ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РОССИИ: СОСТОЯНИЕ, МОНИТОРИНГ, УПРАВЛЕНИЕ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии
(3–6 октября 2017 г., Петропавловск-Камчатский)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
(РОСРЫБОЛОВСТВО)
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
(ФГБНУ «КамчатНИРО»)
Всероссийское Гидробиологическое общество при Российской академии наук

ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РОССИИ: СОСТОЯНИЕ, МОНИТОРИНГ, УПРАВЛЕНИЕ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
Всероссийской научной конференции с международным участием,
посвященной 85-летию Камчатского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии
(3–6 октября 2017 г., Петропавловск-Камчатский)

Научное электронное издание сетевого распространения

УДК 639.2:57:005.745
ББК 28
В62

В62 **Водные биологические ресурсы России:** состояние, мониторинг, управление. Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (3–6 октября 2017 г., Петропавловск-Камчатский). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017. 398 с. — Научное электронное издание сетевого распространения: Размер файла 80Мб. Систем. требования: Intel; Microsoft Windows (XP, Vista, Windows 7,8, Mac OS); разрешение экрана не ниже 1024×768; PDF Reader, мышь.

DOI 10.15853/978-5-902210-51-1
ISBN 978-5-902210-51-1

Сборник трудов Всероссийской научной конференции «Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление» с международным участием, посвященной 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. Содержит материалы по следующим основным направлениям: воспроизводство и динамика запасов водных биологических ресурсов; методические аспекты мониторинга, оценки и прогнозирования состояния запасов водных биологических ресурсов, стратегии управления промыслом; популяционные и генетические исследования гидробионтов; условия среды обитания и экология гидробионтов; состояние и динамика водных сообществ в условиях возрастающего антропогенного воздействия; болезни гидробионтов и их профилактика; искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов.

УДК 639.2:57:005.745
ББК 28

Редакционная коллегия:

Главный редактор: Юрий Петрович Дьяков, д. б. н., гл. н. с. КамчатНИРО (Петропавловск-Камчатский)
Члены редколлегии:
Лепская Екатерина Викторовна, к. б. н., зав. лабораторией (вед. н. с.) КамчатНИРО (Петропавловск-Камчатский)
Бугаев Александр Викторович, д. б. н., зав. отделом КамчатНИРО (Петропавловск-Камчатский)
Коваленко Михаил Николаевич, к. т. н., зам. директора КамчатНИРО (Петропавловск-Камчатский)
Животовский Лев Анатольевич, д. б. н., профессор, зав. лабораторией Института общей генетики им. Н.И. Вавилова (Москва)
Дулепова Елена Петровна, д. б. н., зав. лабораторией ФГБНУ «ТИНРО-Центр» (Владивосток)
Каев Александр Михайлович, д. б. н., профессор, зав. лабораторией гидробиологии НИИОР СахГУ (Южно-Сахалинск)
Карпенко Владимир Илларионович, д. б. н., профессор кафедры водных биоресурсов ФГБОУ ВПО «КамчатГТУ» (Петропавловск-Камчатский)
Токранов Алексей Михайлович, д. б. н., директор КФ ТИГ ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский)
Клочкова Нина Григорьевна, д. б. н., проректор по научной работе ФГБОУ ВПО «КамчатГТУ» (Петропавловск-Камчатский)
Рудакова Светлана Леонидовна, к. б. н., зам. директора по научно-организационной работе ФГБНУ «КамчатНИРО» (Петропавловск-Камчатский)
Волобуев Владимир Васильевич, к. б. н., советник ФГБНУ «МагаданНИРО»

ISBN 978-5-902210-51-1
© ФГБНУ «КамчатНИРО»

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Воспроизводство и динамика запасов водных биологических ресурсов

П.А. Федотов Распределение, состояние запасов и некоторые биологические характеристики синего краба *Paralithodes platypus* в северо-западной части Берингова моря в 2005–2016 гг. 13

С.Г. Коростелев, П.А. Федотов, Д.А. Терентьев Состояние запасов камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) тихоокеанских вод Камчатки в 2001 г. и прилов других видов гидробионтов при его промысле 20

А.М. Токранов Рогатковые рыбы подсемейства *Hemilepidotinae* (Cottidae) прикамчатских вод и проблемы использования их ресурсов 28

Д.В. Антоненко, Н.М. Блищак Современное состояние ресурсов промысловых пелагических рыб в северо-западной части Тихого океана 35

Л.О. Заварина Современное состояние и многолетние изменения биологических характеристик и промыслового запаса кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) бассейна р. Камчатки 43

И.В. Тиллер Сравнительная биологическая характеристика проходной мальмы камчатских рек 50

О.А. Захарова, А.М. Бирюков Краткая характеристика производителей кижуча Олюторского района Камчатского края 57

А.О. Золотов, А.Ю. Дубинина Многолетняя динамика запасов и современный промысел камбал Южных Курильских островов 62

Л.А. Черноиванова, В.В. Панченко, С.Ф. Соломатов Современное состояние запасов тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* в российских водах материкового побережья Японского моря (подзона Приморье) 74

З.Г. Иванкова Динамика численности и состояние запасов камбал в северо-западной части Японского моря 80

Л.Г. Седова, Л.Л. Будникова Структура поселения промысловой креветки *Pandalus latirostris* (Crustacea) в заливе Петра Великого (Японское море) 86

С.А. Ляшенко, О.Б. Гостюхина, Н.В. Щербакова Современное состояние естественного воспроизводства тихоокеанской устрицы в Амурском заливе 91

Н.Н. Семенченко Распределение биомассы промысловых пресноводных рыб р. Амур по отдельным районам промысла 96

Е.В. Островская Промыслово-биологическая характеристика обыкновенной малоротой корюшки *Hypomesus olidus* (Pallas, 1814) р. Амур 101

Г.А. Романенко Современное состояние карася в различных озерных системах Алтайского края 106

А.А. Дуленин Комплексный подход к организации прибрежных рыбохозяйственных исследований в условиях сокращения их финансирования 112

С.В. Липнягов, Ю.Н. Амельченко Биология азиатской зубастой корюшки *Osmerus mordax* в водных объектах Камчатского края в 2014–2016 гг. 119

В. Кясминас Особенности мониторинга и результаты исследования атлантического лосося *Salmo salar* и кумжи *Salmo trutta* в реках Литвы 121

Секция 2. Методические аспекты мониторинга, оценки и прогнозирования состояния запасов водных биологических ресурсов, стратегии управления промыслом

М.Ю. Кузнецов, В.И. Поляничко, Е.В. Сыроваткин, И.А. Убарчук Совершенствование методов оценки запасов рыб с использованием гидроакустических технологий 124

Е.А. Захаров, О.Н. Кручинин, М.А. Мизюркин Возможные погрешности в оценке численности гидробионтов за счет изменения геометрии донного трала 135

О.Н. Кручинин, Н.Л. Ваккер Метод оценки естественной плотности скоплений сайры по уловам на световых станциях 141

А.М. Каев Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) Сахалино-Курильского региона: мониторинг и его некоторые результаты 148

Л.В. Веснина, Т.О. Ронжина Основные аспекты мониторинга гипергалинных озер и оценка рекомендованного объема вылова артемии (на стадии цист) 156

В.И. Островский Краткосрочное прогнозирование итогов путины гольцов (*Salvelinus* sp.) в Охотском районе 163

Секция 3. Популяционные и генетические исследования гидробионтов

Д.А. Зеленина, В.А. Сошнина, Т.М. Минеева, Д.С. Стоклицкая Внутривидовой митохондриальный полиморфизм и сравнительная филогеография тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* 167

С.Л. Марченко Популяционная структура кеты *Oncorhynchus keta* материкового побережья Охотского моря 172

С.Л. Марченко, Д.В. Макаров Популяционная структура кижуча *Oncorhynchus kisutch* материкового побережья Охотского моря 178

О.М. Запорожец, Г.В. Запорожец, Ж.Х. Зорбиди Темпоральные группировки у производителей тихоокеанских лососей реки Большой (Западная Камчатка) 182

О.А. Пильганчук, Н.Ю. Шпигальская, А.Д. Денисенко Изменчивость микросателлитных локусов нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) западного побережья Камчатки, материкового побережья Охотского моря и Курильских островов 190

В.А. Сошнина, С.Д. Павлов, Д.А. Зеленина Генетическое разнообразие мальмы (*Salvelinus malma* Walbaum) Командорских островов и ее отношения с другими популяциями мальмы по результатам микросателлитного анализа 195

А.В. Старцев, А.В. Назаренко, А.Ю. Карасева, В.А. Бутова Морфологический анализ чешуи кефалей лобана *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758, сингиля *liza aurata* (Risso, 1810) и пиленгаса *Liza haematocheilus* (Temminck et Schlegel, 1845) 203

Н.С. Кузьминова, Ю.Л. Мурзин Возрастные отличия морфометрических показателей ставриды *Trachurus mediterraneus* Staindachner в прибрежной зоне города Севастополя 210

И.К. Евстигнеева, И.Н. Танковская Анализ природных ценопопуляций *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva (Rhodophyta) в прибрежье Черного моря 214

А.В. Семенова, А.В. Бугаев, А.Н. Строганов Предварительные данные по изменчивости микросателлитных локусов у азиатской зубастой корюшки *Osmerus dentex* из некоторых водоемов Камчатки 222

В.А. Савин, Р.А. Шапорев, В.С. И, А.В. Бугаев Структура чешуи как дифференцирующий признак для определения внутривидовой подразделенности горбуши Oncorhynchus gorbuscha в смешанных морских уловах 225

Э. Лелюна Исследования генетической структуры популяций атлантического лосося (*Salmo salar* L.) и кумжи (*Salmo trutta trutta* L.) в реках Литвы в связи с программами восстановления природных запасов 227

Секция 4. Условия среды обитания и экология гидробионтов

М.А. Походина, Т.Н. Травина, В.Д. Свириденко, В.А. Русанова Межгодовая изменчивость содержания в воде р. Большой (Камчатка) биогенных элементов (фосфор и азот) в зависимости от гидрологических условий, а также состава и количества заходящих в реку тихоокеанских лососей 229

Т.Л. Введенская, А.В. Улатов, Д.Ю. Хивренко, М.А. Гурьянова, Е. Старухина Эколого-рыбохозяйственная характеристика реки Половинки (бассейн реки Авачи) в пределах города Елизова в 2010–2015 гг. 236

Т.Л. Введенская, А.В. Улатов, Д.Ю. Хивренко Снижение рыбохозяйственного значения ручья Хайкова (бассейн реки Паратунки) 242

О.И. Пущина, С.Ф. Соломатов Структура потребления пищевых ресурсов демерсальными рыбами на материковом склоне Северного Приморья (Японское море) в ранневесенний период 248

О.Н. Ясакова Развитие фитопланктона в порту Новороссийск и за его пределами в 2015 году 254

А.С. Терентьев, А.М. Семик, А.И. Милованов Кормовой зообентос бычков косы Тузла (Керченский пролив, Черное море) 260

М.А. Новиков Оценка уровня содержания ряда тяжелых металлов в донных отложениях Баренцева моря 265

А.Ю. Жилин, Н.Ф. Плотицына, Т.А. Зимовейскова Накопление хлорорганических пестицидов и полихлорбифенилов в промысловых рыбах Баренцева моря 270

Е.И. Кальченко, Т.Н. Травина, И.Ю. Безлюдская, В.Ф. Бугаев, Н.А. Растягаева, О.О. Ким Результаты эколого-биохимических исследований в реке Большой (Западная Камчатка) в 2012–2016 гг. . 275

Н.М. Вецлер Динамика зоопланктонного сообщества озера Дальнего как показатель долговременных изменений нерестовых подходов нерки 279

Т.В. Бонк Распределение пелагического зоопланктона по акватории оз. Курильского в летний период 2010–2014 гг. 284

А.А. Бонк, С.В. Агафонов Сравнительная характеристика нерестилищ корфо-карагинской сельди 288

И.А. Блохин Непромысловые ракообразные северной части Западно-Камчатского шельфа в 2013–2014 гг. 290

Л.А. Базаркина Особенности функционирования сообщества планктонных ракообразных в пелагиали озера Азабачьего в 2011–2016 гг. 294

Т.Б. Морозов Материалы по количественному учету многощетинковых червей (Polychaeta) шельфа Командорских островов 297

Д.Ф. Афанасьев Макрофитобентос Черного и Азовского морей: современное состояние сообществ, анализ причин деградации и перспективы восстановления 301

Секция 5. Состояние и динамика водных сообществ в условиях возрастающего антропогенного воздействия

Г.В. Запорожец, О.М. Запорожец Некоторые последствия заводского воспроизводства кеты реки Паратунки 304

И.А. Никитина Промысловый вид ихтиофауны серебряный карась (*Carassius gibelio*) — индикатор экологического состояния припойменных озер Нижнего Амура 309

В.В. Касьян, Д.С. Егоров Разнообразие зоопланктона в юго-западной части залива Петра Великого (Японское море) 315

Е.В. Лепская, Л.В. Курбанова Фитопланктон как индикатор экологического состояния пелагиали Авачинской губы (Камчатка) 320

Секция 6. Болезни гидробионтов и их профилактика

Е.А. Устименко, Н.В. Сергеенко Бактериальные патогены, потенциально опасные для тихоокеанских лососей на ЛРЗ Камчатки 322

С.Л. Рудакова, Е.В. Бочкова, А.Н. Акбатыров Эпизоотия инфекционного некроза гемопоэтической ткани у молоди нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) на ЛРЗ «Озерки» (Камчатка) в 2017 г. 329

Т.В. Рязанова Данные о составе и распространенности патогенных агентов у креветок прикамчатских вод 335

Г.М. Ткаченко, Й. Грудневская Влияние профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином на активность ферментативных антиоксидантов в сердце радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) 342

Г.М. Ткаченко, Й. Грудневская Маркеры окислительного стресса и метаболических реакций в оценке состояния мышечной ткани кумжи (*Salmo trutta* m. *Fario*), иммунизированной вакциной против фурункулеза 348

К.В. Поляева Возбудители инвазионных заболеваний у сиговых рыб нижнего течения р. Енисей 355

А.И. Еськова, Л.С. Бузолева, А.В. Ким Образование биопленки *Listeria monocytogenes* с бактериями рода *Pseudomonas*, выделенными из морской воды 358

Л.Н. Юхименко Использование пробиотиков для профилактики болезней рыб 360

Секция 7. Искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов

Н.А. Растягаева, Н.Н. Ромаденкова, О.О. Ким Искусственное воспроизводство кеты *Oncorhynchus keta* Walbaum (*Salmonidae*) на рыбоводных предприятиях Камчатского края в 2014–2016 гг. 362

А.И. Чистякова, А.В. Бугаев Оценка доли заводской молоди горбуши и кеты по результатам отолитного маркирования в период осенних миграций в Охотском море в 2015 г. 369

И.С. Турабжанова, М.В. Битюков Материалы к определению продукционной емкости участков марикультуры для выращивания серых морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* 375

Г.И. Викторовская, А.Ю. Баранов, М.В. Калинина, С.А. Ляшенко История развития устрицеводства и перспективы культивирования тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в прибрежной зоне Приморского края (в Дальневосточном регионе) 381

Н.Д. Мокрецова, И.А. Кадникова, Е.А. Евсеева Результаты подбора компонентов кормов для молоди дальневосточного трепанга, выращиваемой в заводских условиях 389

Ю.Н. Чекалдин, С.И. Чебыкин, А.А. Смирнов Опыт искусственного разведения чукучана *Catostomus catostomus rostratus* (Tilesius, 1814) р. Колыма 392

Е.В. Дербинева (Иванова) Искусственное воспроизводство рыб в Енисейском рыбохозяйственном районе 395

CONTENTS

Section 1. Stock abundance and reproduction of aquatic biological resources

P.A. Fedotov The distribution, the state of the stock and some of biological characteristics of blue crab *Paralithodes platypus* in the northwest part of the Bering Sea in 2005–2016 13

S.G. Korostelev, P.A. Fedotov, D.A. Terentiev The state of king crab (*Paralithodes camchaticus*) in the Pacific waters off Kamchatka in 2001 and the bycatch of the other species of hydrobionts 20

A.M. Tokranov Sculpins of the subfamily *Hemilepidotinae* (Cottidae) in the waters off Kamchatka and problems of exploitation of the resource 28

D.V. Antonenko, N.M. Blishak Present state of the resource of pelagic fish commercial species in the northwest part of the Pacific Ocean 35

L.O. Zavarina The long-term dynamics and the modern state of biological indexes and commercial stock of chum salmon *Oncorhynchus keta* (Walbaum) in the basin of Kamchatka River 43

I. V. Tiller Comparative biological characterization of anadromous Dolly varden in the rivers of Kamchatka 50

O.A. Zakharova, A.M. Biryukov Brief characterization of coho salmon spawners in the Olyutorsky district of Kamchatka Territory 57

A.O. Zolotov, A.Yu. Dubinina Long-term stock dynamics and current fishery of flatfishes of the Southern Kurile Islands 62

L.A. Chernoivanova, V.V. Panchenko, S.F. Solomatov The modern state of the Pacific herring *Clupea pallasii* stocks in Russian waters of the continental coastal zone of the Sea of Japan (Primorye sub-zone) 74

Z.G. Ivankova The population dynamics and the state of flatfish stocks in the northwest part of the Sea of Japan 80

L.G. Sedova, L.L. Budnikova The structure of the settlement of *Pandalus latirostris* (Crustacea) in the Peter The Great Bay (the Sea of Japan) 86

S.A. Lyashenko, O.B. Gostyukhina, N.V. Shcherbakova The current state of the natural reproduction of pacific oyster in Amurskiy Bay 91

E.E. Semenchenko The distribution of the biomass of commercial fishery species in Amur River by the districts of fishing 96

E.V. Ostrovskaya Fisheries and biological characteristics of pond smelt *Hypomesus olidus* (Pallas, 1814) in Amur River 101

G.A. Romanenko The current state of carp species in various lake systems of Altai Territory 106

A.A. Dulenin Complex approach to organization of coastal fisheries research in terms of funding cuts 112

S.V. Lipnyagov, Yu.N. Amelchenko Biology of Asian rainbow smelt *Osmerus mordax* in the water bodies of Kamchatka Territory in 2014–2016 119

V. Kyasminas Specifics of monitoring and results of review of Atlantic salmon *Salmo salar* and bulltrout *Salmo trutta* in the rivers of Lithuania 121

Section 2. Methodical aspects of monitoring, assessment and forecasting of the state of stocks of aquatic biological resources, strategies of fishery management

M.Yu. Kuznetsov, V.I. Polyanichko, E.V. Syrovatkin, I.A. Ubarchuk Improving the methods of the fish stock assessment with use of hydroacoustic technologies 124

E.A. Zakharov, O.N. Kruchinin, M.A. Mizurkin Possible errors in the stock assesment of hydrobionts caused by changing geometry of bottom trawl 135

