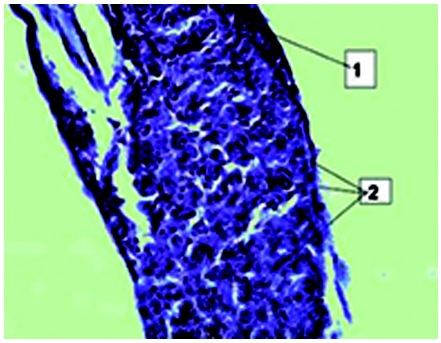


Рис. 4. Сагиттальный срез гонады самца молоди чавычи перед выпуском в естественный водоём, МЛРЗ, Камчатка, .2003 г. Фиксатор: жидкость Буэна. Увеличение 200×

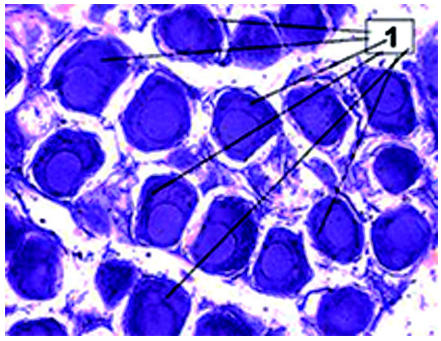


Рис. 5. Сагиттальный срез яичника молоди чавычи перед выпуском в естественный водоём. МЛРЗ, 2004 г. Фиксатор: раствор Буэна. Увеличение 200×

по-видимому, обусловлено комплексными воздействиями: нарушениями в процессе инкубации, из-за перевозки икры на поздних стадиях развития из ЛРЗ «Озерки» на Малкинский ЛРЗ в 2002 году, и перевод инкубации икры с режима инкубации без подогрева воды на режим инкубации с подогревом воды в 2003 году для молоди чавычи, выпущенной с МЛРЗ в 2003 году, а также кормлением молоди не подходящими по биохимическому составу кормами, вызывавшими ожирение и дистрофические изменения в печёночной ткани, рисунки 3а, б, которая является основным поставщиком в половые клетки вителлогенина, вырабатывающимся в печёночных клетках и поступающего с кровью в гонады путем пикноза.

В результате в 2003 г. в гонадах молоди чавычи наблюдали десинхронизацию развития ооцитов в фазе протоплазматического роста ооцитов периода превителлогенеза в одной и той же гонаде, и в одной и той же яйценосной пластинке. В 2004 году у самок молоди чавычи на МЛРЗ было нормальное, синхронное развитие ооцитов в яйценосных пластинках яичников, не смотря на нерест производителей, от которых их получили, в аномально жаркое лето 2003 года. По-видимому, повышение температуры воды, во время нереста производителей до 11–14 °С и при дальнейшей инкубации икры, а также при выращивании молоди при температуре воды 8–9 °С, оказало компенсаторный эффект, как при эмбриогенезе в воде с термоподогревом у чавычи (Метальникова, Сахаровская, 2010), не смотря на кормление молоди не подходящими кормами с повышенным содержанием токоферола в 2004 году.

Выводы

1. Необходимо подобрать корма, подходящие по своему составу для кормления молоди чавычи, выращиваемой в условиях Малкинского ЛРЗ с подогревом воды и предназначенные для кормления дальневосточных лососей с единственным нерестом в их жизни. Для этого необходимо воспользоваться мировым опытом, например Канады (Ereymond, Marlowe et. al., 2001), или опытом культивирования чавычи в Аляске, Японии (Groot, Margolis, 1991; WGAGFM, 1999).

2. Не следует допускать впредь перемены режима инкубации икры чавычи: с инкубации при температуре естественного водоема на инкубацию в условиях водоподогрева, что в дальнейшем, может оказать существенное воздействие на формирование гонад будущих производителей.

Благодарности

Глубокая благодарность сотрудникам лаборатории воспроизводства лососевых рыб ФГУП «ВНИРО», помогавшим собирать материал для гистологических исследований на МЛРЗ в 2004 году Манухову А.И. и Шульгиной Е.В.

Список литературы

Зеленников О.В. 2003 Сравнительный анализ состояния яичников у молоди тихоокеанских лососей в связи с проблемой становления моноциклии // Вопр. ихтиологии. Т. 43. № 4. С. 490–498.

Ломако Н.В. 1996. Повышение эффективности жирнокислотного питания радужной форели (*Salmo gairdneri* R.) путем введения липидных добавок и витамина Е в комбикорма. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Калининград: КГТУ, 16 с.

Метальникова К.В., Сахаровская Л.В. 2010. Анализ гистогенеза у эмбрионов чавычи *Oncorhynchus tschawytscha* при инкубации с предварительным подогревом воды // Сб. тр. ВНИРО «Искусственное воспроизводство ценных гидробионтов, акклиматизация и аквакультура». К 100-летию со дня рождения профессора ВНИРО А.Ф. Карпевич. М.: ВНИРО. Т. 148. С. 105–119.