O.N. Kruchinin, N.L. Wacker Method of estimation of natural density of aggregating saury on the catches at lighting stations 141

A.M. Kaev Pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) of the Sakhalin-Kuril Region: monitoring and some results on 148

L.V. Vesnina, T.O. Ronzhina General aspects of monitoring of hyperhaline lakes and assesment of the total recommended catch of Artemia (stage of cyst) 156

V.I. Ostrovsky Short-term forecasting of the results of char (*Salvelinus* sp.) fishery campaign in the Okhotsk Region 163

Section 3. Population and genetic researches of hydrobionts

D.A. Zelenina, V.A. Soshnina, T.V. Mineeva, D.S. Stoklitskaya Intraspecific mitochondrial polymorphism and comparative phylogeography of Pacific salmon (genus *Oncorhynchus*) 167

S.L. Marchenko Population structure of chum salmon *Oncorhynhus keta* of the Sea of Okhotsk continental coast 172

S.L. Marchenko, D.V. Makarov The population structure of coho salmon *Oncorhynhus kisutch* of the continental coast of the Sea of Okhotsk 178

O.M. Zaporozhets, G.V. Zaporozhets, Zh.H. Zorbidi Temporal groups of spawning Pacific salmon in Bolshaya River, West Kamchatka 182

O.A. Pilganchuk, N.Yu. Shpigalskaya, A.D. Denisenko Diversity of the microsatellite loci of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) of the west coast of Kamchatka, continental coast of the Sea of Okhotsk and Kuril Islands 190

V.A. Soshnina, S.D. Pavlov, D.A. Zelenina Genetic diversity of Dolly varden (*Salvelinus malma* Walbaum) of the Commander Islands and relation of this population and the other Dolly varden populations based on microsatellite analysis 195

A.V. Startsev, A.V. Nazarenko, A.Yu. Karaseva, V.A. Butova The morphological analysis of scale of grey mullet *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758, golden grey mullet *Liza aurata* (Risso, 1810) and haarder *Liza haematocheilus* (Temminck et Schlegel, 1845) 203

N.S. Kuzminova, Yu.L. Murzin The age-dependent differences of the morphometric parameters of *Trachurus mediterraneus* Staindachner in the coastal zone of Sevastopol 210

I.K. Evstigneeva, I.N. Tankovskaya Analysis of *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva (Rhodophyta) coenopopulations in the coastal zone of the Black Sea 214

A.V. Semenova, A.V. Bugaev, A.N. Stroganov Preliminary data about microsatellite variation in Pacific rainbow smelt *Osmerus dentex* in the water bodies of Kamchatka 222

V.A. Savin, R.A. Shaporev, V.S. I, A.V. Bugaev Scale structure as differentiating complex to figure out pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* intraspecific composition in mixed marine catches 225

E. Lelyuna Research of genetic structure of the populations of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and bulltrout (*Salmo trutta trutta* L.) in the rivers of Lithuania in view of natural stocks recovery programs 227

Section 4. Ecology of hydrobionts and habitat conditions

M.A. Pohodina, T.N. Travina, V.D. Sviridenko, V.A. Rusanova Intergovernal variability of content in water of Bolshaya River (Kamchatka) of biogenic elements (phosphorus and nitrogen), depending on hydrological conditions, and also of the composition and quantity of Pacific salmons in the river 229

T.L. Vvedenskaya, A.V. Ulatov, D.Yu. Khivrenko, M.A. Gugryanova, E. Starukhina Ecological and fisheries characterization of Polovinka River (Avacha River basin) within the city Yelizovo in 2010–2015 236

T.L. Vvedenskaya, A.V. Ulatov, D.Yu. Khivrenko The decline of the fishery value of Khaikovaya stream (Paratunka River basin) 242

O.I. Pushchina, S.F. Solomatov The structure of the forage resource consumption by the demersal fish on the continental slope of the Northern Primorye region (the Sea of Japan) in early spring 248

O.N. Yasakova The state of the phytoplankton in the port of Novorossiysk and outside in 2015 254

A.S. Terentyev, A.M. Semik, A.I. Milovanov The forage zoobentos of gobies near the Tuzla Spit (Kerch Strait, the Black Sea) 260

M.A. Novikov Assessment of the content of several heavy metals in the bottom sediments of the Barents Sea 265

A.Y. Zhilin, N.F. Plotitsyna, T.A. Zimoveyskova The accumulation of the organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in commercial fishes from the Barents Sea 270

E.I. Kalchenko, T.N. Travina, I.Yu. Bezlyudskaya, V.F. Bugaev, N.A. Rastyagaeva, O.O. Kim Results of ecological and bioshemical researches in Bolshaya River (West Kamchatka) in 2012–2016 275

N.M. Vetsler The dynamics of zooplankton community in Dalneye Lake as indicator of long-term shifts in sockye salmon spawning runs 279

T.V. Bonk Summer distribution of pelagic zooplankton in the waters of Kurilskoye Lake in 2010–2014 284

A.A. Bonk, S.V. Agafonov Comparative characteristic of Korf-Karaginsky herring spawning grounds 288

I.A. Blokhin The non-target crustaceans of the northern part of the West-Kamchatkan shelf in 2013–2014 290

L.A. Bazarkina The functional specifics of the community of plankton crustaceans in the pelagic zone of Azabachye Lake in 2011–2016 294

T.B. Morozov Materials for quantitative accounting of Polychaetous annelids (Polychaeta) in the shelf of Commander Islands 297

D.F. Afanasyev Macrophytobenthos of the Black Sea and the Sea of Azov: current state of communities, analysis of causes of degradation and recovery prospects 301

Section 5. State and dynamics of aquatic communities in terms of growing anthropogenic influence

G.V. Zaporozhets, O.M. Zaporozhets Some effects of hatchery reproduction of chum salmon in Paratunka River 304

I.A. Nikitina The commercial fish fauna species silver crucian *(Carassius gibelio)* as indicator of ecological condition of floodplain lakes of the Lower Amur 309

V.V. Kasyan, D.S. Egorov The diversity of zooplankton in the southwestern part of Peter The Great Bay, the Sea of Japan 315

E.V. Lepskaya, L.V. Kurbanova The phytoplankton as an indicator of the ecological state of pelagic zone in Avachinskaya Bay (Kamchatka) 320

Section 6. Diseases of hydrobionts and prevention

E.A. Ustimenko, N.V. Sergeenko Potentially dangerous bacterial pathogens targeting pacific salmon at the salmon hatcheries of Kamchatka 322

S.L. Rudakova, E.V. Bochkova, A.N. Akbatirov The epizooty of the infectious hematopoietic necrosis among juvenile sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) at the "Ozerki" salmon hatchery (Kamchatka) in 2017 329

T.V. Ryazanova Data on the composition and frequency of pathogenic agents in shrimps in the waters adjacent Kamchatka 335

G.M. Tkachenko, Y. Grudnevskaya Effects of preventive disinfecting measures with formalin on the enzymatic antioxidant defense in the heart of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) 342

G.M. Tkachenko, Y. Grudnevskaya The markers of the oxidative stress and metabolic reactions in the assessment of the state of muscle tissue of brown trout (*Salmo trutta* m. *Fario*) vaccinated against furunculosis 348

K.V. Polyaeva Causative agents of invasive diseases in coreconids in the lower part of the Yenisey 355

A.I. Eskova, L.S. Buzoleva, A.V. Kim Formation of the biofilm of *Listeria monocytogenes* and bacteria of *Pseudomonas* genera isolated from the sea water 358

L.N. Yukhimenko The use of the probiotics to prevent fish diseases 360

Section 7. Artificial reproduction of aquatic biological resources

N.A. Rastyagaeva, N.N. Romadenkova, O.O. Kim Artificial reproduction of chum salmon *Oncorhynchus keta* Walbaum *(Salmonidae)* in the hatcheries of Kamchatsky Krai in 2014–2016 362

A.I. Chistyakova, A.V. Bugaev An assessment of the part of juvenile hatchery pink and chum salmon during fall migrations in the Sea of Okhotsk in 2015 on the results of the otolith marking 369

I.S. Turabzhanova, M.V. Bityukov Some data for the assesment of carrying capacity of the sites of sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* mariculture 375

G.I. Viktorovskaya, A.Yu. Baranov, M.V. Kalinina, S.A. Lyashenko History of oyster mariculture and prospects for cultivation of Pacific oysters *Crassostrea gigas* in the coastal zone of Primorye Territory (Far East Region) 381

N.D. Mokretsova, I.A. Kadnikova, E.A. Evseeva Results of selection of food components for rearing of juvenile sea cucumber in artificial conditions 389

Yu.N. Chekaldin, S.I. Chebykin, A.A. Smirnov Experience of artificial rearing of chukuchan *Catostomus catostomus rostratus* (Tilesius, 1814) of Kolyma River 392

E.V. Derbineva (Ivanova) Artificial reproduction of fish in the Yenisey fishery area 395

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Воспроизводство и динамика запасов водных биологических ресурсов
2. Методические аспекты мониторинга, оценки и прогнозирования состояния запасов водных биологических ресурсов, стратегии управления промыслом
3. Популяционные и генетические исследования гидробионтов
4. Условия среды обитания и экология гидробионтов
5. Состояние и динамика водных сообществ в условиях возрастающего антропогенного воздействия
6. Болезни гидробионтов и их профилактика
7. Искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов

УДК 574.3:595.384.2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ И НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНЕГО КРАБА *PARALITHODES PLATYPUS* В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ В 2005–2016 ГГ.

П.А. Федотов

Вед. н. с., к. б. н.; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «ТИНРО-Центр»
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Тел.: (4232) 401-968, факс: (4232) 300-751. E-mail: fedotovbash57@mail.ru

СИНИЙ КРАБ, СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ БЕРИНГОВА МОРЯ, ПРОМЫСЛОВЫЙ ЗАПАС, ЧИСЛЕННОСТЬ, ПЛОТНОСТЬ, РАЗМЕРНЫЕ ГРУППЫ, ОБЩИЙ СРЕДНИЙ РАЗМЕР

Данное сообщение основано на материалах донных траловых съемок 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015 и 2016 гг. в северо-западной части Берингова моря (Западно-Беринговоморская зона). Проведен анализ динамики пространственного распределения промысловых самцов синего краба, их размерного состава и изменений состояния их промыслового запаса. Отмечено, что по сравнению с прошлыми годами расположение промысловых скоплений изменилось незначительно. Абсолютное большинство промысловых самцов, как и ранее, обитало в Олюторско-Наваринском районе. В 2016 г. в Корякском подрайоне численность промысловых самцов составляла 42% от общего промыслового запаса, в 2015 г. эта величина увеличилась до 62%. В Наваринском подрайоне в 2016 г. численность промысловых самцов составляла 58% от общего промыслового запаса, в 2015 г. — 38%). Таким образом, по сравнению с 2015 г., как и ранее, снова произошло перераспределение промыслового запаса между промысловыми подрайонами. В 2011 г. промысловый запас составлял всего 3,3 млн экз. К 2014 г. промысловый запас увеличился до 13,7 млн экз., в 2015 г. — до 15,220 млн экз., в 2016 г. — до 16,795 млн экз. Доля промысловых самцов в 2016 г., в сравнении с 2015 г., осталась прежней (85%). Анализ межгодовой динамики размерного состава самцов показал, что их средний размер за последние три года увеличился на 11,5 мм и стал равен 156,5 мм. Общее состояние популяции в настоящее время можно охарактеризовать как хорошее, с тенденцией к увеличению промыслового запаса в ближайшие годы.

THE DISTRIBUTION, THE STATE OF THE STOCK AND SOME OF BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BLUE CRAB *PARALITHODES PLATYPUS* IN THE NORTHWEST PART OF THE BERING SEA IN 2005–2016

P.A. Fedotov

Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Federal State Budgetary Scientific Institution "TINRO-Center"
690091, Vladivostok, Shevchenko Alley, 4
Tel.: (4232) 401-968, fax: (4232) 300-751. E-mail: fedotovbash57@mail.ru

PARALITHODES PLATYPUS, NORTHWEST PART OF THE BERING SEA, COMMERCIAL STOCK, ABUNDANCE, DENSITY, SIZE GROUPS, GENERAL AVERAGE SIZE

The research was basically made on the data of bottom trawl surveys in the northwest part of the Bering Sea (Western Bering Sea zone) in 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015 and 2016. The size structure, the dynamics of the spatial distribution of commercial males of blue crab and the changes of commercial was analyzed. The distribution of the commercial aggregations changed insufficiently comparing it to recent years. As earlier, the absolute majority of the commercial males was in the Olyutor-Navarinsky district. In 2016, the part of the commercial males of the Koryak and Navarinsky subdistricts in the total commercial stock was respectively 42% and 58% comparing 62% and 38% in 2015. The commercial stock, comparing it generally to 2015, has demonstrated redistribution between the subdistricts, similar to earlier years. In 2011 the commercial stock consisted of 3.3 million crab individuals only. By 2014 the stock increased to 13.7 million individualss, and up to 15.220 million individuals in 2015. In 2016 it reached 16.795 millions. The percent of the males of commercial size in 2016, comparing it to 2015, decreased to 82.4%. Analysis of the year-to-year dynamics of size composition of males showed the increase of the average commercial sizes of male by 11.5 mm for the last 3 years to 156.5 mm. The state of the population now is satisfactory: the commercial stock is growing, and its' in next yearswas observed increase in a trade stock, and the trend to increase, not decrease, is expected for the next years.

В северо-западной части Берингова моря традиционным районом промысла многих ценных видов ракообразных в настоящее время является шельф Западно-Беринговоморской промысловой зоны, а в ней, в частности, Олюторско-Наваринский район. Из общего числа промысловых объектов с высокой промысловой ценностью следует выделить три вида шельфовых крабов: синий краб (*Paralithodes platypus*), краб-стригун опилио (*Chionoecetes opilio*) и краб-стригун бэрди (*Chionoecetes bairdi*).

Синий краб — наиболее важный объект среди промысловых крабов северо-западной части Берингова моря. Он является обычным представителем эпибентосных шельфовых сообществ тихоокеанского побережья России и Северной Америки. Обитает от мелководья до глубин свыше 200 м. Биологии данного вида в этом районе посвящено значительное количество работ (Андронов, Мясников, 1999а, б; Букин и др., 1988; Канарская, Слизкин, 1975; Мясоедов, Низяев, 1988; Мясников, Андронов, 1999; Руководство.., 1979; Слизкин, 1974а, б; Селин, Федотов, 1996; Федотов, 2011, 2013; Федотов, Винников, 2015). Для оценки роли синего краба в эпибентосных сообществах и ведения рационального его промысла необходимы детальные многолетние сведения о его распределении и биологии. Анализ части таких данных приведен в настоящем сообщении.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для оценки промыслового запаса популяции синего краба и крабов-стригунов опилио и берди использованы данные учетных донных траловых съемок в летний период 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015 и 2016 гг., выполненных в Западно-Беринговоморской зоне.

В Западно-Беринговоморской зоне выделялись следующие районы:

– Анадырский: с севера ограничен по 65°30′ с. ш., с юга — по 62°39′ с. ш, с востока ограничен разделительной линией рыболовных зон РФ и США, с запада проходит по траверзу м. Фаддея (62°39′ с. ш., 179°37′ в. д.);

– Олюторско-Наваринский: с севера ограничен береговой линией, с запада и востока мысами Олюторский и Фаддея. Подразделялся на два подрайона: участок между м. Фаддея и 176°00′ в. д. (Наваринский подрайон); участок между 176°00′ в. д. и м. Олюторским (Корякский подрайон).

В основу такого деления положено расположение наиболее плотных скоплений синего краба в Западно-Беринговоморской зоне.

При проведении донных съемок использовали донный трал № 27,1/24,4 м с вертикальным раскрытием 3–4 м и горизонтальным раскрытием 16 м. Кутцевая часть оснащена мелкоячеистой вставкой с ячей 10 мм. Скорость траления изменялась в пределах 2,2–3,3 узлов в зависимости от ветра, волнения, течений, состояния грунтов и в среднем составляла 2,7 узла. Коэффициент уловистости трала для синего краба, как и прежде, принимали равным 0,75.

У крабов выделялись следующие размерные группы: промысловые самцы (ширина карапакса (ШК) 130 мм и более), непромысловые самцы (ШК 130 мм и менее). Непромысловые самцы подразделялись по ширине карапакса на следующие группы: перекруты I порядка (115–129 мм), перекруты II порядка (100–114 мм), молодые самцы (менее 100 мм).

Сбор и обработка биологических материалов осуществлялись по стандартным гидробиологическим методикам, принятым в ТИНРО-Центре.

Расчет численности крабов и их запасов выполнялся с помощью компьютерной программы ГИС «КартМастер 4.1». Карты количественного распределения крабов, графики размерного состава и биологического состояния обработаны и выполнены на ПЭВМ с применением программ Statistica 8.0 и Microsoft Excel 8.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Расположение скоплений промысловых и непромысловых самцов и самок синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в 2016 г. по сравнению с прошлыми годами изменилось незначительно. Абсолютное большинство промысловых самцов, как и ранее, обитало в Олюторско-Наваринском районе. Однако в 2016 г. произошло перераспределение промыслового запаса между основными подрайонами промысла — Корякским и Наваринским.

В 2014–2015 гг. большая часть промысловых самцов находилась в Корякском районе (62–70%), в 2016 г. их доля снизилась до 42% (табл. 1). Подобные изменения отмечены и ранее и являются следствием неравномерной добычи краба в разных промысловых районах.

Распределение промысловых самцов синего краба в Западно-Беринговоморской зоны в 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015 и 2016 гг. показано на рисунке 1.

Таблица 1. Доля промыслового запаса синего краба в Олюторско-Наваринском районе в 2012–2016 гг., %

Вид	Год	П/район	
		Корякский	Наваринский
Синий краб	2012	54	46
	2013	41	59
	2014	70	30
	2015	62	38
	2016	42	58

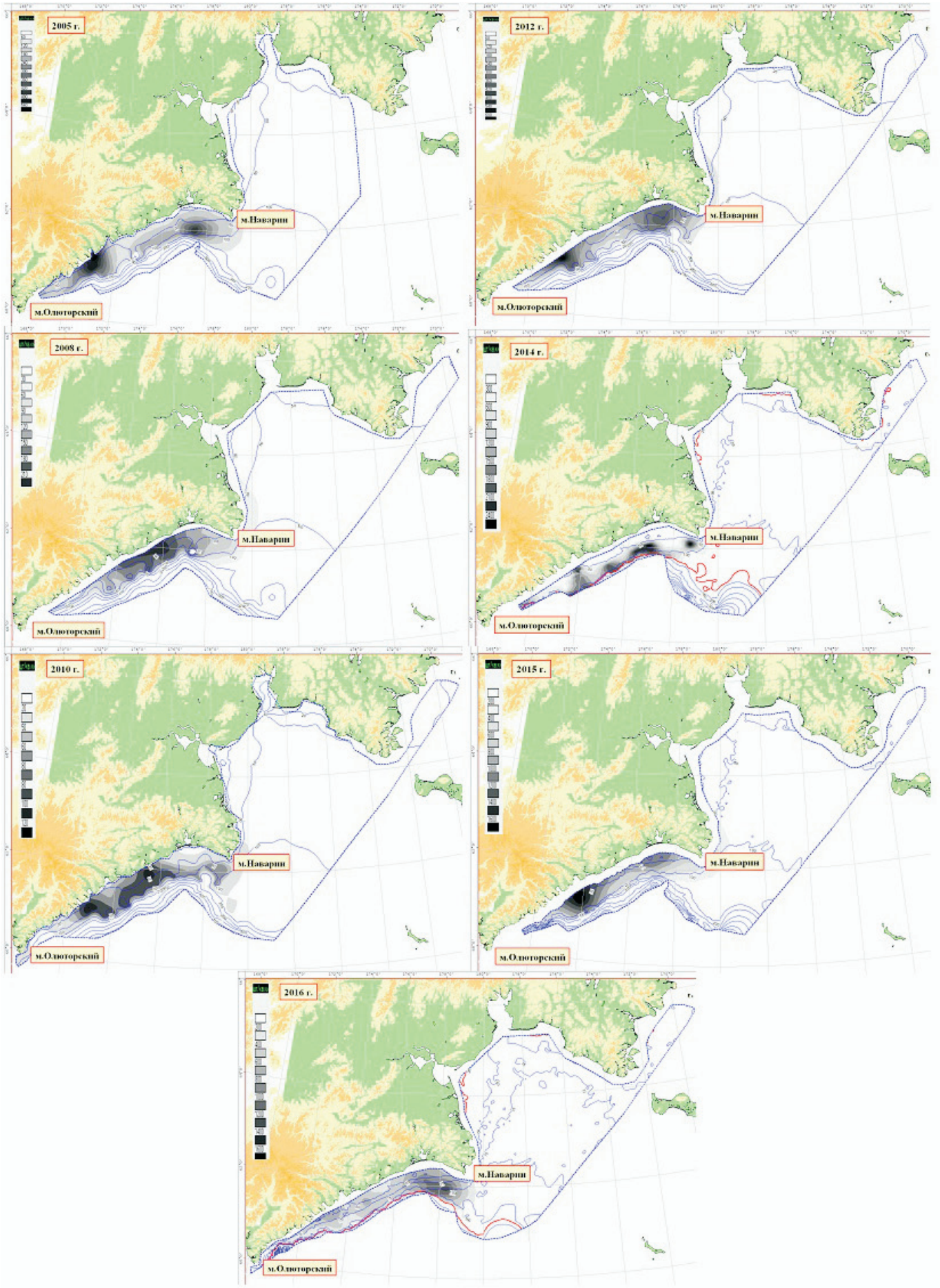


Рис. 1. Распределение промысловых самцов синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015 и 2016 гг. (по данным траловых съемок). Шкала — экз./км^2

В 2016 г. в Корякском п/районе промысловые самцы встречались на участке, ограниченном меридианами 170°15′–175°55′ в. д. на глубинах от 35 до 215 м. В ходе работ там было отмечено два скопления:

1) на участке с координатами 172°30′–173°50′ в. д. в диапазоне глубин 60–95 м. На площади 2310 км^2 численность промысловых самцов была оценена в 1,627 млн экз. при средней плотности поселений в 703 экз./ км^2. Ядро скопления располагалось на участке с координатами 173°10′–173°25′ в. д. на глубинах 60–70 м, средняя плотность поселений составляла 824 экз./ км^2 (максимальная достигала 1795 экз./км^2);

2) на участке с координатами 174°30′–175°05′ в. д. в диапазоне глубин 50–75 м. На площади 750 км^2 численность промысловых самцов составляла 0,499 млн экз. при средней плотности поселений 662 экз./км^2 (максимальная — 3915 экз./км^2).

За пределами скоплений численность промысловых самцов была оценена в 4,890 млн экз. при средней плотности поселений 305 экз./км^2. В целом в Корякском п/районе численность промысловых самцов составляла 7,016 млн экз. при средней плотности поселений 367 экз./км^2.

В Наваринском п/районе промысловые самцы встречены на участке с координатами 176°10′–179°30′ в. д. на глубинах 45–180 м. Было обнаружено одно крупное скопление в районе с координатами 176°40′–178°55′ в. д. в диапазоне глубин 60–105 м. Однако на глубине около 150 м встречались локальные участки с высокой плотностью поселений этих самцов, которые на момент исследований еще не завершили сезонную миграцию с материкового склона на мелководье. На площади 4050 км^2 численность промысловых самцов была оценена в 4,310 млн экз. при средней плотности в 1063 экз./км^2. Ядро скопления располагалось на участке с координатами 177°35′–178°35′ в. д., средняя плотность поселений составляла 1340 экз./км^2 (максимальная — 6125 экз./км^2).

За пределами этих скоплений численность промысловых самцов была оценена в 5,469 млн экз. при средней плотности поселений 419 экз./км^2. В целом в Наваринском п/районе численность промысловых самцов составляла 9,779 млн экз. при средней плотности поселений 419 экз./км^2.

Таким образом, все важные для промысла этого объекта показатели оказались выше в Наваринском п/районе.

В Западно-Беринговоморской зоне, в Корякском п/районе перекруты I порядка встречались в районе с координатами 170°05′–175°45′ в. д. на глубинах от 35 до 215 м. В ходе работ там было отмечено два участка со скоплениями:

1) (небольшое): участок с координатами 173°00′–173°30′ в. д. в диапазоне глубин 60–65 м. На площади 580 км^2 численность промысловых самцов была оценена в 0,070 млн экз. при средней плотности поселений в 120 экз./км^2, максимальной — 186 экз./км^2;

2) (более крупное): участок с координатами 174°20′–175°00′ в. д. в диапазоне глубин 45–65 м. На площади 920 км^2 численность промысловых самцов составляла 0,130 млн экз. при средней плотности поселений 141 экз./км^2, максимальной — 1320 экз./км^2.

Следует отметить, что эти два скопления различались только по занимаемой площади, плотность поселений была примерно равна. За пределами скоплений их численность была оценена в 0,775 млн экз. при средней плотности поселений 44 экз./км^2.

В целом в Корякском п/районе численность перекрутов I порядка составляла 0,975 млн экз. при средней плотности поселений 51 экз./км^2.

В Наваринском п/районе перекруты I порядка были встречены на участке с координатами 176°10′–179°30′ в. д. на глубинах 55–190 м, в период исследований предпочитая глубины 65–100 м. При этом места повышенной концентрации (178°20′–178°25′ в. д., средняя плотность поселений 180 экз./км^2) были отмечены и на глубинах 130–135 м. Было обнаружено только одно крупное по площади скопление в районе с координатами 177°10′–178°40′ в. д. в диапазоне глубин 55–100 м. В скоплении, на площади 2625 км^2, численность перекрутов I порядка была оценена в 0,300 млн экз. при средней плотности поселений в 114 экз./км^2. Ядро скопления располагалось на участке с координатами 177°40′–178°20′ в. д., средняя плотность поселений составляла 121 экз./км^2 (максимальная достигала 500 экз./км^2). То есть это скопление можно оценить не как плотное, а, скорее всего, как место повышенной концентрации.

За пределами скоплений численность была оценена в 0,625 млн экз. при средней плотности поселений 43 экз./км^2. В целом в Наваринском п/районе численность перекрутов I порядка была равна 0,925 млн экз. при средней плотности поселений 53 экз./км^2.

Численности перекрутов II порядка, молодых самцов и самок в Западно-Беринговоморской зоне были оценены в 0,818, 0,829 и 16,648 млн экз. соответственно.

В целом в Западно-Беринговоморской зоне, по результатам траловой съемки 2016 г., численность запаса промысловых самцов составляла 16,795 млн экз., непромысловых самцов — 3,547 млн экз. (из них перекрутов I порядка 1,900 млн экз.), самок — 16,648 млн экз.

Численность и биомасса самцов и самок представлены в таблице 2. Размерный состав самцов в Западно-Беринговоморской зоне в 2005–2016 гг. показан на рисунке 2. Распределение самцов по ширине карапакса в 2006–2016 гг. показано в таблице 3.

Анализ межгодовой динамики размерного состава самцов показал, что в последние годы в ней произошли заметные изменения. Так, доля промысловых самцов в 2010 г. составляла 18,7% (самый низкий показатель за последние годы), затем начала постепенно повышаться и в 2014 г. составила 66%. В 2015–

Таблица 2. Численность и биомасса промысловых, непромысловых самцов и самок синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в 2016 г.

	Промысловые		Непромысловые		Самки		Всего	
N, тыс. т./%	16,795	45,4	3,547	9,6	16,648	45,0	36,990	100,0
B, млн экз./%	36,193	66,1	2,653	4,8	15,932	29,1	54,778	100,0

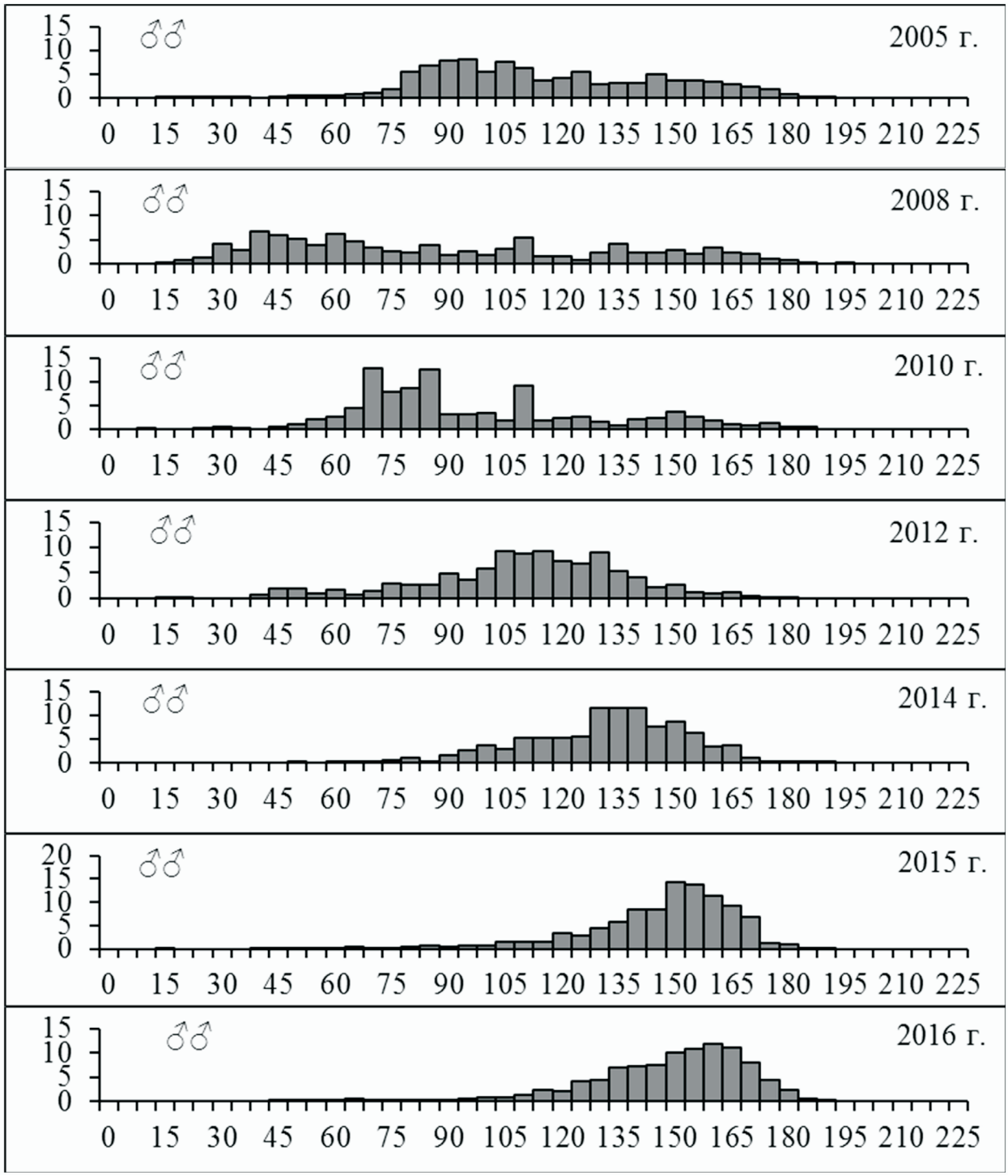


Рис. 2. Размерный состав самцов синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015 и 2016 гг. По шкале абсцисс — ширина карапакса, мм; по оси ординат — частота встречаемости

2016 гг. она увеличилась до 85%. Аналогичным образом происходило и изменение доли крупных самцов: 11,9% в 2010 г. и в дальнейшем падение их доли до 6,9% в 2012 г. Такое заметное снижение доли этой размерной группы крабов и привело к общему значительному уменьшению доли промысловых самцов в популяции в 2012 г. Это снижение было связано, в первую очередь, как с естественными причинами (элиминацией старших возрастных групп), так и с промысловым изъятием этого вида. Кроме этого, к 2008–2010 гг. произошло уменьшение доли промысловых самцов размером 130–149 мм, но оно к 2015–2016 стабилизировалась на уровне 26%. Следует отметить, что к 2010 г. заметно возросла доля молодых самцов, что, вероятнее всего, связано с появлением в популяции в 2005–2006 гг. урожайного поколения. Это косвенно подтверждается данными учетных траловых съемок 2005, 2008 и 2010 гг., по их результатам доля молодых самцов составляла соответственно 34,3, 59,1 и 60,0% от общего количества самцов. В 2012–2013 гг. часть из них стала рекрутами и пополнила собой промысловую часть популяции. В то же время доля молодых самцов в 2014–2016 гг. резко уменьшилась до 3,1–6,5%.

Изменение среднего промыслового размера самцов в последние годы показано в таблице 4. Средний размер промысловых самцов за последние три года увеличился на 11,5 мм и составил 156,5 мм.

В последнее время промысел синего краба был весьма успешен. Его анализ показал следующее. Средняя величина уловов на судосутки за последние 7 лет возросла почти в 5 раз: с 1,262 т в 2010 г. до 5,909 т в 2016 г.

Количество с/суток, затраченных на освоение всей величины общего допустимого улова (ОДУ) в течение года, в этот же период времени снизилось почти в 2 раза: с 741 до 373 с/суток. При ежегодном увеличении величины ОДУ время на освоение крабовых квот значительно уменьшилось. Это, как и ряд других показателей, которые будут рассмотрены ниже, косвенно свидетельствует о хорошем и стабильном состоянии популяции синего краба.

Динамика вылова и ОДУ синего краба в 2005–2016 гг. показаны на рисунке 3. Доля освоения ОДУ в последние 4 года не опускалась ниже 93%, в 2016 г. достигнув 98%. Динамика промыслового запаса в Западно-Беринговоморской зоне в 2005–2016 гг. показана на рисунке 4.

Таблица 3. Соотношение размерных групп и доля промысловых самцов синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в 2008–2016 гг., %

Год	Ширина карапакса, мм					Доля пр. самцов,
	<100	100–114	115–129	130–149	≥150	%
2005	34,3	19,3	13,3	14,5	18,6	33,1
2008	59,1	10,6	4,2	11,1	15,0	26,1
2010	60,0	14,6	6,7	6,8	11,9	18,7
2012	25,5	23,7	23,4	20,5	6,9	27,4
2014	6,3	11,8	15,8	42,2	23,6	66,1
2015	3,5	3,8	7,7	27,0	58,0	85,0
2016	24,6	2,5	5,5	17,2	50,2	67,4

Таблица 4. Средние размеры (ШК) промысловых самцов синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в 2006–2016 гг. (по данным траловых и ловушечных съемок)

Год	L±m, мм	Год	L±m, мм
2008	153,4±0,2	2014	146,0±0,3
2010	156,5±0,5	2015	154,0±0,7
2012	142,1±0,4	2016	156,5±0,3

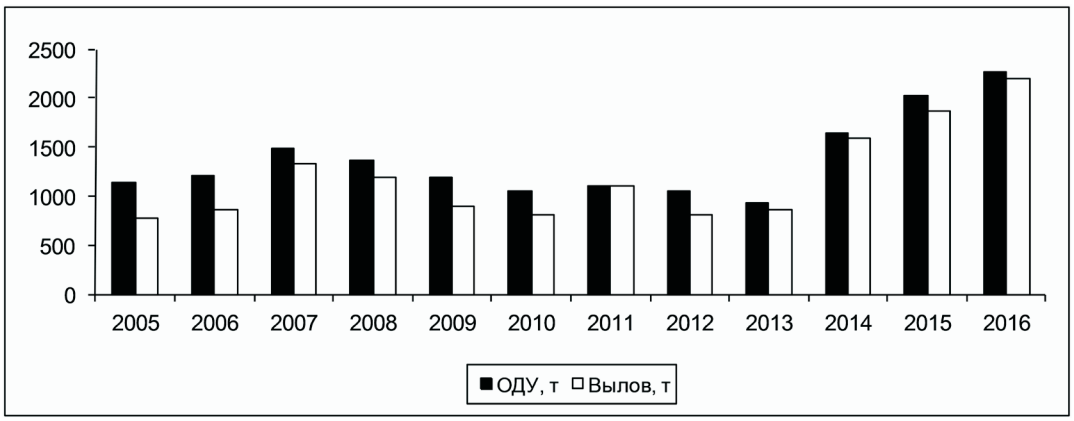


Рис. 3. ОДУ и вылов промысловых самцов синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в 2005–2016 гг. (в 2016 г. вылов дан на 02.12.2016). По оси абсцисс — годы, по оси ординат — т

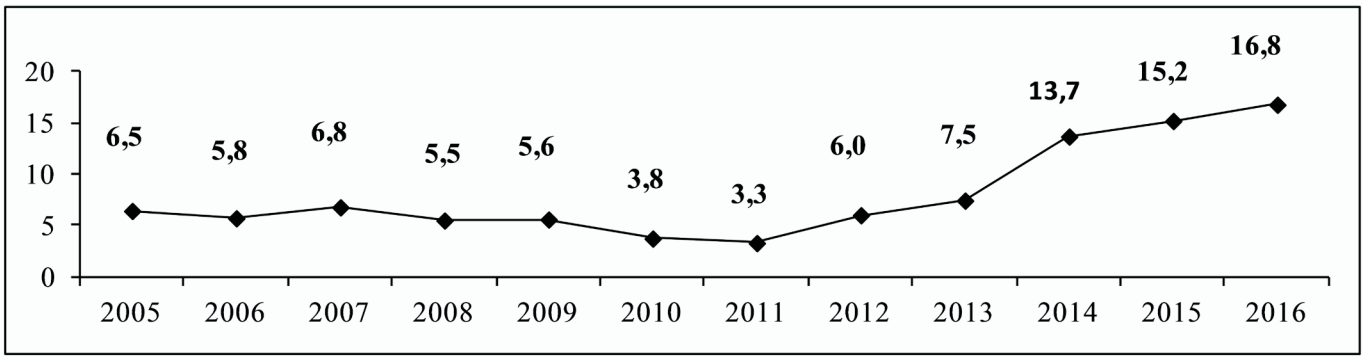


Рис. 4. Динамика промыслового запаса самцов синего краба в Западно-Беринговоморской зоне в 2005–2016 гг. По оси абсцисс — годы, по оси ординат — млн экз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2005–2009 гг. промысловый запас варьировал от 5,5 до 6,8 млн экз., после 2009 г. начал снижаться и в 2011 г. составил всего 3,3 млн экз. Произошло это и в связи с элиминацией старших возрастных групп самцов, и под воздействием промысла. В 2012 г. численность промысловых самцов возросла до 6,0 млн экз. В 2014 г. промысловый запас увеличился до 13,7 млн экз., а в 2016 г. он достиг 16,795 млн экз. Это связано с тем, что большое количество молодых особей (ШК менее 100 мм) и перекрутов I и II порядков (ШК 115–129 и 100–114 мм соответственно), отмеченное еще в 2005–2010 гг., к 2012–2016 гг. стали рекрутами и вступили в промысловую часть популяции.