Мурза И.Г., Христофоров О.Л. 1991. Определение степени зрелости гонад и прогнозирования возраста достижения половой зрелости у атлантического лосося и кумжи. Ленинград: ГосНИОРХ, ФНИИ им. Ухтомского ЛГУ, 102 с.

Паушева З.П. 1988 Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат, 270 с.

Персов Г.М. 1975. Дифференцировка пола у рыб. Л.: Изд-во ЛГУ, 148 с.

Персов Г.М. 1966. Воспроизводство и акклиматизация лососевых в Баренцевом и Белом морях.// М.: М. Л. С. 7–44.

Роскин Г. И., ЛевинсонЛ.Б. 1957. Микроскопическая техника. Изд. 3-е дополненное. М.: Советская наука, 489 с.

Billard R. 1992. Reproduction in rainbow trout: sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes. // The Rainbow Trout. The proceeding of the first aquaculture sponsored Symposium held at the Institute of Aquaculture. University of Stirling. Scotland 4–7 September 1990 (Ed. by G.A. Gall. USA) — Amsterdam–London–New York–Tokyo. P. 263–298.

Ereymond Bill, Marlowe Chris et. al. (Ed.Chris Marlowe). 2001. Dungeness River Chinook Salmon. Rebuilding Project. Progress Report 1993–1999. January, 96 p.

Life History of Pacific Salmon. Edited by C.Groot and L.Margolis. 1991. — UBCPress, Vancouver, 564 p.

Report of the "Working Group on the Application on Genetics in Fisheries and Mariculture, Reykjavik, Iceland 12–15 April, 1999. 1999. Site: WGAGFM Internet site: http://www.ices.dk/committe/marc/wgagfm.htm, 121 p.

УДК 639.55

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ ТРЕПАНГА В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Мокрецова Н.Д., Удалов А.Н.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: tinro@tinro.ru

Введение

Успех культивирования любого гидробионта в заводских условиях определяется многими факторами среды обитания: содержанием кислорода, соленостью, наличием тяжелых металлов и т.д. Вместе с тем, во многом определяющим фактором его выживаемости на всех стадиях развития является решение проблемы корма и разработки режимов кормления. В мировой практике культивирования гидробионтов используются корма, рецептура которых специально разрабатывается для всех стадий развития культивируемого вида. Так, например, в ходе личиночного развития трепанг последовательно проходит 6 стадий, каждая из которых отличается морфологической структурой пищеварительной системы и ферментативной активности (Мокрецова, 1977 г.). В результате возникает проблема подбора пищевых компонентов для каждого этапа личиночного развития. В равной степени это относится и к выращиванию молоди от момента ее формирования до жизнестойкой стадии. В связи с необходимостью решения данной проблемы в течение ряда лет в ТИНРО-Центр были проведены специальные эксперименты.

В процессе ранее проведенных экспериментов по подбору корма для личинок было определено значение ряда монокультур микрововодорослей в их питании (Мокрецова Н.Д., 1987 г.). При определении видового состава в качестве кормовых объектов для личинок использовались микроводоросли *Dunaliella salina*, *Gymnodinium lanskaya*, *Chaetoceros muelleri*, *Nitzschia closterium*, *Phaeodactylum tricornutum*. Количество потребленного и усвоенного корма оценивалось путем прямого просчета клеток и с использованием радиоуглеродного метода (Мокрецова, 1978; Мокрецова, Вышкварцев, 1977 г.). На основе этих экспериментов была построена стратегия оценки роли и влияния монокультур и смесей микроводорослей на развитие личинок в заводских условиях, т.е. при массовом их культивировании в заводских условиях. Что касается молоди, то проведенные работы по подбору рецептур кома и их результаты были получены в последние годы впервые.

Материал и методика

Работы по подбору видового состава водорослей для личинок разных стадий развития и рецептур корма для молоди осуществлялись на базе научно-производственного центра марикультуры (НПЦРМ «Заповедное»), расположенного в прибрежной зоне Приморья в б. Киевка. В качестве корма при массовом выращивании личинок использовались три вида водорослей: *D. salina*, *Ch. muelleri* и *Ph. tricornutum*. Личинок кормили в течение 15–20 суток с концентрацией водорослей 10 тыс. кл./мл.

Для молоди в ТИНРО-Центр разработано несколько рецептур корма, пищевая значимость которых оценивалась по результатам ее выращивания в экспериментальных условиях. В качестве критериев позитивной роли разработанных кормов для жизнеобеспечения молоди были ее рост и выжива-

емость. При этом контролем при оценке их эффективности служил корм, разработанный в Китае, которому принадлежит приоретет в решении проблемы корма для молоди трепанга, выращиваемой в заводских условиях.