Таким образом, общее состояние популяции синего краба в настоящее время можно охарактеризовать как стабильное, с признаками увеличения промыслового запаса в ближайшие годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андронов П.Ю., Мясников В.Г. 1999а. Распределение и биология синего краба (*Paralithodes platypus*) в Наваринском районе в летне-осенний период // Изв. ТИНРО. Т. 126. Ч. 1. С. 96–105.

Андронов П.Ю., Мясников В.Г. 1999б. Динамика пространственной структуры олюторско-наваринской популяции синего краба (*Paralithodes platypus*) // Изв. ТИНРО. Т. 126. Ч. 1. С. 106–112.

Букин С.Л., Мясоедов В.И., Низяев С.А., Слизкин А.Г., Терехов С.П., Галимзянов К.Г., Кочнев Ю.Р. 1988. Динамика пространственного распределения и некоторые особенности биологии синего краба северной части Тихого океана // Морские пром. беспозвоночные. Сб. науч. тр. М.: ВНИРО. С. 4–16.

Канарская О.А., Слизкин А.Г. 1975. Сроки нереста и распределение личинок крабов в Беринговом море // Тез. докл. Всесоюз. совещ. «Биологические ресурсы морей Дальнего Востока». Владивосток. С. 65–66.

Мясоедов В.И., Низяев С.А. 1988. Распределение и некоторые аспекты биологии синего краба *Paralithodes platypus* у берегов Западной Камчатки // Морские пром. беспозвоночные. Сб. науч. тр. М.: ВНИРО. С. 16–24.

Мясников В.Г., Андронов П.Ю. 1999. Синий краб (*Paralithodes platypus*) Берингова моря. Популяционная структура // Изв. ТИНРО. Владивосток. Т. 126. Ч. 1. С. 82–87.

Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей. 1979. Под рук. В.Е. Родина и др. ТИНРО. 59 с.

Слизкин А.Г. 1974а. Особенности распределения крабов (Lithodidae et Majidae, Crustacea, Decapoda) в Беринговом море // Тр. ВНИРО. Т. 99. С. 29–37.

Слизкин А.Г. 1974б. Ареалы некоторых видов крабов в Беринговом море // Гидробиология и биогеография шельфов холодных и умеренных вод Мирового океана: Тез. докл. Л. С. 61–62.

Селин Н.И., Федотов П.А. 1996. Вертикальное распределение и некоторые особенности биологии синего краба (*Paralithodes platypus*) в северо-западной части Берингова моря // Биология моря. № 6. С. 386–390.

Федотов П.А. 2011. Некоторые особенности биологии шельфовых и глубоководных видов крабов в Западно-Беринговоморской зоне / Тез. докл. IV Междунар. науч. конф. «Морские прибрежные экосистемы и продукты их переработки». Южно-Сахалинск. С. 110–111.

Федотов П.А. 2013. Летнее распределение и некоторые особенности биологии промысловых видов крабов северо-западной части Берингова моря / Тез. докл. IV Всерос. науч.-практ. конф. «Природные ресурсы их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование». Петропавловск-Камчатский. С. 221–225.

Федотов П.А., Винников А.В. 2015. К оценке промыслового запаса синего краба (*Paralithodes platypus*) в Олюторско-Наваринском районе Берингова моря / Матер. VI Всерос. науч.-практ. конф. «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование». Петропавловск-Камчатский. С. 86–90.

УДК 639.2 (265.53)

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ КАМЧАТСКОГО КРАБА (*PARALITHODES CAMTSCHATICUS*) ТИХООКЕАНСКИХ ВОД КАМЧАТКИ В 2001 Г. И ПРИЛОВ ДРУГИХ ВИДОВ ГИДРОБИОНТОВ ПРИ ЕГО ПРОМЫСЛЕ

С.Г. Коростелев[1], П.А. Федотов[2], Д.А. Терентьев[3]

[1] Координатор программы, д. б. н.; Камчатское/Берингийское отделение Всемирного Фонда дикой природы
683023, Петропавловск-Камчатский, пр. Победы, 27/1
Тел.: +7-924-890-02-20. E-mail: skorostelev@wwf.ru
[2] Вед. н. с., к. б. н.; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Факс: (423) 230-07-51. E-mail: fedotovbash57@mail.ru
[3] Вед. н. с., к. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: terentiev.d.a@kamniro.ru

КАМЧАТСКИЙ КРАБ, АВАЧИНСКИЙ И КРОНОЦКИЙ ЗАЛИВЫ, СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ, ПРИЛОВ

Показано, что в Авачинском и Кроноцком заливах в 2001 г. обитала единая популяция камчатского краба с центром воспроизводства в Авачинском заливе, нагул происходит в охранной акватории Кроноцкого заповедника, а зимовка промысловых самцов — в вершинах глубоководных каньонов Кроноцкого залива. Приведены сведения по состоянию ее запасов в 2001 г. и возможности организации промысла. Проанализирован видовой состав прилова при ловушечном промысле крабов.

THE STATE OF KING CRAB (*PARALITHODES CAMCHATICUS*) IN THE PACIFIC WATERS OFF KAMCHATKA IN 2001 AND THE BYCATCH OF THE OTHER SPECIES OF HYDROBIONTS

S.G. Korostelev[1], P.A. Fedotov[2], D.A. Terentiev[3]

[1] Program coordinator, Dr. Sc. (Biology); World Wildlife Fund (Kamchatka/Beringia office)
683023, Petropavlovsk-Kamchatsky, Prospekt Pobedy, 27/1
Tel.: +7-924-890-02-20. E-mail: skorostelev@wwf.ru
[2] Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Pacific Fishery Research Centre
690091, Vladivostok, Shevchenko, 4
Fax: (423) 230-07-51. E- mail: fedotovbash57@mail. ru
[3]Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel., fax: +7 (4152) 41-27-01. E- mail: terentiev.d.a@kamniro. ru

KING KRAB, AVACHINSKY AND KRONOTSKY GULFS, STATE OF STOCK, BYCATCH

It is demonstrated, that in 2001 there was one united population of king crab in Avachinsky and Kronotsky Gulfs with the center of reproduction in Avachinsky Gulf, the feeding area in the waters of protected aquatic part of the Kronotsky Preserve and the area where commercial males are wintering over the tops of deepwater canyons within Kronotsky Gulf. The article provides data on the state of the stock in 2001 and possibility of fishing. The species composition of bycatch during the king crab trap fishing was analyzed.

В тихоокеанских водах Камчатки (заливах Камчатский, Кроноцкий, Авачинский и у юго-восточного побережья от м. Поворотного до м. Лопатка) обитают несколько видов промысловых крабов. Наиболее многочисленными являются крабы-стригуны бэрди *Chionoecetes bairdi* и опилио *Ch. opilio,* которые встречаются примерно в соотношении 9:1 (Слизкин, Сафронов, 2000). Вторым по значимости промысловым видом является краб камчатский.

Необходимо отметить, что промысел всех видов крабов в Петропавловско-Командорской подзоне до настоящего времени не велся, а в 2017 г. возобновлен промысел краба-стригуна бэрди. Это связано с тем, что начиная с 2004 г. все объекты промысла были распределены между рыбодобывающими предприятиями на доли от ОДУ, исходя из исторического принципа, сначала на 5 лет (до

2008 г.), затем на 10 лет (до 2018 г.) включительно. При этом было определено два вида рыболовства: промышленное и прибрежное. Первое возможно осуществлять только за пределами территориального моря. В 2004 г. практически все виды крабов, обитающих у побережья Камчатки, были определены для промысла именно в этом режиме. При этом во всех районах прикамчатских вод, за исключением тихоокеанских, промысел крабов возможен за пределами 12-мильной зоны и успешно осуществляется. В заливах же Восточной Камчатки промысел был почти полностью прекращен после 2008 г., так как более 90% запасов крабов сосредоточено в пределах внутренних морских вод и территориального моря.

В связи с этим считаем достаточно интересным проанализировать результаты научно-промысловых работ, выполненных в Авачинском и Кроноцком заливах в ноябре–декабре 2001 г. на СТР «Елизово». Кроме того, в литературе отсутствуют сведения о прилове других гидробионтов при ловушечном промысле крабов в этом районе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор информации проводился на борту судна СТР-420 «Елизово», оснащенного стандартным навигационным оборудованием. В качестве орудий лова использовали стандартные крабовые конические ловушки (размер ячеи 45 мм) в количестве 1200 шт. Количество ловушек в одном порядке составляло от 80 до 120 шт. Всего порядков 12. Расстояние между ловушками в порядке — 20 м. В качестве наживы использовали свежемороженую сельдь, измельченную и помещенную в перфорированные пластмассовые банки (одна банка на ловушку).

Ловушечная съемка выполнялась в соответствии с «Руководством…» (1979). Под станцией понималась постановка одиночного порядка (100 конических ловушек) с продолжительностью застоя примерно 24 часа. В режиме контрольного лова застой порядков был не менее суток и не превышал 5 суток. Максимальное расстояние между станциями на разрезе не превышало 5–10 миль, а разрезы располагались на расстоянии 5–15 миль друг от друга. Площадь облова ловушек принималась равной 4100 м^2. Исследованная площадь составила 3550 км^2. На каждой станции в компьютерный журнал заносили: дату и время постановки и выборки порядка; глубину; время застоя ловушек; улов беспозвоночных и рыб в шт. и кг. Расчет численности камчатского краба и его запасов выполнялся с помощью компьютерной программы ГИС «КартМастер 4.1» (Бизиков и др., 2007).

Полный биологический анализ камчатского краба включал в себя: определение вида и пола; промер по наибольшей ширине карапакса без учета боковых шипов с точностью до 1 мм, взвешивание с точностью до 50 г; определение стадии линьки у самцов и стадии зрелости самок. Всего выполнено 770 биоанализов и 601 массовый промер.

В ходе проведения работ собирался материал, характеризующий уловистость используемых ловушек и соотношение различных видов рыб и беспозвоночных в уловах. Для этих целей проводили просчет улова по схеме: анализировали улов из 10 ловушек в начале, середине и конце контрольного порядка. Просчет массовых видов проводили при помощи счетчиков.

Постановку контрольных порядков осуществляли в начале ноября в северной части Авачинского залива на глубинах 30–70 м (выполнено 11 постановок с 03.11.2001 по 11.11.2001), а во второй половине ноября и в декабре в Кроноцком заливе на глубинах от 30 до 285 м (выполнено 89 постановок с 12.11.2001 по 26.12.2001). Контрольные постановки выполняли поперек изобат, продолжительность застоя составляла 1–2 суток. За время проведения работ выполнено 142 постановки ловушечных порядков на глубинах от 20 до 300 м, из них 100 учетных (рис. 1).

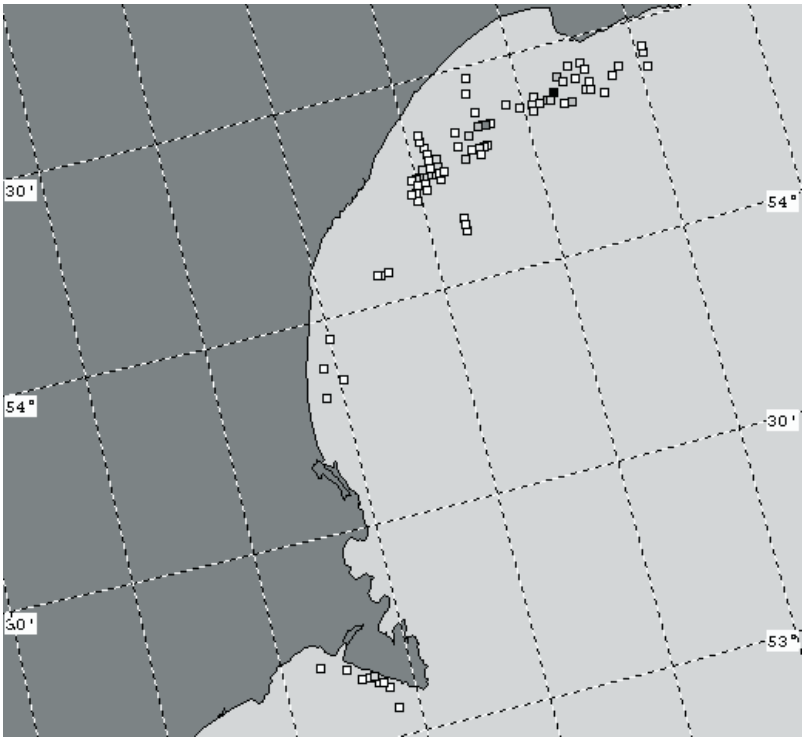


Рис. 1. Схема ловушечной съемки, выполненной на СТР «Елизово» в ноябре–декабре 2001 г. в Кроноцком и Авачинском заливах

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав уловов

Видовой состав и встречаемость различных видов беспозвоночных и рыб в уловах конических крабовых ловушек за период проведения работ в ноябре–декабре в Авачинском и Кроноцком заливах представлены в табл. 1. Как видно из таблицы, в уловах зарегистрировано 8 видов крабов, а также такие беспозвоночные, как моллюски (трубачи и осьминоги), иглокожие (морские ежи и звезды), сцифоидные медузы и асцидии. Кроме того, в уловах встречались 10 видов рыб, наиболее многочисленными из которых являлись треска *Gadus macrocephalus*, белобрюхий получешуйник *Hemilepidotus jordani* и охотский липарис *Liparis ochotensis* (последний доминировал среди рыб и по массе).

В уловах 99% постановок встречался краб-стригун бэрди. Этот вид отсутствовал только при постановке порядка в декабре в Кроноцком заливе на глубине 250–285 м. Средние уловы промысловых и непромысловых самцов этого вида крабов за весь период работ составили 3,31, самок — 2,09 экз./ловушку в пересчете на сутки застоя, а максимальные достигали 12,5 и 33,2 экз./ловушку в пересчете на сутки застоя соответственно.

Камчатский краб встречался только в 89% постановок порядков. Он отсутствовал при постановке порядков на глубине менее 35 м в начале ноября в Авачинском заливе и на глубинах до 40 м и после 150 м в ноябре–декабре в Кроноцком заливе. Средние уловы промысловых самцов этого вида крабов за весь период работ составили 0,26, самок — 0,08 экз./ловушку в пересчете на сутки застоя, а максимальные достигали 1,96 и 3,34 экз./ловушку в пересчете на сутки застоя соответственно.

Состав уловов при постановке порядков крабовых конических ловушек в ноябре–декабре 2001 г. в значительной мере зависел от батиметрического диа-

Таблица 1. Состав уловов конических крабовых ловушек в ноябре–декабре 2001 г. в Авачинском и Кроноцком заливах на глубинах 31–285 м

Вид	По численности, %	По массе, %	Экз. на 100 ловушек за 24 ч	Масса на 100 ловушек за 24 ч, кг	Частота встречаемости, %
Камчатский краб, в т. ч.:	5,9	28,4	37,2	79,1	89
самцы промысловые	4,2	25,1	26,4	70,0	89
самцы непромысловые	0,5	0,7	3,0	2,1	58
самки	1,2	2,5	7,8	7,0	71
Стригун бэрди, в т. ч.:	86,3	63,0	540,0	175,6	99
самцы	52,9	48,6	331,1	135,6	99
самки	33,4	14,4	208,9	40,0	82
Стригун опилио, в т. ч.:	2,2	2,0	13,8	5,6	20
самцы	1,5	1,6	9,5	4,4	16
самки	0,7	0,4	4,3	1,2	13
Волосатый четырехугольный краб	0,6	1,0	4,0	2,7	46
Колючий краб	0,1	0,3	0,7	1,0	17
Синий краб	0,2	0,2	0,8	0,5	11
Равношипый краб	+	+	+	+	8
Краб паук *Hyas coarctatus*	0,3	0,1	1,6	0,2	11
Осьминоги *Octopodidae* sp.	+	+	0,1	0,1	13
Трубачи *Buccinidae* sp.	0,5	0,1	3,1	0,3	38
Палевый морской еж *Strongylocentrotus pallidus*	2,1	0,3	13,4	0,7	69
Плоский морской еж *Echinarachnius parma*	0,2	+	1,2	0,1	26
Морские звезды *Asteroidea* sp.	+	+	0,3	0,1	20
Сцифоидные медузы *Scyphozoa* sp.	+	0,2	0,3	0,6	31
Асцидии *Ascidiacea* sp.	+	+	0,1	+	6
Треска	0,2	0,8	1,2	2,2	52
Минтай *Teragra chalcogramma*	+	+	0,1	0,1	11
Зайцеголовый терпуг *Hexagrammos lagocephalus*	+	+	0,1	0,1	11
Многоиглый керчак *Myoxocephalus polyacanthocephalus*	+	0,1	0,1	0,2	11
Пестрый получешуйник *Hemilepidotus gilberti*	+	0,8	2,3	2,1	56
Белобрюхий получешуйник	0,2	0,3	1,3	0,7	46
Шершавый карепрокт *Carproctus rastrinus*	+	+	0,1	0,1	15
Охотский липарис	0,5	2,3	3,4	6,3	76
Желтоперая камбала *Limanda aspera*	+	+	0,1	0,1	9
Звездчатая камбала *Platichthys stellatus*	+	+	0,2	0,1	5

Примечание: знак «+» означает менее 0,1%

пазона работ. На глубинах от 40 до 150 м камчатский краб встречался во всех постановках. Однако наибольшие его уловы наблюдались в северной части Авачинского залива в начале ноября на глубине 42 м (0,2 экз./ловушку в пересчете на сутки застоя), а в Кроноцком заливе в середине декабря на глубине 90 м — 1,96 экз./ловушку в пересчете на сутки застоя.

Биологическое состояние камчатского краба и оценка его запасов в 2001 г.

Размерный состав особей камчатского краба в ловушечных уловах в ноябре в Авачинском заливе представлен на рис. 2 и 3. Размеры самцов изменялись в пределах от 126 до 219 мм (средний размер промысловых самцов 179, непромысловых — 138 мм), самок — от 109 до 137 мм (средний размер 120 мм). Вес промысловых самцов изменялся от 1,6 до 4,5 кг, непромысловых — от 1 до 1,8 кг, самок — от 0,7 до 1,4 кг. При этом средняя масса промысловых самцов камчатского краба составляла 2,947, непромысловых — 1,392, самок — 0,975 кг.

Доля самцов непромыслового размера в Авачинском заливе составляла 20% от общей численности самцов. В уловах доминировали самки. При этом соотношение полов было близко 2:1 в пользу самок. Все самки находились на III стадии зрелости, 40% из них имело икру фиолетового цвета, а 60% — бурого. Среди самцов 17% находились на 3-й ранней, 40% — на 3-й, 37% — на 3-й поздней, и 6% — на 4-й межлиночной стадии.

Размерный состав самцов камчатского краба в ловушечных уловах в ноябре–декабре 2001 г. в Кроноцком заливе представлен на рис. 4. Размеры самцов изменялись в пределах от 62 до 218 мм. Средний размер промысловых самцов составлял 175,7 и 178,3 мм,

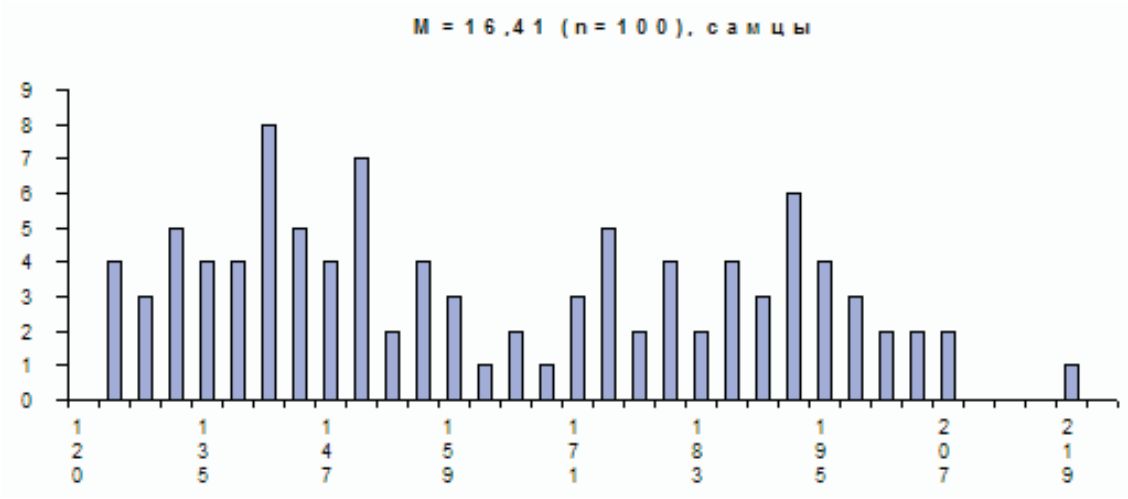


Рис. 2. Размерный состав самцов камчатского краба в Авачинском заливе в ноябре 2001 г. (по оси абсцисс — ширина карапакса, мм; по оси ординат — %)

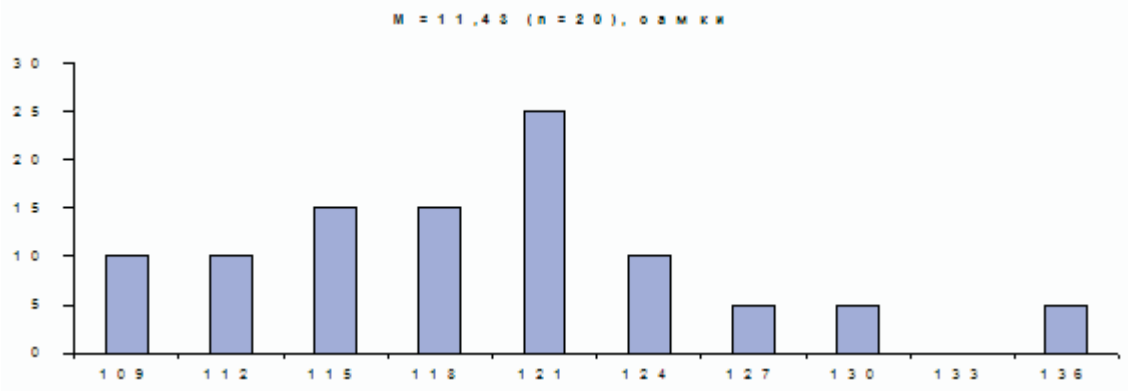


Рис. 3. Размерный состав самок камчатского краба в Авачинском заливе в ноябре 2001 г. (по оси абсцисс — ширина карапакса, мм; по оси ординат — %)

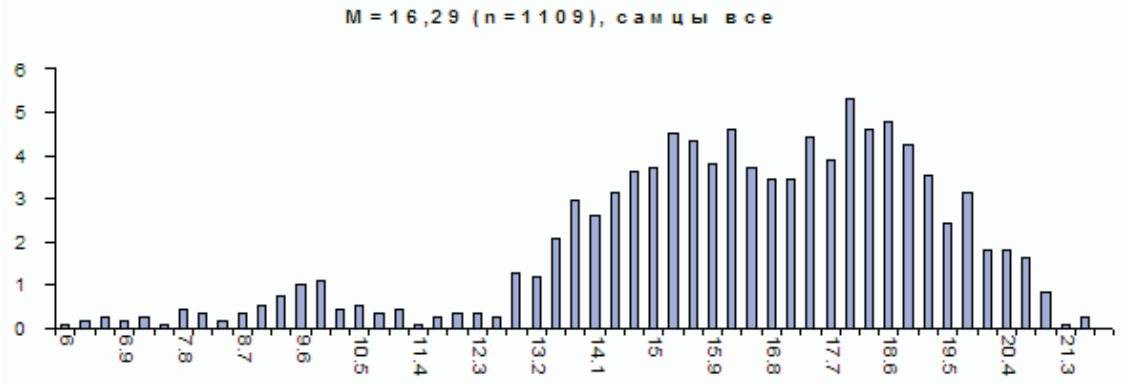


Рис. 4. Размерный состав самцов камчатского краба в Кроноцком заливе в ноябре–декабре 2001 г. (по оси абсцисс — ширина карапакса, см; по оси ординат — %)

непромысловых — 114,7 и 132,7 мм в ноябре (рис. 5) и декабре (рис. 6) соответственно. Размеры самок (рис. 7) изменялись от 64 до 138 мм (средний размер — 102 мм).

Доля особей промыслового размера составляла в ноябре 77,6%, в декабре — 71,7%, в среднем за период работ в Кроноцком заливе — 74,2%. Доля самцов непромыслового размера от общей численности самцов в Кроноцком заливе была выше, чем в Авачинском, на 5,2%. Доля перекрутов (ширина карапакса 140–149 мм) составляла в ноябре 6%, а в декабре почти в два раза больше — 11,8%.

Вес промысловых самцов изменялся от 1,1 до 5,1 кг (рис. 8), непромысловых — от 0,2 до 1,6 кг, самок — от 0,15 до 1,7 кг (рис. 9). При этом средняя масса промысловых самцов камчатского краба составляла 2,62, непромысловых — 0,86, самок — 0,75 кг.

Если в Авачинском заливе в уловах доминировали самки, то в Кроноцком заливе и в ноябре и в декабре доминировали самцы, которых было больше самок в 7,4 и 6,8 раза соответственно.

Среди самок камчатского краба в Кроноцком заливе 52% были неполовозрелы, 5% были яловыми, а 43% имели икру. При этом большинство самок с

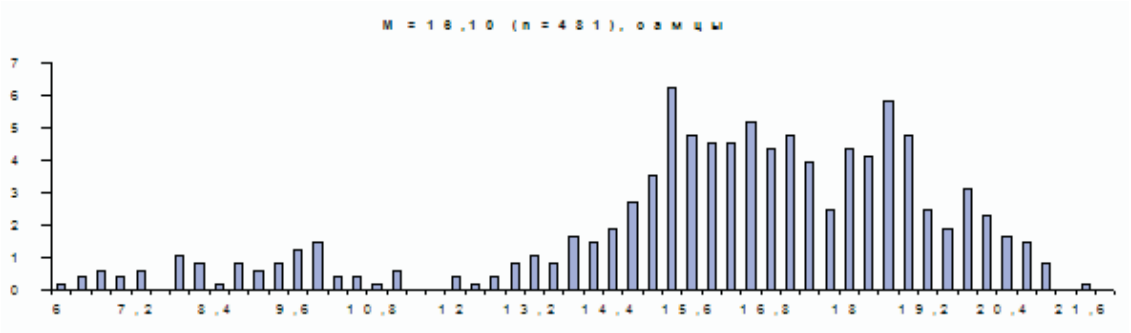


Рис. 5. Размерный состав самцов камчатского краба в Кроноцком заливе в ноябре 2001 г. (по оси абсцисс — ширина карапакса, см; по оси ординат — %)

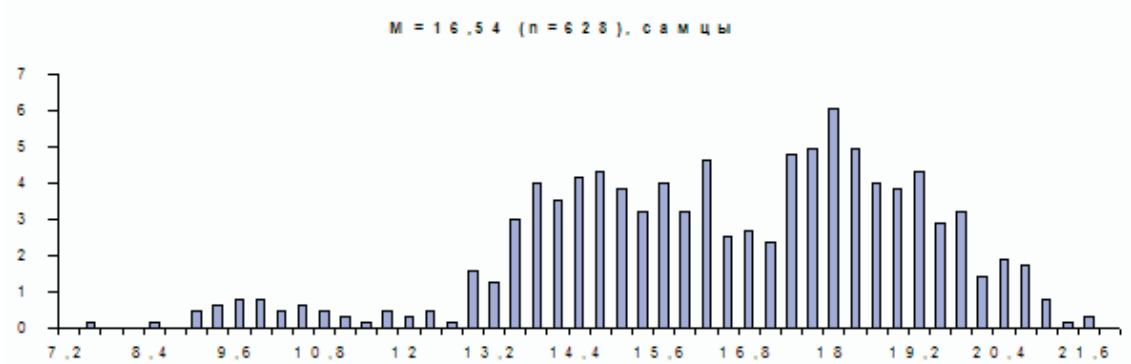


Рис. 6. Размерный состав самцов камчатского краба в Кроноцком заливе в декабре 2001 г. (по оси абсцисс — ширина карапакса, см; по оси ординат — %)

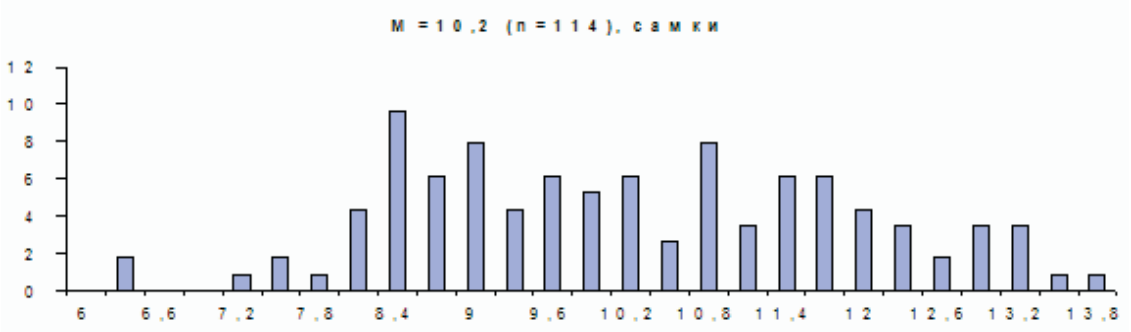


Рис. 7. Размерный состав самок камчатского краба в Кроноцком заливе в ноябре–декабре 2001 г. (по оси абсцисс — ширина карапакса, см; по оси ординат — %)

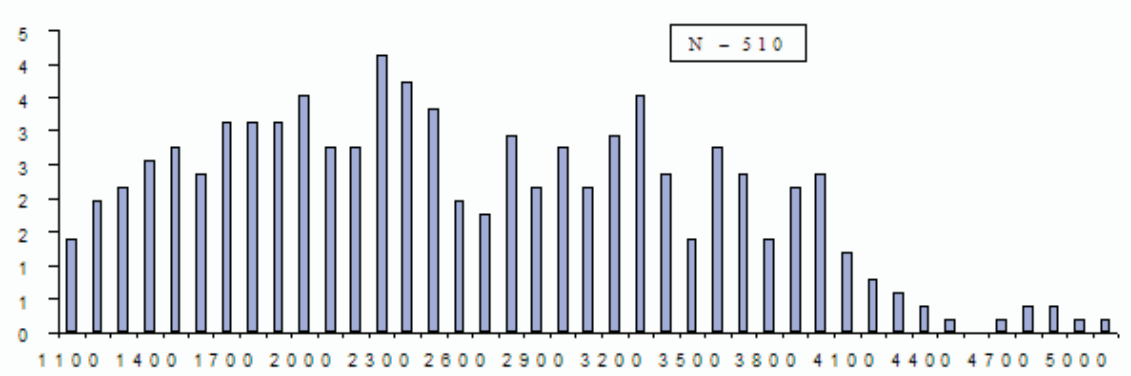


Рис. 8. Весовой состав промысловых самцов камчатского краба в Кроноцком заливе в ноябре–декабре 2001 г. (по оси абсцисс — вес, г; по оси ординат — %)

икрой (85%) находилось на IV стадии (ИГ), 15% — на III стадии зрелости, 50% из них имело икру фиолетового цвета, а 50% — бурого.

В ноябре и особенно в декабре у самцов камчатского краба преобладали особи 3-й межлиночной стадии (табл. 2, 3), их доля достигала 55,7 и 66,2% соответственно. Крабы 3-й поздней стадии составляли немногим более 20% от общего числа самцов. Доля недавно перелинявших особей уменьшилась в декабре до 11% (по сравнению с ноябрем — 15,8%).

Самцы 2-й стадии линьки в ловушках не встречались. Среди непромысловых самцов отсутствовали особи на 4-й стадии, а среди промысловых они составляли 6,7 и 0,9% в ноябре и декабре соответственно.

Сравнивая межлиночное состояние самцов промыслового и непромыслового размеров, можно отметить, что, несмотря на доминирование у крабов обоих категорий особей 3-й стадии линьки, у непромысловых самцов их доля была значительно выше, чем у промысловых, как в ноябре, так и в декабре. Зато большая часть недавно перелинявших крабов были промыслового размера.

Также отметим, что в ноябре межлиночное состояние самцов несколько отличалось от наблюдавшегося в декабре. В уловах как среди промысловых, так и среди непромысловых самцов происходило снижение доли крабов на 3-й ранней стадии при одновременном увеличении количества особей, находившихся на 3-й межлиночной стадии. Увеличилась доля 3-й поздней стадии среди непромысловых самцов, и значительно уменьшилось количество промысловых самцов на 4-й межлиночной стадии.

Распределение промысловых самцов камчатского краба в Авачинском и Кроноцком заливах в ноябре–декабре 2001 г. представлено на рис. 10. Как видно на рисунке, максимальные плотности, до 270 экз. на км^2, они образовывали в северной части Кроноцкого залива на глубинах 50–100 м в вершинах глубоководных каньонов. Численность промысловых самцов на исследованной площади составила 272 тыс. экз. При средней массе самца 2,947 кг промысловый запас составлял 801,6 т.

Распределение непромысловых самцов камчатского краба в Авачинском и Кроноцком заливах в ноябре–декабре 2001 г. представлено на рис. 11. Максимальные плотности (до 63 экз. на км^2) они образовывали в южной части Кроноцкого залива на глубинах 20–50 м. Численность промысловых самцов на

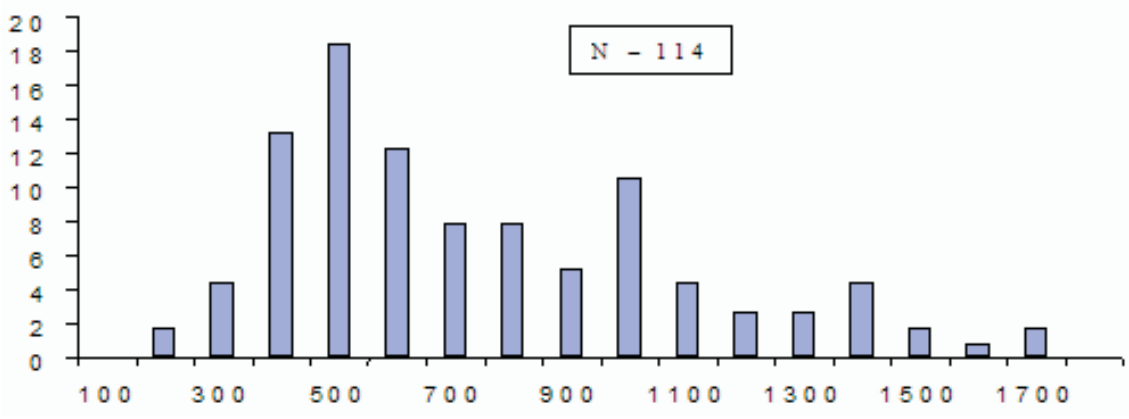


Рис. 9. Весовой состав самок камчатского краба в Кроноцком заливе в ноябре–декабре 2001 г. (по оси абсцисс — вес, г; по оси ординат — %)

Таблица 2. Межлиночные стадии самцов камчатского краба в Кроноцком заливе в ноябре 2001 г.

Межлиночные стадии	Общая по самцам, %	Промысловые самцы, %	Непромысловые самцы, %
3р	15,8	16,4	13,9
3	55,7	48,5	80,6
3п	23,3	28,4	5,6
4	5,2	6,7	0

Таблица 3. Межлиночные стадии самцов камчатского краба в Кроноцком заливе в декабре 2001 г.

Межлиночные стадии	Общая по самцам, %	Промысловые самцы, %	Непромысловые самцы, %
3р	11	11,5	9,5
3	66,2	59,7	82,6
3п	22,2	27,9	7,9
4	0,6	0,9	0

исследованной площади составила 51,5 тыс. экз. При их среднем весе 1,392 кг биомасса составляла 71,7 т.

Распределение самок камчатского краба в Авачинском и Кроноцком заливах в ноябре–декабре 2001 г. представлено на рис. 12. Видно, что максимальные плотности до 400 экз. на км^2 они образовывали в северной части Авачинского залива на глубине 50 м. Учтенная численность самок составляла 148 тыс. экз.