Для определения реально необходимого количества корма для молоди в условиях выращивания промышленной партии предварительно были поставлены долговременные эксперименты, в процессе которых у животных разных размерных групп (с массой от 15 до 455 мг) определялись групповые суточные рационы и концентрация корма на единицу площади сосуда (Н.Д. Мокрецова и др. 2008 г.) С учетом их показателей количество заданного корма во всех вариантах экспериментов было из расчета 0,3 мг/см^2 площади сосуда. Как правило, в течение 24–48 часов до 70% корма потреблялась молодью, что являлось поводом для удаления его остатков и внесения новой порции. Количество животных в экспериментальном сосуде было из расчета 1экз./10см^2. Продолжительность экспериментов — 10 суток.

В работе приведены результаты испытания 4 рецептур корма, в которых доля содержания различных компонентов определялась эмпирически. В качестве белковой составляющей животного происхождения, кроме рыбной муки, были мягкие ткани культивируемого приморского гребешка, являющихся отходами переработки промышленных партий. Следует отметить, использование отходов гребешка было апробировано впервые и связано это было с целью повышения рентабельности его производства за счет использования безотходной технологии переработки. В целом доля рыбной муки была равной 5%, а мягких тканей приморского гребешка в разных вариантах рецептур на уровне 10 и 15% Белок растительного происхождения был представлен соевой мукой, доля которой была равной 5 %, морской водорослью *Sargassum thunbergii* — на уровне 40–50% и наземным растением представителем из аралиевых — 20–30%. Доля минеральной составляющей не превышала 5%.

Результаты и обсуждение

Известно, что переход личинок на экзогенное питание при температуре 20–23 °С происходит через 2 суток после оплодотворения икры. С этого момента в сосуды необходимо вносить корм (Мокрецова Н.Д. 1987 г.). Запаздывание с началом кормления более чем на сутки приводит к отставанию в развитии и гибели значительной части личинок. С учетом этого обстоятельства решался вопрос по определению видового состава и режима кормления в процессе их выращивания в заводских условиях. В результате проведенных работ было определено, что с момента начала потребления личинками корма их рацион должен состоять из микроводорослей имеющих оболочки, легко деструктируемые ферментами личинок. К таким водорослям относятся *D. salina*, *Platymonos viridis*, *Gymnodinium lanskaya*, которыми можно кормить либо в виде монокультуры, либо в виде смеси в соотношении 1:1. Начиная с третьего дня, рецептура корма для личинок должна усложняться и она становится многокомпонентной. Наиболее подходящие смеси для кормления личинок в этот период состоят из *D. salina*, *Ch. muelleri*, *N. closterium*, но в зависимости от стадии развития их соотношение должно меняться. С периода завершения стадии ранняя аурикулярия в состав корма должен вводиться *Ph. tricornutum*, поскольку усвоенное вещество данной водоросли в значительной мере покрывает траты на энергетический и пластический обмен (Мокрецова, Вышкварцев,1977). Разработанные рецептуры корма и режимы кормления обеспечивают высокую выживаемость личинок до стадии оседания молоди.

Испытание кормов для молоди трепанга показало, что в целом среднесуточный прирост ее массы был практически на одном уровне при потреблении кормов под номерами 1, 3 и 4 (табл. 1). Вместе с тем более быстрый рост отмечен при потреблении корма под номерами 3 и 4, в составе которых доля белка животного происхождения была в 1,5 раза меньше, чем в других вариантах корма. В целом полученные результаты вполне сопоставимы с показателем роста молоди, потребляющей корм китайского производства. Наименьший показатель прироста молоди был при потреблении корма под № 2. Выживаемость молоди была высокой, на уровне 100%.

Заключение

Таким образом, проведенные эксперименты позволили разработать рецептуры кормов для личинок и молоди трепанга. В настоящее время рецептуры корма для личинок имеют практическое применение при культивировании голотурии в заводских условиях.

Вполне понятно, что полученные результаты экспериментов по использованию рецептур кормов в качестве пищи для молоди трепанга предварительны. Некоторого уточнения требуют показатели соотношения компонентов корма. Вместе с тем, результаты показали, что при потреблении каждого варианта предложенного молоди корма имеет место довольно высокий прирост и обеспечивают высокий уровень выживаемости животных.

Использование отходов переработки гребешка по результатам экспериментов позволяет рекомендовать их как компонент рецептуры корма.

Список литературы

Мокрецова Н.Д. 1978 Биология размножения трепанга *Stichopus japonicus* Selenka как основа биотехники его разведения: автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 108–115.

Мокрецова Н.Д. 1987. Культивирование трепанга // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. М.: Агропромиздат. С. 116–135

Мокрецова Н.Д., Вышкварцев Д.И. 1977. Усвоение различных видов корма личинками трепанга *Stichopus japonicus* Selenka на стадии аурикулярии // Владивосток: «Известия» ТИНРО. Т. 101.

Мокрецова Н.Д. 1977. Стадии раннего онтогенеза *Stichopus japonicus* var. armatus Selenka (Aspidochirota, Stichopodidae) при культивировании в искусственных условиях // Зоол. журн. 1977. Т. 56. С. 79–85

Н.Д. Мокрецова, И.Ю. Сухин, А.Н. Удалов, Ю. А. Картукова. 2008 г. Трофические потребности молоди трепанга в контролируемых условиях // Тез. докл. 111 Междунар. науч.-практ. конф. «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки» (Владивосток, 2008 г). Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 251.