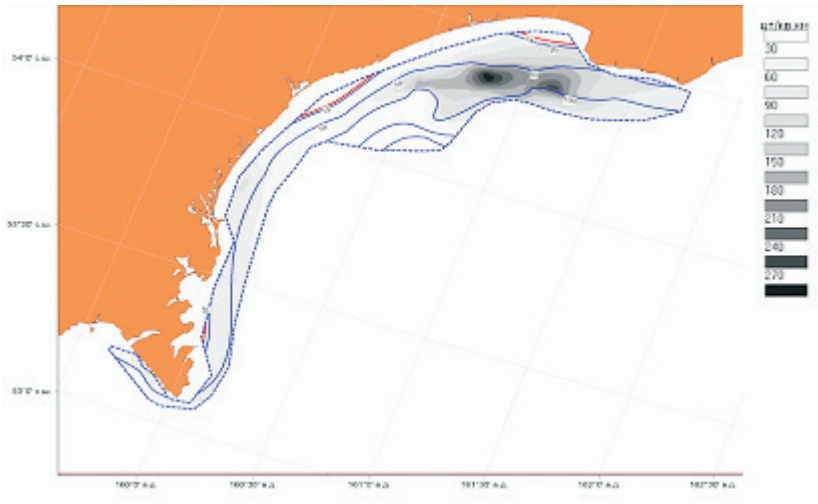


Рис. 10. Распределение промысловых самцов камчатского краба в Авачинском и Кроноцком заливах в ноябре–декабре 2001 г. по данным ловушечной съемки

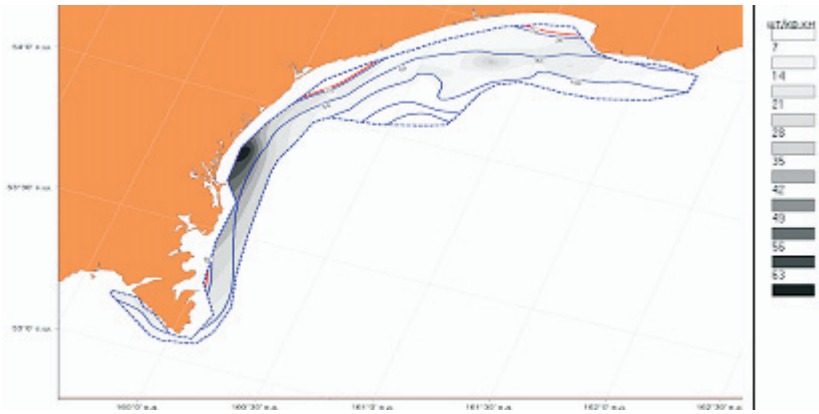


Рис. 11. Распределение непромысловых самцов камчатского краба в Авачинском и Кроноцком заливах в ноябре–декабре 2001 г. по данным ловушечной съемки

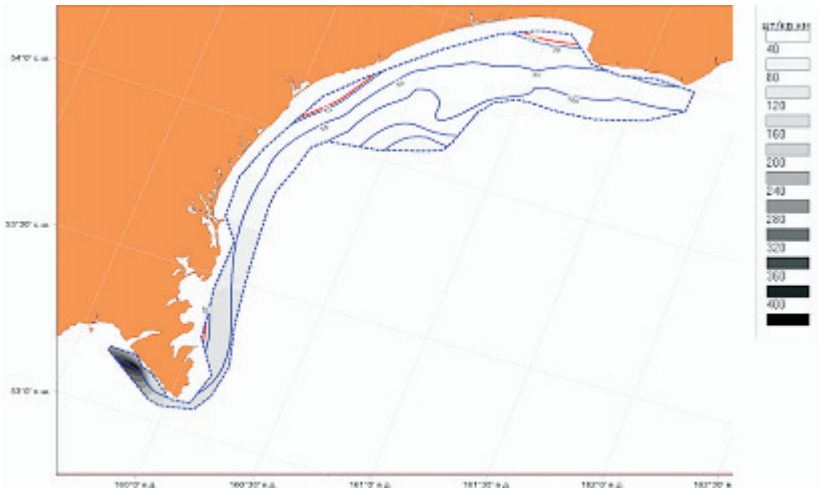


Рис. 12. Распределение самок камчатского краба в Авачинском и Кроноцком заливах в ноябре–декабре 2001 г. по данным ловушечной съемки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Восточнокамчатская популяция камчатского краба никогда не была многочисленной (Левин, 2001). В начале 90-х годов XX века наибольшая плотность скоплений камчатского краба отмечалась в Кроноцком заливе, где периодически вели его промысел; в 1993 г. было поймано более 300 т, после чего промысел прекратился в связи с резким сокращением запаса (Слизкин, Сафронов, 2000). Исследования, проведенные в 1997 г., показали, что основная часть промыслового запаса сосредоточена в Авачинском заливе (Лысенко, Федотов, 1999). Учетные работы, выполненные в летний период в 1999–2012 гг., не выявили значимых промысловых запасов камчатского краба в Авачинском и Кроноцком заливах (Федотов, 2004, 2006; Иванов и др., 2013).

Как показано нами, в Кроноцком заливе к 2001 г. промысловый запас камчатского краба восстановился. По-видимому, в летний период промысловые самцы мигрируют в 3-мильную охранную зону Кроноцкого заповедника, и поэтому не были обнаружены при выполнении донной траловой съемки на СТРМ «Шурша» в августе 1999 г., а также в 2002 г. при выполнении аналогичной съемки на РКМРТ «Фортуна». Зимовку промысловые самцы камчатского краба в Кроноцком заливе проводят в вершинах подводных каньонов на глубинах 60–100 м в зоне подтока теплых вод, что хорошо видно на рис. 10. В связи с этим, оценки промыслового запаса камчатского краба необходимо выполнять в ноябре–декабре.

В северной части Авачинского залива вдоль мыса Шипунского концентрируются самки камчатского краба (рис. 12), и данный район, видимо, является центром воспроизводства восточнокамчатской популяции. По мере взросления самцы начинают миграцию из Авачинского залива в Кроноцкий, на что указывает повышенная их концентрация в южной части Кроноцкого залива (рис. 11).

Таким образом, в Авачинском и Кроноцком заливах обитает единая популяция камчатского краба, центр воспроизводства которой находится в Авачинском заливе, нагул происходит в охранной акватории Кроноцкого заповедника, а зимовка промысловых самцов — в вершинах глубоководных каньонов Кроноцкого залива. Учитывая отсутствие промысла в последние 15 лет, эта популяция должна находиться в очень хорошем состоянии и требует срочной современной оценки численности. Введение ее в промысел может обеспечить, по самым скромным оценкам, ежегодный вылов в размере 50–100 т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2007. Географическая информационная система «Картмастер» // Рыбное хозяйство. № 1. С. 96–99.

Иванов П.Ю., Шагинян Э.Р., Михайлова О.Г., Дунаев Р.В. 2013. Результаты исследований, проведенных лабораторией промысловых беспозвоночных и водорослей / Матер. отчетн. сессии ФГУП «КамчатНИРО» по итогам научно-исследовательских работ в 2012 г. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 44–57.

Левин В.С. 2001. Камчатский краб *Paralithodes camtshaticus*. Биология, промысел, воспроизводство. СПб.: Ижица. 198 с.

Лысенко В.Н., Федотов П.А. 1999. Распределение и некоторые особенности биологии шельфовых видов крабов у восточного побережья Камчатки / Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки. Петропавловск-Камчатский. С. 71–72.

Руководство по изучению десятиногих ракообразных *Decapoda* дальневосточных морей. 1979. Сост.: В.Е. Родин, А.Г. Слизкин, В.И. Мясоедов, В.Н. Барсуков, В.В. Мирошников, К.А. Згуровский, О.А. Канарская, В.Я. Федосеев. Владивосток: ТИНРО. 59 с.

Слизкин А.Г., Сафронов С.Г. 2000. Промысловые крабы прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: Северная Пацифика. 180 с.

Федотов П.А. 2004. Состояние запасов и распределение шельфовых видов крабов в заливах Петропавловск-Командорской и Карагинской подзон по результатам траловой съемки 2002 г. / Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Матер. V Науч. конф. (22–24 ноября 2004 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 253–256.

Федотов П.А. 2006. Распределение и некоторые особенности биологии камчатского краба в заливах Восточной Камчатки / Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами. Сб. матер. Междунар. конф. (Мурманск, 25–29 сентября 2006 г.). Мурманск. С. 106–109.

УДК 597.585.1

РОГАТКОВЫЕ РЫБЫ ПОДСЕМЕЙСТВА *HEMILEPIDOTINAE* (COTTIDAE) ПРИКАМЧАТСКИХ ВОД И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ РЕСУРСОВ

А.М. Токранов

Дир., д. б. н.; Камчатский филиал ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
683000, Петропавловск-Камчатский, Партизанская, 6
Тел., факс: (4152) 41-24-64. E-mail: tok_50@mail.ru

РОГАТКОВЫЕ РЫБЫ, ПОДСЕМЕЙСТВО HEMILEPIDOTINAE, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ, БИОМАССА, ПРИКАМЧАТСКИЕ ВОДЫ

Приведены данные о пространственно-батиметрическом распределении, размерно-возрастной структуре, размножении, биомассе рогатковых рыб подсемейства Hemilepidotinae и их роли в донных и придонных ихтиоценах прикамчатских вод. Обсуждаются проблемы эксплуатации ресурсов этих рыб в настоящее время.

SCULPINS OF THE SUBFAMILY *HEMILEPIDOTINAE* (COTTIDAE) IN THE WATERS OFF KAMCHATKA AND PROBLEMS OF EXPLOITATION OF THE RESOURCE

Alexey M. Tokranov

Director, Dr. Sc. (Biology); Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute, Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya, 6
Tel, fax: (4152) 41-24-64. E-mail: tok_50@mail.ru

SCULPINS, SUBFAMILY, HEMILEPIDOTINAE, DISTRIBUTION, BIOLOGICAL SPECIFICS, BIOMASS, WATERS OFF KAMCHATKA

Data on the spatial-bathymetric distribution, body length and weight structure, reproduction, biomass of sculpins of the subfamily *Hemilepidotinae* are provided and the role the subfamily plays in the bottom and near-bottom ichthyocenoses in the waters off Kamchatka is analyzed. Problems of today exploitation of this fish resource are analyzed.

Рогатковые рыбы подсемейства Hemilepidotinae, или получешуйники, широко распространены в северной части Тихого океана: вдоль азиатского побережья от берегов Кореи и Японии до Берингова пролива, а вдоль американского — на юг до Калифорнии (Борец, 2000; Mecklenburg et al., 2002; Федоров и др., 2003; Тупоногов, Кодолов, 2014; и др.). В отдельных районах своего обширного ареала они обладают относительно высокой численностью и биомассой (Токранов, 1985а, 1988а; Борец, 1997; Фадеев, 2005), в связи с чем играют заметную роль в донных ихтиоценах как потенциальные пищевые конкуренты промысловых рыб (Токранов, 1985а, 2009, 2016а), а также могут быть объектами прибрежного рыболовства (Токранов, 1985а, 1990, 2002, 2009, 2014а,б, 2015; Фадеев, 2005; и др.). Из пяти представителей подсемейства Hemilepidotinae, зарегистрированных в настоящее время в прикамчатских водах (Шейко, Федоров, 2000), два — белобрюхий *Hemilepidotus jordani* и пестрый *H. gilberti* получешуйники — относятся к сравнительно многочисленным, а еще два — чешуехвостый получешуйник *Hemilepidotus zapus* и бычок-бабочка *Melletes papilio* — к обычным видам рыб. Обобщение имеющейся на сегодня информации (Токранов, 1981а,б, 1984, 1985а,б,в, 1986, 1988а,б, 1990, 1993а,б, 1995, 2009, 2014а,б,в, 2015, 2016а,б; Борец, 1985; Токранов, Полутов, 1984; Золотов, Токранов, 1989, 1991; Токранов и др., 2003, 2016; Чучукало, 2006; Датский, Андронов, 2007; Токранов, Орлов, 2008а,б, 2012; Орлов, 2010; Тупоногов, Кодолов, 2014; Тупоногов, Явнов, 2015; Матвеев, Терентьев, 2016; и др.) позволяет получить представление о пространственно-батиметрическом распределении, особенностях биологии и величине биомассы этих четырех представителей подсемейства Hemilepidotinae в прикамчатских водах.

Белобрюхий и пестрый получешуйники встречаются от северных районов Японского моря и тихоокеанского побережья о. Хоккайдо до Анадырского залива Берингова моря (первый также вдоль берегов Северной Америки до Юго-Восточной Аляски), включая акваторию Охотского моря, а также прикурильские, прикамчатские и приалеутские воды (Борец, 2000; Mecklenburg et al., 2002; Федоров и др., 2003; Тупоногов, Кодолов, 2014). В отличие от них, чешуехвостый получешуйник известен лишь у Алеутских, Командорских и Курильских островов (от о. Парамушир до о. Кетой) (Токранов и др., 2003). Бычок-бабочка в Тихом океане распространен от прибрежных вод Курильских островов до Берингова пролива (обычен также в южной части Чукотского моря), включая всю акваторию Охотского и Берингова морей (Андрияшев, 1954; Борец, 2000; Mecklenburg et al., 2002; Федоров и др., 2003). Однако если белобрюхий получешуйник наибольшей численности достигает в тихоокеанских водах Северных Курильских островов, Юго-Восточной Камчатки и западной части Берингова моря, а пестрый получешуйник — в двух первых из этих районов и в северо-западной части Охотского моря (табл. 1), то чешуехвостый получешуйник в азиатской части ареала сравнительно многочислен лишь с океанской стороны Курильских островов, южнее 4-го Курильского пролива (Токранов и др., 2003). В отличие от них относительно высокая численность и биомасса бычка-бабочки отмечается только в северо-западной части Берингова моря (Датский, Андронов, 2007).

Все четыре исследуемых вида подсемейства Hemilepidotinae входят в состав элиторального ихтиоцена (Шейко, Федоров, 2000), представители которого обитают преимущественно в водах шельфа и верхней зоны материкового склона на глубинах до 300 м, хотя для каждого из них характерен вполне определенный интервал предпочитаемых глубин, где в течение года отмечаются максимальные концентрации этих рыб (табл. 2). У белобрюхого и пестрого получешуйников ярко выражены сезонные миграции: весной в зону прибрежного мелководья (глубины менее 30–40 м), где в пределах сравнительно хорошо прогретой поверхностной водной массы сезонной модификации проходят их нагул и нерест; осенью — на зимовку к нижней границе шельфа и в верхнюю зону материкового склона, где сказывается влияние теплой промежуточной водной массы (Токранов, 1981б, 2009; и др.). По сравнению с ними, сезонные миграции у бычка-бабочки и чешуехвостого получешуйника менее выражены (Токранов и др., 2003).

Белобрюхий получешуйник — один из самых крупных представителей подсемейства Hemilepidotinae в северной части Тихого океана, длина которого достигает 62 см, а масса тела — 2,8 кг (Фадеев, 2005; Котляр, 2006; Токранов, 2014б), хотя в прикам-

Таблица 1. Доля (в % от всех рогатковых) белобрюхого, пестрого получешуйников и бычка-бабочки в траловых уловах в различных районах прикамчатских вод в 1980-е годы

Район	Белобрюхий получешуйник	Пестрый получешуйник	Бычок-бабочка
Прикамчатские воды Охотского моря (выше 54° с. ш.)*	0,3/0,2	7,9/5,2	0,9/0,5
Прикамчатские воды Охотского моря (до 54° с. ш.)*	0,4/0,2	0,4/0,1	0,3/0,2
Тихоокеанские воды Северных Курильских островов (до 4-го Курильского пролива)*	68,3/67,8	15,1/9,0	0,1/0,2
Воды Юго-Восточной Камчатки*	11,7/13,4	11,5/9,0	0,4/0,7
Кроноцкий залив*	18,3/23,8	2,8/2,1	–/–
Камчатский залив*	7,7/8,4	1,1/0,5	–/–
Карагинский залив**	16,7/7,9	1,3/0,5	0,2/+

Примечание: перед чертой — по численности, после черты — по биомассе, знак «+» означает менее 0,1%; *(по Токранов, 1988а), **(по Борец, 1985).

Таблица 2. Размерно-весовые показатели и глубина обитания исследуемых видов рогатковых подсемейства Hemilepidotinae в прикамчатских водах

Показатель	Белобрюхий получешуйник	Пестрый получешуйник	Чешуехвостый получешуйник	Бычок-бабочка
Длина, см*	62 / 30–40	40 / 25–35	26 / 16–19	44 / 25–35
Масса тела, кг*	2,8 / 0,3–0,9	0,9 / 0,2–0,4	0,33 / 0,05–0,14	1,0 / 0,2–0,6
Глубина обитания, м**	0–579 / 20–300	0–604 / 20–300	61–530 / 100–250	4–320 / 50–100

Примечание: *над чертой — максимальное значение показателя, под чертой — его модальные значения; **над чертой — наблюденная, под чертой — предпочитаемая.

чатских водах наиболее многочисленны его особи размером 30–40 см и 0,3–0,9 кг. По сравнению с ним пестрый получешуйник и бычок-бабочка значительно мельче (табл. 2). Самым маленьким среди исследуемых видов рогатковых является чешуехвостый получешуйник, максимальные размеры которого не превышают 26 см, а масса тела — 0,33 кг. Белобрюхий, пестрый получешуйники и бычок-бабочка относятся к рыбам со средней продолжительностью жизни (до 15–20 лет), основу популяции которых (свыше 70–80%) формируют особи не менее четырех–пяти возрастных групп (Токранов, 2009; и др.). В отличие от них чешуехвостый получешуйник — относительно короткоцикловый вид, предельный возраст которого не превышает 9 лет, а основу популяции (свыше 87%) составляют особи всего двух возрастных групп (Токранов и др., 2003).

Для всех исследованных видов рогатковых подсемейства Hemilepidotinae характерен половой диморфизм в экстерьерных признаках (окраска, дополнительные кожные образования, величина плавников) и размерах половозрелых самцов и самок (Токранов, 1993а, 2016б). Первые окрашены ярче, чем вторые; у них крупнее и контрастнее проявляются пятна и полосы на теле и плавниках. Например, брюхо, бока и брюшные плавники половозрелых самцов пестрого получешуйника покрыты крупными округлыми темно-бурыми пятнами, на их грудных плавниках имеются три ярких темных перевязи. У самок (и молодых самцов) этого вида брюхо и брюшные плавники белого цвета. На нижней части тела и брюхе половозрелых самцов белобрюхого получешуйника находятся многочисленные точечные черные пятнышки, а плавники имеют интенсивный темно-бурый оттенок. У самок этого вида брюхо белое, а окраска плавников — зеленовато-серая. Помимо существующих различий в окраске, для самцов пестрого, чешуехвостого получешуйников и бычка-бабочки характерно наличие дополнительных образований в виде папиллообразных отростков на внутренней стороне лучей брюшных плавников, которые полностью отсутствуют у самок. Наряду с разницей в окраске и наличием у самцов дополнительных кожных образований, у исследуемых видов рогатковых подсемейства Hemilepidotinae существуют достоверные различия в размерах некоторых плавников у особей разного пола (у самцов они больше, чем у самок) (Токранов, 1993а). Причем максимальные отличия отмечаются в длине брюшных плавников *(IV)*, которые особенно велики у бычка-бабочки и чешуехвостого получешуйника (Токранов и др., 2003; Токранов, 2016б).

Кроме полового диморфизма в экстерьерных признаках, у всех исследованных видов подсемейства Hemilepidotinae он также в той или иной степени проявляется в различных размерах половозрелых самцов и самок. Причем у таких видов, как чешуехвостый получешуйник и бычок-бабочка, самцы значительно мельче самок, созревают в более раннем возрасте (что ведет к существенному увеличению их доли в нерестовой части популяции) и отличаются меньшей продолжительностью жизни (табл. 3). Поэтому среди крупных особей этих рогатковых доля самок резко увеличивается, достигая 100% в размерных группах рыб максимальных размеров: у первого — более 23, а у второго — свыше 38 см (Токранов, 2009, 2014в, 2016б; Токранов и др., 2003). В отличие от чешуехвостого получешуйника и бычка-бабочки, у белобрюхого и пестрого получешуйников размеры одновозрастных самок и самцов различаются незначительно, что обусловлено сходным темпом роста и продолжительностью жизни обоих полов (табл. 3). Однако если среди особей первого из них длиной менее 40 см преобладают самки, то в группах более крупных рыб резко возрастает доля самцов, достигая при длине свыше 50 см 100%. У пестрого получешуйника самки доминируют и среди самых крупных особей, но начиная с 34 см также наблюдается тенденция к увеличению доли самцов (Токранов, 1985в, 2016б). Подобный тип размерно-половой структуры обычно характерен для тех рыб, у которых самцы охраняют икру, что необходимо для выживания потомства, полученного от некрупных самок, обладающих относительно малой плодовитостью. Самцы обоих этих получешуйников остаются на нерестилищах до окончания развития икры, которую они охраняют (Горбунова, 1964; Золотов, Токранов, 1989). По-видимому, именно этим и объясняется их преобладание среди крупных особей белобрюхого полу-

Таблица 3. Максимальные размеры и возраст самцов и самок исследуемых представителей подсемейства Hemilepidotinae в прикамчатских водах

Вид	Длина, см		Масса, г		Возраст, лет	
	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки
Белобрюхий получешуйник	53	50	2100	1900	13	12
Пестрый получешуйник	37	37	700	800	12	12
Чешуехвостый получешуйник	23	26	190	330	7	9
Бычок-бабочка	38	42	760	960	9	12

чешуйника. Увеличение же доли самок у пестрого получешуйника, вероятно, обусловлено его невысокой индивидуальной плодовитостью, которая почти в три раза ниже, чем у белобрюхого (Токранов, 1985в, 1988а). Комплекс экстерьерных признаков и разница в размерах половозрелых особей позволяют практически безошибочно визуально различать самцов и самок этих рогатковых.

Нерест исследованных представителей подсемейства Hemilepidotinae — единовременный, о чем свидетельствует наличие в их яичниках одной порции ооцитов старшей генерации и ооцитов резервного фонда. Однако сроки и условия их размножения различаются. Белобрюхий и пестрый получешуйники нерестятся в августе–сентябре в зоне прибрежных камней и скал при сравнительно высокой придонной температуре. Их отнерестившиеся самки уходят за пределы прибрежного мелководья, тогда как самцы мигрируют с нерестилищ лишь по завершении развития икры, которую они охраняют (Горбунова, 1964; Токранов, 1985в, 1988б; Золотов, Токранов, 1989; и др.). Хотя чешуехвостый получешуйник размножается в те же сроки, однако его нерест протекает на значительно бóльших глубинах при невысокой положительной придонной температуре (табл. 4). В отличие от них, бычок-бабочка нерестится в июне–июле (Черешнев и др., 2001) в верхней части шельфа на песчаных грунтах. Все исследуемые виды обладают невысокой индивидуальной плодовитостью (в среднем от 13 до 101 тыс. икринок), максимальные значения которой характерны для белобрюхого, а минимальные — для чешуехвостого получешуйника (табл. 4).

Согласно имеющимся данным, всех трех получешуйников (белобрюхого, пестрого и чешуехвостого) можно отнести к бентоихтиофагам с широким пищевым спектром, включающим представителей 16 различных групп беспозвоночных и рыб (Токранов, 1985а, 1995, 2009, 2016а; Токранов и др., 2003), хотя, по мнению В.И. Чучукало (2006), они скорее нектобентофаги, так как рыбная составляющая в их рационе играет второстепенную роль. Несмотря на возможность использовать значительный набор кормовых организмов, основными объектами питания (свыше 60% от массы пищи) этим рогатковым в течение года служат всего 2–3 группы донных и придонных ракообразных (у белобрюхого получешуйника — главным образом Decapoda, у пестрого — Amphipoda и Decapoda, у чешуехвостого — Cirripedia, Amphipoda и Decapoda). Помимо них, существенное значение в рационах получешуйников играют мелкие рыбы, рыбные отходы и развивающаяся икра рыб, суммарная доля которых составляет соответственно 28,3, 12,0 и 21,6% от массы пищи. Именно это, на наш взгляд, позволяет отнести получешуйников к группировке бентоихтиофагов. В отличие от них, бычок-бабочка — типичный бентофаг с широким пищевым спектром, который потребляет преимущественно десятиногих раков и бокоплавов (Токранов, 2014в).

По данным учетных траловых съемок, выполненных в прикамчатских водах в 1980-е годы, общая биомасса получешуйников и бычка-бабочки в восточной части Охотского моря у берегов Камчатки составляла 4,7 тыс. т (табл. 5), из которых 93,6% приходилось на пестрого получешуйника. К началу 2000-х годов она увеличилась до 8,2 тыс. т (Четвергов и др., 2003), но преобладал по-прежнему пестрый получешуйник (около 72%). Согласно результатам учетных съемок 2012–2015 гг., суммарная биомасса этих трех видов рогатковых на западнокамчатском шельфе в последние годы еще более возросла и в настоящее время оценивается в 14,1 тыс. т (Матвеев, Терентьев, 2016). Причем запасы белобрюхого получешуйника увеличились более чем в 6 раз (с 1,0 тыс. т в 2000 г. до 6,3 тыс. т в 2012–2015 гг.), в связи с чем его доля почти сравнялась с таковой пестрого получешуйника (соответственно 44,7 и 46,8%).

Величина биомассы белобрюхого получешуйника в тихоокеанских водах Северных Курильских островов (на юг до 4-го Курильского пролива) и Восточной Камчатки в 1980-е годы достигала 16,5, пестрого получешуйника — около 3, а бычка-бабоч-

Таблица 4. Сроки, условия нереста и индивидуальная плодовитость исследуемых представителей подсемейства Hemilepidotinae в прикамчатских водах

Вид	Месяц	Условия нереста			Индивидуальная плодовитость, тыс. икринок
		Глубина, м	Температура, °С	Грунт	
Белобрюхий ролучешуйник	VIII–IX	10–40	5–10	Камни	$\frac{101}{25–241}$
Пестрый получешуйник	VIII–IX	10–30	5–10	Камни	$\frac{40}{17–87}$
Чешуехвостый получешуйник	VIII–IX	150–200	0,5–2	Камни	$\frac{13}{4–23}$
Бычок-бабочка	VI–VII	40–80	0,5–4	Песок	$\frac{78}{48–96}$

Примечание: над чертой — среднее значение, под чертой — пределы колебаний

ки — менее 0,1 тыс. т (табл. 5). В западной части Берингова моря биомасса двух первых в 1980–1990-е годы составляла соответственно 12 и почти 1 тыс. т. Еще около 8 тыс. т приходилось на бычка-бабочку (табл. 5). Даже при условии, что в настоящее время общая биомасса этих рогатковых в тихоокеанских водах Северных Курильских островов, Восточной Камчатки и западной части Берингова моря остается на том же уровне, а не возросла, как в восточной части Охотского моря, ее можно оценить в пределах 40 тыс. т. Поскольку особенности пространственно-батиметрического распределения чешуехвостого получешуйника в тихоокеанских водах Северных Курильских островов выявлены лишь в начале 2000-х годов, то его биомасса в 2000–2002 гг. по данным учетных траловых съемок на участке от пролива Крузенштерна до океанской стороны о. Парамушир (47°50′–50°10′ с. ш.) (Орлов, 2010), по нашей оценке, не превышала 1 тыс. т. То есть суммарная биомасса трех исследуемых видов получешуйников и бычка-бабочки в прикамчатских водах сегодня составляет не менее 55 тыс. т, а величина их возможного вылова (исходя из коэффициента изъятия в 30%) — около 16–17 тыс. т.

Однако несмотря на то, что все эти виды рогатковых постоянно попадаются в заметных количествах в качестве прилова при ярусном, траловом и снюрреводном промысле трески, камбал и других донных рыб, их ресурсы у берегов Камчатки сегодня существенно недоиспользуются (Борец, 1997; Токранов, 2002, 2009, 2014б; Фадеев, 2005; Балыкин, Токранов, 2010; и др.), а фактическая величина вылова статистикой в большинстве случаев достоверно не отражается. Хотя во второй половине 1970-х годов в зимние месяцы в тихоокеанских водах Северных Курильских островов Шумшу и Парамушир предпринималась попытка организации ограниченного специализированного промысла наиболее крупного белобрюхого получешуйника (мороженая продукция из него поступала в торговую сеть под названием «бычок океанический») (Токранов, 1986; Токранов и др., 2016), до настоящего времени он по-прежнему в основном добывается в незначительных количествах в качестве прилова при промысле донных рыб. Поэтому сегодня всех перечисленных представителей подсемейства Hemilepidotinae у берегов Камчатки следует рассматривать в качестве перспективных объектов рыболовства, тем более что, как показали технологические исследования (Диденко и др., 1983; и др.), значительное содержание в мясе этих рыб полноценных белков и липидов позволяет использовать их для производства мороженой продукции и закусочных консервов (белобрюхого получешуйника — даже для консервов в масле). Богатая витамином А печень исследуемых представителей подсемейства Hemilepidotinae может служить в качестве витаминного сырья. Вылов белобрюхого и пестрого получешуйников, очевидно, будет наиболее эффективен в зимне-весенний период (февраль–апрель), когда они мигрируют на зимовку в нижнюю часть шельфа и прилегающую к ней зону материкового склона, концентрируясь на ограниченных по площади участках (Токранов, 1985а). Однако при организации промысла необходимо учитывать, что, хотя эти рогатковые во многих районах формируют основу прилова при добыче камбал, трески *Gadus macrocephalus* и северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius*, составляя 12–15% (в отдельных случаях до 50–60%) улова, их «чистые» скопления встречаются довольно редко. Поэтому вылов возможен лишь совместно с традиционными объектами промысла.

Вовлечение представителей подсемейства Hemilepidotinae в полном объеме в сферу хозяйственной деятельности, наряду с получением дополнительной пищевой рыбопродукции, с одной стороны, позволило бы более комплексно и рационально использовать водные биологические ресурсы прикамчатских вод, с другой — несколько снизить промысловую нагрузку на традиционные объекты рыболовства (Токранов, 2002, 2009, 2014б).

Таблица 5. Биомасса (тыс. т) исследуемых видов рогатковых подсемейства Hemilepidotinae в прикамчатских водах в 1980–1990-е годы

Район	Белобрюхий получешуйник	Пестрый получешуйник	Бычок-бабочка	Суммарная
Прикамчатские воды Охотского моря (выше 54° с. ш.)*	0,2	4,4	+	4,6
Прикамчатские воды Охотского моря (до 54° с. ш.)*	0,1	+	+	0,1
Прибрежные воды Северных Курильских островов (до 4-го Курильского пролива)*	11,7	1,6	+	13,3
Прибрежные воды Восточной Камчатки*	4,8	1,3	+	6,1
Карагинский залив Берингова моря**	5,1	0,3	+	5,4
Северо-западная часть Берингова моря***	6,9	0,6	7,8	15,3
Всего	28,8	8,2	7,8	44,8

Примечание: *(по Токранов, 1988а), **(по Борец, 1985), ***(по Датский, Андронов, 2007).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андрияшев А.П. 1954. Рыбы северных морей СССР. М.-Л.: АН СССР. 566 с.

Балыкин П.А., Токранов А.М. 2010. Ихтиофауна и рыболовство северо-западной части Берингова моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 17. С. 48–65.

Борец Л.А. 1985. Состав и современное состояние сообщества донных рыб Карагинского залива // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 110. С. 20–28.

Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-Центр., 217 с.

Борец Л.А. 2000. Аннотированный список рыб дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО-Центр. 192 с.

Горбунова Н.Н. 1964. Размножение и развитие получешуйных бычков (Cottidae, Pisces) // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. Т. 73. С. 235–251.

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

Диденко А.П., Боровская Г.А., Дроздова Л.И., Лаврова Н.А. 1983. Технохимическая характеристика и рекомендации по рациональному использованию бычков // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 108. С. 13–19.

Золотов О.Г., Токранов А.М. 1989. Экологические особенности репродуктивного периода терпугов (Hexagrammidae) и получешуйников (Cottidae) в тихоокеанских водах Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 29. Вып. 3. С. 430–438.

Золотов О.Г., Токранов А.М. 1991. Особенности питания терпугов и получешуйников в период нереста в верхней сублиторали Восточной Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 31. Вып. 1. С. 130–137.

Котляр А.Н. 2006. Белобрюхий получешуйный бычок *Hemilepidotis jordani* Bean, 1881 / Промысловые рыбы России. В 2 т. (под ред. О.Ф. Гриценко, А.Н. Котляра и Б.Н. Котенева). М.: ВНИРО. С. 525–526.

Матвеев А.А., Терентьев Д.А. 2016. Промысел, многолетняя динамика биомассы, распределение и размерный состав массовых видов рогатковых Cottidae у западного побережья Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 41. С. 17–42.

Орлов А.М. 2010. Количественное распределение демерсального нектона тихоокеанских вод Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки. М.: ВНИРО. 335 с.

Токранов А.М. 1981а. Распределение керчаковых (Cottidae, Pisces) на западнокамчатском шельфе в летний период // Зоологич. журнал. Т. 60. Вып. 2. С. 229–237.

Токранов А.М. 1981б. Распределение получешуйных бычков Джордана и Гильберта *Hemilepidotus jordani* Bean и *Hemilepidotus gilberti* Jordan et Starks (Cottidae) у восточного побережья Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 21. Вып. 5. С. 823–829.

Токранов А.М. 1984. Особенности роста получешуйных бычков Джордана и Гильберта (Cottidae) Северных Курильских островов / Итоги исслед. по вопр. рац. использ. и охраны биол. ресурсов Сахалина и Курильских о-вов: Тез. докладов II Науч.-практ. конф. (Южно-Сахалинск, ноябрь 1984 г.). Южно-Сахалинск: Географ. общ-во СССР. С. 102–105.

Токранов А.М. 1985а. Бычки — перспективный объект прибрежного лова // Рыбное хозяйство. № 5. С. 28–31.

Токранов А.М. 1985б. Питание получешуйных бычков Джордана *Hemilepidotus jordani* Bean и Гильберта *Hemilepidotus gilberti* Jordan et Starks (Cottidae) у восточного побережья Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 25. Вып. 1. С. 89–95.

Токранов А.М. 1985в. Размножение получешуйных бычков рода *Hemilepidotus* Cuvier (Cottidae) у восточного побережья Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 25. Вып. 6. С. 957-962.

Токранов А.М. 1986. Керчаки и получешуйные бычки // Биол. ресурсы Тихого океана. М.: Наука. С. 319–328.

Токранов А.М. 1988а. 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. 1988б. Размножение массовых видов керчаковых рыб прикамчатских вод // Биология моря. № 4. С. 28–32.

Токранов А.М. 1990. Итоги исследований и возможности промысла рогатковых рыб (Cottidae) в прибрежных водах Камчатки / Тез. докл. Всесоюзн. совещ. «Резервн. пищев. биол. ресурсы открытого океана и морей СССР» (Калининград, 20–22 марта 1990 г.). М.: ВНИЭРХ. С. 63–66.

Токранов А.М. 1993а. О половом диморфизме массовых видов рогатковых (Cottidae) прикамчатских вод // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 98. Вып. 6. С. 19–26.

Токранов А.М. 1993б. Бычки, или рогатковые // Проект «Моря». Т. IX. Охотское море. Вып. 2. Гидрохим. условия и океанологич. основы формирования биол. продуктивности. СПб.: Гидрометеоиздат. С. 97–100.

Токранов А.М. 1995. Особенности питания рогатковых рыб рода *Hemilepidotus* (Cottidae) и их место в трофической системе прибрежных вод Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 35. № 5. С. 642–650.

Токранов А.М. 2002. «Нетрадиционные» объекты промысла: реально ли сегодня освоение их запасов? // Рыбное хозяйство. № 6. С. 41–43.

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. 2014а. Потенциальные объекты рыболовства прикамчатских вод и проблемы использования их ресурсов / Актуальные пробл. освоения биол. ресурсов Мирового океана: Матер. III Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 ч. Владивосток: Дальрыбвтуз. Ч. I. С. 261–265.

Токранов А.М. 2014б. Рогатковые рыбы (Cottidae) прикамчатских вод и проблемы использования их ресурсов / Всерос. конф. «Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата»: Сб. докл. (Хабаровск, 29.09–03.10.2014) (Электрон. ресурс). Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. С. 162–165.

Токранов А.М. 2014в. Некоторые черты биологии бычка-бабочки *Melletes papilio* (Cottidae) в прикамчатских водах Охотского моря // Вопр. ихтиологии. Т. 54. № 5. С. 566–573.

Токранов А.М. 2015. Рогатковые рыбы (Cottidae) северо-западной части Берингова моря / Природные ресурсы и комплексное освоение прибрежных районов Арктической зоны: Сб. науч. тр. Архангельск: Архангельский НЦ УрО РАН. С. 89–94.

Токранов А.М. 2016а. Трофические группировки рогатковых рыб (Cottidae) в прикамчатских водах / Морские биологические исследования: достижения и перспективы: в 3-х т.: Сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием, приуроч. к 145-летию Севастопольской биол. станции (Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. Т. 2. С. 182–185.

Токранов А.М. 2016б. О половом диморфизме у рогатковых рыб (Cottidae, Pisces) прикамчатских вод / XXX Любищевские чтения – 2016. Современные проблемы эволюции и экологии: Сб. матер. Междунар. конф. (Ульяновск, 5–7 апреля 2016 г.). Ульяновск: УлГПУ. С. 124–131.