УДК 574.625

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА *APOSTICHOPUS JAPONICUS* В РАЙОНЕ РАССЕЛЕНИЯ ЕГО МОЛОДИ

Сухин И.Ю., Битюков М.В.

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток
Контактный e-mail: suhin@tinro.ru

Введение

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* является ценным гидробионтом. В настоящее время природные поселения этого вида в большинстве районов Приморья практически уничтожены браконьерским промыслом. К концу девяностых годов прошлого века одно из немногих поселений трепанга сохранилось в б. Киевка (чему способствовала относительная малодоступность этого участка). С 1999 г. в б. Киевка специалистами ТИНРО-Центра проводились водолазные гидробиологические съемки, в ходе которых изучалось состояние естественных поселений ценных гидробионтов, в том числе трепанга. Начиная с 2004 г. такие исследования проводятся дважды в год.

Высокая стоимость трепанга на внешнем рынке стимулировала начало работ по товарному выра-

Таблица 1. Результаты экспериментов по росту и выживаемости молоди трепанга в условиях питания различными кормами

варианты корма	общая масса, мг		масса одной особи, мг		прирост одной особи			выживаемость, %
	начальная	конечная	начальная	конечная	за10 сут, мг	раз	ср. сут., мг	
1	427,5	765	28,5	50,9	22,5	1,8	2,25	100
2	407,5	700	27,4	46,6	19,3	1,7	1,93	100
3	405	765	27	50,9	23,9	1,9	2,39	100
4	455	840	30,3	56	25,7	1,9	2,57	100
китайский корм	180	410	22,5	51,3	28,8	2,3	2,88	100
контроль								

щиванию этой голотурии на участках марикультуры. Посадочный материал для проведения таких работ собирается с коллекторов при культивировании других объектов (например, приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis*) либо получается путем проведения нереста производителей, выращивания личинок и молоди голотурий в контролируемых условиях.

Одним из первых предприятий по культивированию трепанга в нашем крае стал научно-производственный центр марикультуры (НПЦМ) «Заповедное», расположенный на побережье б. Киевка. Наличие естественного поселения трепанга, сыгравшего роль маточного стада, в непосредственной близости от созданного НПЦМ во многом способствовало успеху проводимых работ по культивированию этой голотурии.

Результаты и обсуждение

Первое расселение молоди трепанга, выращенной в НПЦМ «Заповедное», в естественную среду обитания проведено осенью 2003 г. в б. Киевка в районе о. Второй. Было расселено 448 тыс. экз. молоди. Участок для расселения был выбран с учетом того, что на нем исторически существовало естественное поселение трепанга, что свидетельствует о благоприятности его для обитания этого вида.

В настоящее время не существует эффективных методов, позволяющих осуществить мечение расселяемой молоди. В связи с этим определить выживаемость и скорость роста трепанга на донных участках возможно только по косвенным показателям — изменениям массовой структуры и численности его скоплений в местах расселения молоди. После 2003 г. масштабных расселений на этом участке не производилось, что упростило задачу по оценке влияния вселенной молоди на численность и массовую структуру существующего скопления.

Вселение крупной партии молоди трепанга оказало существенно влияние на численность и массовую структуру поселения трепанга в районе о. Второй. В первые годы жизни размеры и поведенческие особенности голотурий препятствуют обнаружению её водолазами. Поэтому влияние проведенных работ стало наиболее заметным, когда возраст трепанга достиг 3 лет. В 2006 г. численность 3-летних животных (поколение 2003 г.) на рассматриваемом участке оказалась на 52,8 тыс. экз. (в 3,6 раза) больше, чем в предыдущие годы (2003–2005 гг.) (рис. 1).

В последующие годы при сохранении биомассы скопления на стабильно высоком уровне (рис. 1) уровне произошло уменьшение численности трепанга на 27% за счет меньших массовых (возрастных) групп. Количество крупноразмерных особей с массой КММ 111 г и более сохранялась на стабильно высоком уровне.

Таким образом, вселение молоди трепанга оказало существенное влияние на состояние и способствовало увеличению численности поселения голотурий, стабилизировавшейся на более высоком уровне.

В ходе многолетнего проведения мониторинговых исследований водолазные съемки осуществлялись в разные периоды года на протяжении практически всего периода навигации маломерного флота

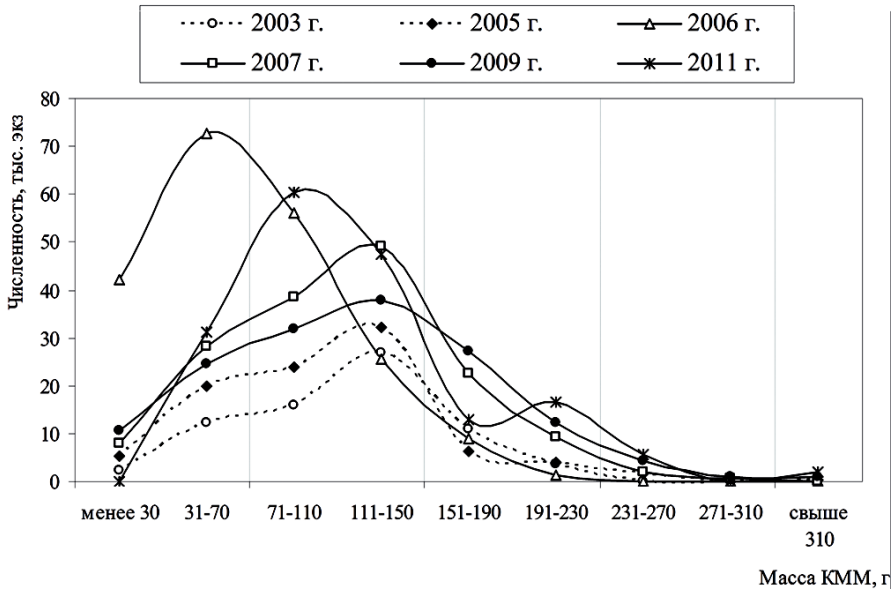


Рис. 1. Изменения численности разных массовых групп трепанга в районе расселения молоди

(с мая по ноябрь).

На основании собранных данных были отмечены, как межгодовые различия состояния поселения голотурий, так и сезонные особенности распределения этого вида. Причем в последние годы (2009–2012 гг.) после стабилизации численности поселения трепанга на донной плантации, на первый план вышли именно сезонные особенности распределения этого вида.

На рисунке 2 представлены величины плотности распределения, площади поселения и численности трепанга, полученные по данным съемок в разные периоды года в 2009–2012 гг. Очевидны существенные колебания полученных величин. Так как в межгодовом аспекте поселение трепанга в этот период являлось относительно стабильным, можно рассмотреть причины, приведшие к возникновению столь существенных различий (по численности — до 17 раз).

Как видно из рисунка 2, наиболее стабильным показателем является площадь поселения трепанга (её колебания не превышают 3 раз).

Схемы распределения голотурий на донном участке в разные периоды года приведены на рисунке 3.

Максимальная площадь, занимаемая поселением трепанга, ограничена площадью пригодных для этого вида грунтов (Гаврилова, Сухин, 2008). Для обитания трепанга пригодны районы, где имеют место подводная эрозия и слабая локальная аккумуляция тонкодисперсного осадочного материала, а также умеренная аккумуляция разнородного по размеру зерен и вещественному составу терригенного и биогенного материала (Мокрецова и др., 2010). Трепанг формирует поселения на твердых грунтах — валунном, каменистом, а также каменисто-песчано-гравийно-галечном. Молодь предпочитает закрытые от волнения участки дна с глубинами 3–6 м, в пределах которых имеются укрытия для неё. Условием для обитания трепанга на мягких грунтах (песчано-илистом и илисто-песчаном грунте) является наличие камней, поселений прикрепленных животных, например, мидии Грея, разреженных зарослей макрофитов, которые служат убежищем в периоды пониженной сезонной активности трепанга и климатических катаклизмов (шторма, тайфуны). Грунты за пределами границ рассматриваемого поселения трепанга в б. Киевка малопригодны для обитания этого вида именно в силу отсутствия убежищ.

Рассматривая сезонные изменения границ поселений следует учитывать, что минимальная фиксируемая в ходе съемок плотность распределения трепанга составляет 0,01 экз./м^2, т. е. в рассматриваемой точке трепанг встречается единично. Более низкие плотности распределения являются расчетными по результатам компьютерной аппроксимации данных. Появление и исчезновение голотурий на отдельных участках в границах поселения связано как с их миграциями, так и со способностью укрываться в неровностях грунта, что делает их недоступными для водолазного учета.

Анализ распределения трепангов свидетельствует, что в весенний период (с начала мая по первую декаду июня) плотность их распределения постепенно возрастает. Следует отметить, что в этот период происходит активное развитие пояса макрофитов, проективное покрытие которых также увеличивается. Наиболее заметно развитие зарослей такого вида как *Desmarestia viridis*, проективное покрытие

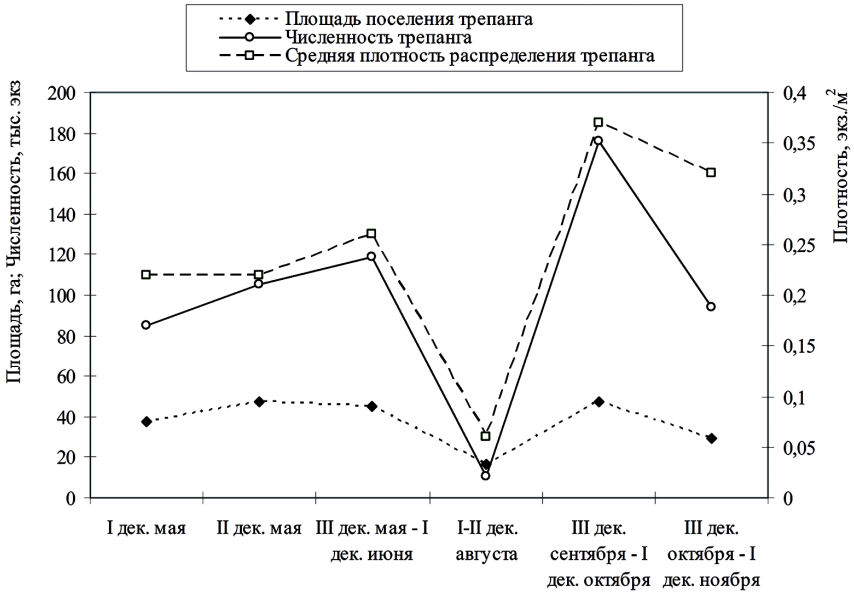


Рис. 2. Величины плотности распределения, площади поселения и численности трепанга, полученные по данным съемок в разные периоды года в 2009–2012 гг.

которой достигает на отдельных участках 80–90%. Тем не менее, повышение активности голотурий в рассматриваемый период способствует обнаружению их водолазами и в большой мере компенсирует недоучет их в зарослях растительности.

Площадь их поселения изменяется менее существенно, однако суммарное влияние этих двух параметров приводит к увеличению оценочной численности голотурий.

Рост активности трепангов совпадает с повышением температуры воды. Среднедекадная температура воды в рассматриваемый период возрастет с 5,1 до 11,1 °С. В этот период трепанги активно питаются, гонады их находятся на стадиях активного гаметогенеза и преднерестовой.

В общих чертах такая картина сохраняется до момента нереста голотурий. В рассматриваемом районе нерест происходит в период с третьей декады июля до первой декады августа (в зависимости от гидрологических особенностей года). После нереста плотность распределения трепанга существенно уменьшается, на ряде участков их вообще не удается обнаружить, что приводит к уменьшению оценочной площади поселения и численности (рис. 3Г). Происходящие изменения связаны с наличием у трепанга посленерестового периода покоя (эстивации), во время которого активность голотурий падает, они укрываются в различных убежищах. Существование периода эстивации трепанга в б. Киевка представляет интерес, так как температура воды в этом районе не превышает 18,2–19,5 °С, что значительно ниже, чем на большей части ареала обитания трепанга. Это подтверждает предположение В.С. Левина (2000), что эстивация вызывается не изменением температуры воды, а связана с физиологическим

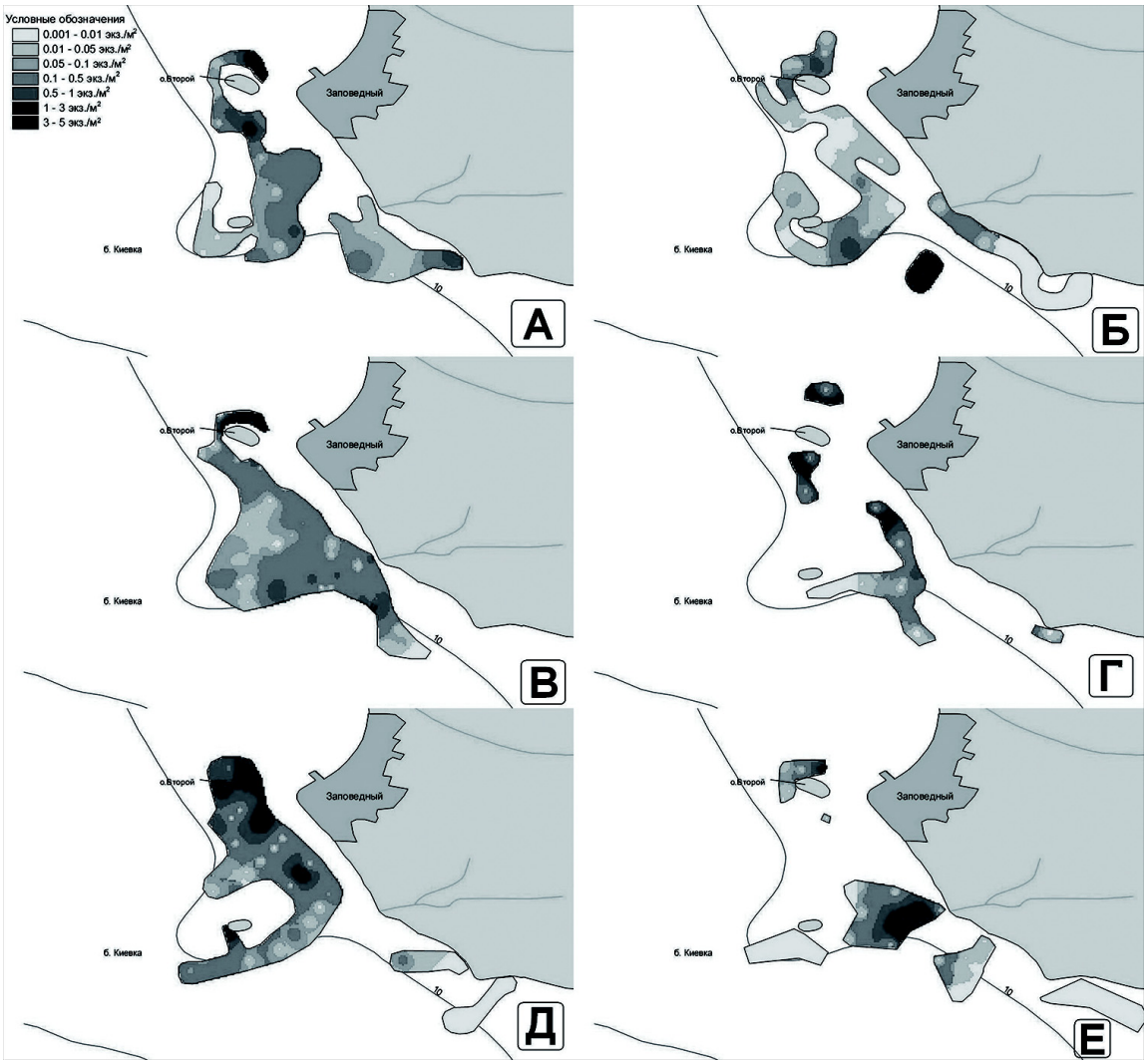


Рис. 3. Распределение трепанга на участке в районе о. Второй (А — I декада мая; Б — II декада мая; В — III декада мая — I декада июня; Г — I–II декада августа; Д — III декада сентября – I декада октября; Е — III декада октября – I декада ноября)

состо-янием животных после выметывания половых продуктов.

Во второй половине сентября активность голотурий возрастает. В третьей декаде сентября первой декаде октября на фоне понижения температуры воды до 13,4–11,9 °С отмечаются наиболее высокие показатели плотности голотурий, площадь поселения увеличивается до «преднерестовой» величины. Голотурии активно питаются, что способствует соматическому и генеративному росту. Наряду с отмиранием ряда сезонных макрофитов (в первую очередь десмарестии) это способствует обнаружению трепангов водолазами. Проведение мониторинговых съемок на протяжении ряда лет позволило сделать вывод, что именно в этот период можно получить наиболее объективные данные о распределении и численности трепангов (рис. 3Е).

В конце октября начале ноября, вследствие продолжающегося понижения температуры воды (до 6,7–4,9 °С) активность голотурий уменьшается. Изменению поведения голотурий способствует изменение погодных условий в этот период отмечается большое число штормов. Вследствие этого характер распределения голотурий вновь изменяется, скопление приобретает выраженный мозаичный характер (рис. 3Е).

Помимо описанных изменений распределения голотурий, изменения в течение года отмечаются и в массовой структуре поселения (рис. 4, 5). Для характеристики структуры поселений трепанга используется величина кожно-мускульного мешка (КММ), так как размерные показатели, а также масса го-

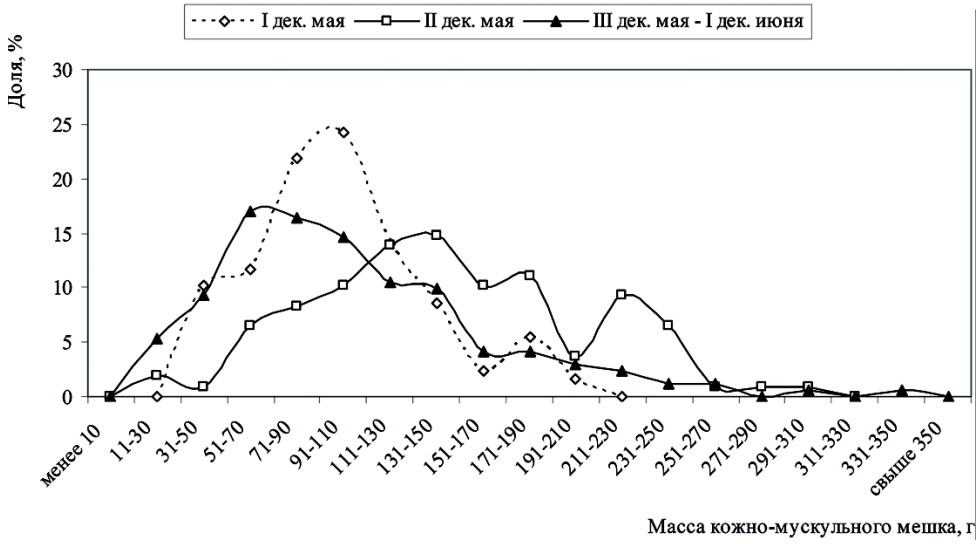


Рис. 4. Массовая структура поселений трепанга в весенний период

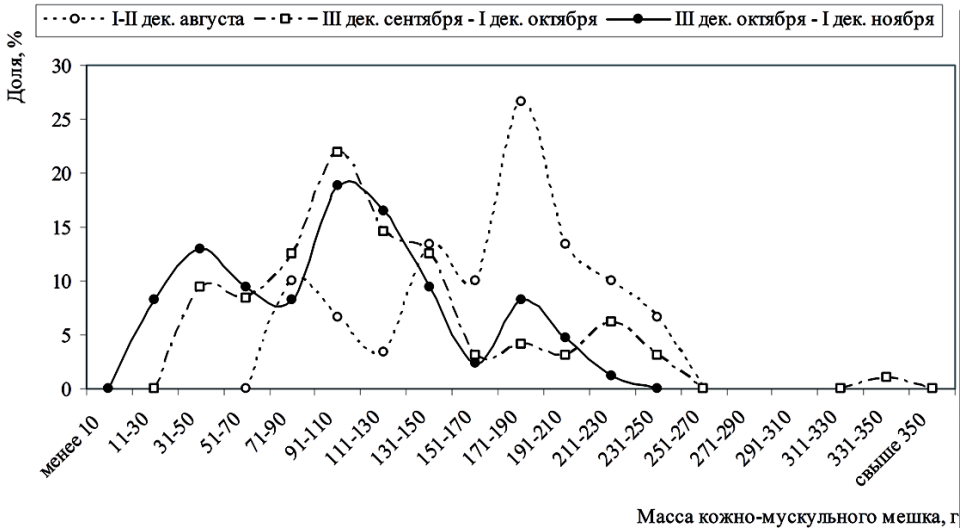


Рис. 5. Массовая структура поселений трепанга в летний и осенний период

лотурий в живом виде подвержены существенным изменениям.

Как видно из рисунка 4, в весенний период массовая структура поселения нестабильна. Это объясняется не столько реально происходящими в поселении изменениями, сколько связано с ошибками выборки, возникающими из-за поведенческих особенностей трепангов. В целом наиболее многочисленными являются неполовозрелые особи с массой КММ менее 100 г и мелкие половозрелые голотурии (до 150 г).

В посленерестовый период картина значительно изменяется. На фоне уменьшения численности активных особей водолазами обнаруживаются преимущественно крупные голотурии с массой КММ свыше 150 г (модельная группа — 171–190 г). Мелкие особи в этот период укрываются в зарослях макрофитов и неровностях рельефа дна.

Наиболее достоверные данные о структуре поселений трепанга удается получить после окончания периода эстивации и отмирания массовых сезонных макрофитов. Полученные в осенний период графики массовой структуры поселений весьма сходны между собой (рис. 5). Наиболее многочисленными являются непромысловые и мелкие промысловые животные (90–150 г). Заметную часть поселения составляет молодь с массой КММ до 50 г, что свидетельствует об успешности процесса воспроизводства. Следует отметить, что происходящее в ноябре уменьшение активности трепанга мало сказывается на массовой структуре поселения, т.е. активность разноразмерных и разновозрастных особей уменьшается синхронно.

Заключение

Проведение многолетних мониторинговых исследований в районе расселения молоди трепанга в б. Киевка позволило подтвердить, что расселение полученной в контролируемых условиях молоди способствовало увеличению численности трепанга. Так как расселение было однократным, оно позволило стабилизировать численность поселения трепанга на более высоком уровне, чем до начала работ. В то же время при проведении мониторинга естественных поселений и донных плантаций трепанга следует учитывать сезонные особенности распределения голотурий. Достоверные данные могут быть собраны только при проведении исследований в период с окончания эстивации до осеннего уменьшения активности трепанга, в б. Киевка это конец сентября — начало октября.

Список литературы

Левин В.С. 2000. Дальневосточный трепанг: биология, промысел, воспроизводство. СПб.: Голанд, 200 с.

Гаврилова Г.С., Сухин И.Ю. 2011. Характеристика скоплений трепанга *Apoatichopus japonicus* в Японском море (б. Киевка) // Океанология. Т. 51. № 3. С. 477–484.

Мокрецова Н.Д. 2010. Критерии оценки участков морского дна пригодных для расселения молоди трепанга // Современное состояние водных биоресурсов и экосистем морских и пресноводных вод: проблемы и пути решения (Ростов-на-Дону, 20–23 сентября 2010 г.). Ростов-на-Дону: ФГУП «АзНИИРХ» С. 327–329.

Материалы Всероссийской научной конференции,
посвященной 80-летнему юбилею
ФГУП «КамчатНИРО»

© КамчатНИРО, 2012

Редактор — А.В. Бугаев
— Е.А. Науменко
Компьютерная верстка — А.Н. Науменко
— Е.К. Гагаркина
Макет и дизайн обложки — Е.К. Гагаркина

Камчатский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18

Подписано в печать 20.09.2012. Формат 60×84/8. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 72,2. Тираж 100 экз.