Токранов А.М., Орлов А.М. 2008а. 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. 2008б. Особенности распределения и экологии бычка-бабочки *Melletes papilio* Bean, 1880 (Pisces,

Cottidae) в тихоокеанских водах Камчатки и Северных Курильских островов // Чтения памяти академика О.Г. Кусакина. Владивосток: Дальнаука. Вып. 1. С. 240–252.

Токранов А.М., Орлов А.М. 2012. Динамика уловов массовых видов рогатковых рыб (Cottidae) в тихоокеанских водах Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки в 1992–2002 гг. / Водн. биол. ресурсы сев. части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление: Матер. Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летнему юбилею ФГУП «КамчатНИРО» (Петропавловск-Камчатский, 26–27 сентября 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 230–239.

Токранов А.М., Орлов А.М., Мухаметов И.Н. 2016. Размерно-возрастная структура белобрюхого получешуйника *Hemilepidotus jordani* (Cottidae) в тихоокеанских водах Юго-Восточной Камчатки и Северных Курильских островов в конце XX – начале XXI веков / Матер. VII Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование» (Петропавловск-Камчатский, 22–24 марта 2016 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. Ч. I. С. 147–151.

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.

Токранов А.М., Полутов В.И. 1984. Распределение рыб в Кроноцком заливе и факторы, его определяющие // Зоологич. журнал. Т. 63. Вып. 9. С. 1363–1373.

Тупоногов В.Н., Кодолов Л.С. 2014. Полевой определитель промысловых и массовых видов рыб дальневосточных морей России. Владивосток: Русский Остров. 336 с.: ил.

Тупоногов В.Н., Явнов С.В. 2015. Атлас рыб дальневосточных морей России (окуни, терпуги, бычки, лисички). Владивосток: Русский Остров. 264 с.: ил.

Фадеев Н.С. 2005. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр. 366 с.

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. 204 с.

Черешнев И.А., Волобуев В.В., Хованский И.Е., Шестаков А.В. 2001. Прибрежные рыбы северной части Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. 197 с.

Четвергов А.В., Архандеев М.В., Ильинский Е.Н. 2003. Состав, распределение и состояние запасов донных рыб у Западной Камчатки в 2000 г. // Тр. Камч. филиала ТИГ ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский: Камч. печатный двор. Вып. IV. С. 227–256.

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

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: Камч. печатный двор. С. 7–69.

Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Thorsteinson L.K. 2002. Fishes of Alaska. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society. XXXVII+1037 p.+40 Pl.

УДК 597.19 (265.5)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ ПРОМЫСЛОВЫХ ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Д.В. Антоненко, Н.М. Блищак

Вед. н. с., инж. 1 кат.; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Тел.: 89146978130. E-mail: dmantonenko@yandex.ru

ТИХООКЕАНСКАЯ САЙРА, ЯПОНСКАЯ СКУМБРИЯ, ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ САРДИНА, ЗАПАС, ВЫЛОВ, ПРОМЫСЕЛ, ЮЖНО-КУРИЛЬСКИЙ РАЙОН

Наблюдающаяся в последние годы тенденция к снижению общего запаса сайры в северо-западной части Тихого океана связана в первую очередь с естественной флуктуацией численности, происходящей под влиянием изменений условий среды, что отражается и в изменении структуры ихтиоцена верхней эпипелагиали северо-западной части Тихого океана. В настоящее время отмечается значительный рост запаса тихоокеанской популяции скумбрии. Общий запас скумбрии вышел из минимального уровня середины 2000-х годов и продолжает увеличиваться. По результатам экспедиционных работ, а также данных промысловой статистики, отмечается значительный рост запаса тихоокеанской популяции дальневосточной сардины.

PRESENT STATE OF THE RESOURCE OF PELAGIC FISH COMMERCIAL SPECIES IN THE NORTHWEST PART OF THE PACIFIC OCEAN

D.V. Antonenko, N.M. Blishak

Leading Scientist, Engineer; Pacific Research Fishery Center (TINRO-Center)
690091, Vladivostok, Shevchenko Alley, 4
Tel.: 89146978130. E-mail: dmantonenko@yandex.ru

PACIFIC SAURY, CHUB MACKEREL, PACIFIC SARDINE, STOCK, CATCH, FISHERY, THE SOUTH KURIL DISTRICT

The trend to saury stock abundance decrease in the northwest part of the Pacific Ocean, observed in recent years, is primarily due to natural fluctuations of the abundance driven by changing environmental conditions, reflected in changing structure of ichthyocenosis in the upper epipelagic zone of northwest Pacific. There is significant current increase in the population abundance of chub mackerel. The total stock of mackerel came out of the minimum stock abundance of the mid 2000s and has been growing now. Results of expedition work and catch statistics data indicate of significant increase of the Pacific population of sardine.

Наиболее важными в промысловом отношении массовыми эпипелагическими представителями ихтиоцена зоны Куросио, район обитания которых охватывает зону смешения субтропических и субарктических вод, являются тихоокеанская сайра *Cololabis saira*, дальневосточная сардина *Sardinops melanostictus*, японская скумбрия *Scomber japonicas* и японский анчоус *Engraulus japonicas*. Все эти виды совершают протяженные миграции из мест нереста, расположенных в водах субтропической структуры, на нагул в богатые планктоном воды субарктической структуры и обратно (Парин, 1988; Филатов, 2015).

Известно, что ресурсы тихоокеанской сайры у Курильских островов (традиционного района промысла российского флота) теоретически позволяют вылавливать до 1 млн т ежегодно (Филатов и др., 2011).

В то же время на протяжении XX века в северо-западной части Тихого океана отмечались две вспышки численности пелагических рыб — японской скумбрии и дальневосточной сардины, которые, в силу этого обстоятельства, являлись объектами активного отечественного тралового и кошелькового рыболовства.

Целью работы является оценка запасов, современный уровень добычи и перспективы промысла массовых пелагических рыб в северо-западной части Тихого океана.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В основу работы положены материалы экспедиционных морских исследований и данные промысловой статистики в тихоокеанских водах Курильских островов и за пределами национальных экономических зон; результаты комплексных экспедиций на научно-исследовательских и промысловых судах, а также материалы, полученные в рамках научно-технического сотрудничества России и Японии. Биомасса пелагических рыб по данным траловых уловов, выполненных на судах ТИНРО-Центра (НИС «ТИНРО», НИС «Профессор Кагановский», НИС «Профессор Леванидов»), рассчитывалась стандартным методом площадей с использованием средней арифметической плотности распределения объектов (Аксютина, 1968). Для нивелирования ошибки, связанной с особенностями этологии вида, применялся коэффициент уловистости, близкий 0,1, рассчитанный на основании данных траловых уловов и уловов дрифтерных сетей. Структура запасов определялась на основании данных о возрастном составе особей, периодах нереста и размерном составе российских уловов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Тихоокеанская сайра — трансокеанический вид, обитающий на акватории северной части Тихого океана, от восточных берегов Азии до западного побережья Северной Америки (Парин, 1960; Филатов и др., 2011). Основным районом промысла являются тихоокеанские воды Южных Курильских и Японских островов, а также прилегающие открытые воды.

Ранее было установлено, что амплитуда колебания численности сайры много ниже, чем других промысловых рыб эпипелагического сообщества. Это является следствием репродуктивной стратегии вида (продолжительный период нереста, обширный нерестовый ареал, наличие нескольких генераций в одном поколении), что страхует вид от катастрофического снижения запаса, как у сардины и скумбрии (Беляев, 2003). Исходя из данных ихтиопланктонных съемок, выполненных в 1970–1990-е годы, кратность колебания численности составляет 2–2,5 раза. Сходная амплитуда прослеживается и при анализе данных траловых учетных съемок, в том числе полученных в последнем десятилетии.

Традиционно наибольший объем вылова сайры приходился на долю Японии. В 1990–2000-е гг. он колебался в пределах 140–290 тыс. т, а общие объемы вылова другими странами составляли около 100–150 тыс. В 1980–1990-х гг. общий вылов сайры в тихоокеанских водах изменялся в пределах 170–418 тыс. т. После 2000 г. вылов сайры начал поступательно увеличиваться, и в 2008 г. общий вылов основными промысловыми странами составил 607 тыс. т, а в 2009 и 2010 гг. он снизился до 469 и 410 тыс. т соответственно. При этом вылов Японии, доля которой в общем вылове составляла в среднем 60%, сократился на 100 тыс. т и составил менее 50% от общего вылова. В то же время вылов Тайваня возрос до 165 тыс. т, что обусловлено расширением района промысла и его интенсификацией. В 2011 г. вылов сайры Японией составил порядка 200 тыс. т, что во многом было обусловлено разрушением инфраструктуры портов после землетрясения весной 2011 г. В 2014 г. вылов сайры всеми странами составил 625 тыс. т, что является максимальным значением за последние 30 лет (рис. 1).

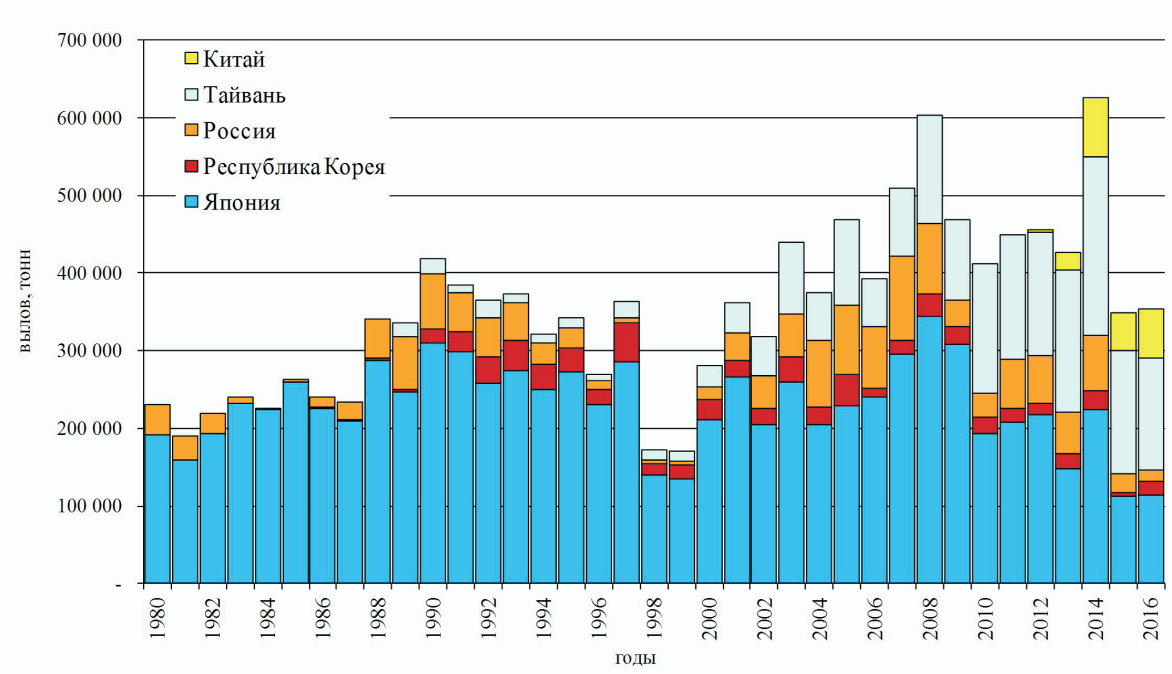


Рис. 1. Динамика вылова сайры странами Азиатско-Тихоокеанского региона в 1980–2016 гг.

Надо сказать, что в последние годы, наряду со значительным увеличением вылова сайры в открытых водах рыбаками Тайваня, заметно увеличился вылов добывающим флотом Китая (КНР), который за последние 5–6 лет сумел построить довольно значительное количество судов, способных вести промысел в открытых водах океана. В 2015 и 2016 гг. общий вылов сайры значительно сократился, составив около 349 и 354 тыс. т соответственно (56 и 57% от 2014 г.). Сокращение вылова произошло у всех стран, добывающих сайру, но наиболее значительно у стран, добывающих в проделах ИЭЗ — Японии и России.

Анализ динамики рассчитанных значений запаса (через улов на усилие) показывает, что, начиная с 1999 г., происходило его постепенное увеличение и стабилизация на высоком, относительно предыдущих лет, уровне. Начиная с 2005 г., наблюдаются колебания запаса, так, в 2006, 2009 и 2010 гг. он снизился относительно двух предыдущих лет в 1,5–2 раза. В 2011 г. запас увеличился, в 2012 и 2013 гг. запас снизился, что может быть следствием перераспределения мигрирующих особей, в 2014 г. — увеличился. Однако в целом, несмотря на колебания после 2009 г., запас остается на достаточно высоком уровне (выше уровня 1980–1990-х гг.

Траловая учетная съемка, проведенная японскими исследователями с участием российских специалистов в июне–июле 2016 г. в северной части Тихого океана, показала, что основные скопления нагуливающейся сайры были локализованы в районах 165–175° в.д. и 180–170° з.д. Особенностью распределения сайры в северной части Тихого океана в последние годы является то, что в районах к западу от 160° концентрация нагульных скоплений сайры продолжает оставаться низкой. Общая биомасса сайры на обследованной акватории, рассчитанная по данным этой съемки, составила 1,8 млн т, что меньше оценки 2015 г. (2,3 млн т) и ниже среднемноголетней оценки (3,2 млн т).

Учитывая основной тренд динамики запаса в северо-западной части Тихого океана, можно предположить, что, по сравнению с 1980–1990-ми гг., в 2017 и 2018 гг. запас сайры останется на уровне, превышающем уровень 1980–1990-х гг., хотя и будет ниже, чем запас в 2000-е гг.

Анализ соотношения величины запаса сайры, мигрирующей через ИЭЗ России и Японии, и суммарного объема ее добычи показал, что в северо-западной части Тихого океана промысловое изъятие из запаса пока не превышает 30%. В целом в северной части Тихого океана прослеживается тенденция роста промыслового изъятия, которое за последние 10 лет увеличилось от 10 до 25%.

Таким образом, объемы вылова в последние годы не могли негативно сказаться на состоянии промысловых ресурсов, привести к снижению воспроизводительного потенциала и изменению экологического статуса популяции сайры. Наблюдающаяся тенденция к снижению общего запаса сайры в северо-западной части Тихого океана связана с естественной флуктуацией численности, происходящей под влиянием изменений условий среды, что отражается и в изменении структуры ихтиоцена верхней эпипелагиали северо-западной части Тихого океана.

Представители рода *Scomber* широко распространены в Тихом океане. Они характеризуются высокой, но очень изменчивой численностью и биомассой. Наиболее обширное распространение в Тихом океане имеет японская скумбрия. Она населяет умеренные и субтропические воды вокруг Японских островов, у азиатского побережья восточного моря, вдоль западного побережья Северной Америки и у побережья Южной Америки от Панамы до Чили (Беляев, 1984) (рис. 2а). Самый обширный ареал имеет группировка скумбрии северо-западной части Тихого океана (рис. 2б).

Начиная со второй половины XX века, флуктуации численности скумбрии можно отследить по объ-

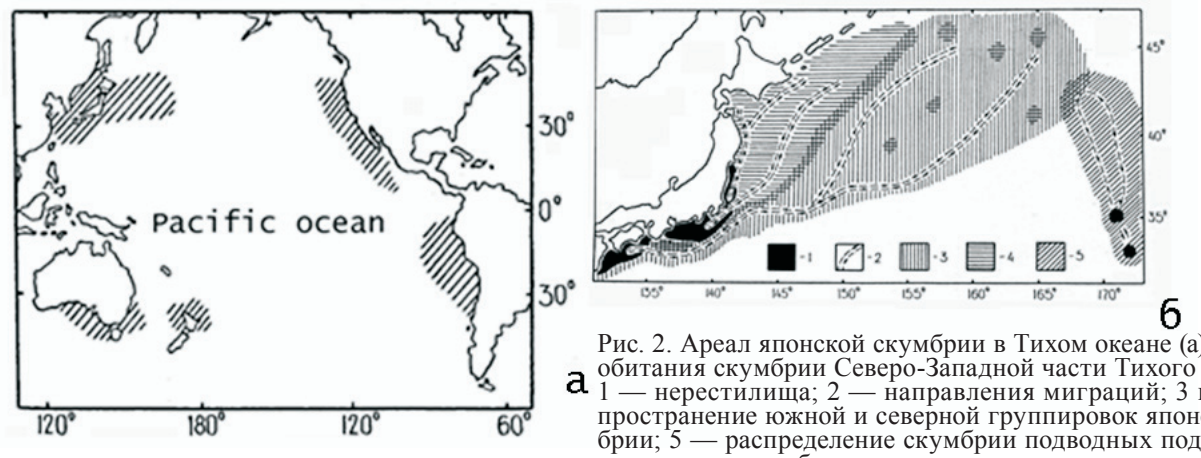


Рис. 2. Ареал японской скумбрии в Тихом океане (а) и область обитания скумбрии Северо-Западной части Тихого океана (б): 1 — нерестилища; 2 — направления миграций; 3 и 4 — распространение южной и северной группировок японской скумбрии; 5 — распределение скумбрии подводных поднятий Императорского хребта

емам промысловых уловов. В целом можно условно выделить несколько периодов увеличения и снижения запасов скумбрии в северо-западной части Тихого океана:

1. Увеличение запасов в 1950–1959 гг.
2. Резкий подъем численности в 1960–1967 гг.
3. Период высокой численности в 1968–1980 гг.
4. Период снижения численности в 1981–1989 гг.
5. Период низкой численности популяции в 1990–2012 гг.
6. Увеличение запасов с 2013 г. по настоящее время.

В последние годы наблюдается увеличение численности скумбрии, что подтверждается как увеличением уловов добывающих судов, так и результатами учетных съемок северо-западной части Тихого океана.

В воды России скумбрия заходит в период нагульных миграций и концентрируется в Южно-Курильском районе с июля по ноябрь.

Промышленный лов скумбрии в северо-западной части Тихого океана судами под российским (советским) флагом начался в 1968 г. Лов велся кошельковыми неводами с июня по декабрь в Южно-Курильском районе. В дальнейшем суда смещались на юг вдоль берегов Хоккайдо и Хонсю. В промысле участвовало до 55 судов разного тоннажа. Всего было выловлено 15 тыс. т скумбрии. В последующие годы вылов поступательно рос, достигнув максимума в 1974-м — 245 тыс. т. В этот период лов велся в течение всего года, в промысле участвовали не только средне-, но и крупнотоннажные суда (рис. 3). Основная доля вылова стала приходиться на траловый промысел. Средний вылов на судосутки в отдельные месяцы достигал 50 т для крупнотоннажных судов. В промысле участвовало до 60 единиц добывающих судов. В дальнейшем отмечалось снижение вылова, который прекратился полностью в 1989 г. в связи с резким падение запасов и отсутствием подходов в российскую (советскую) экономическую зону. В последую-

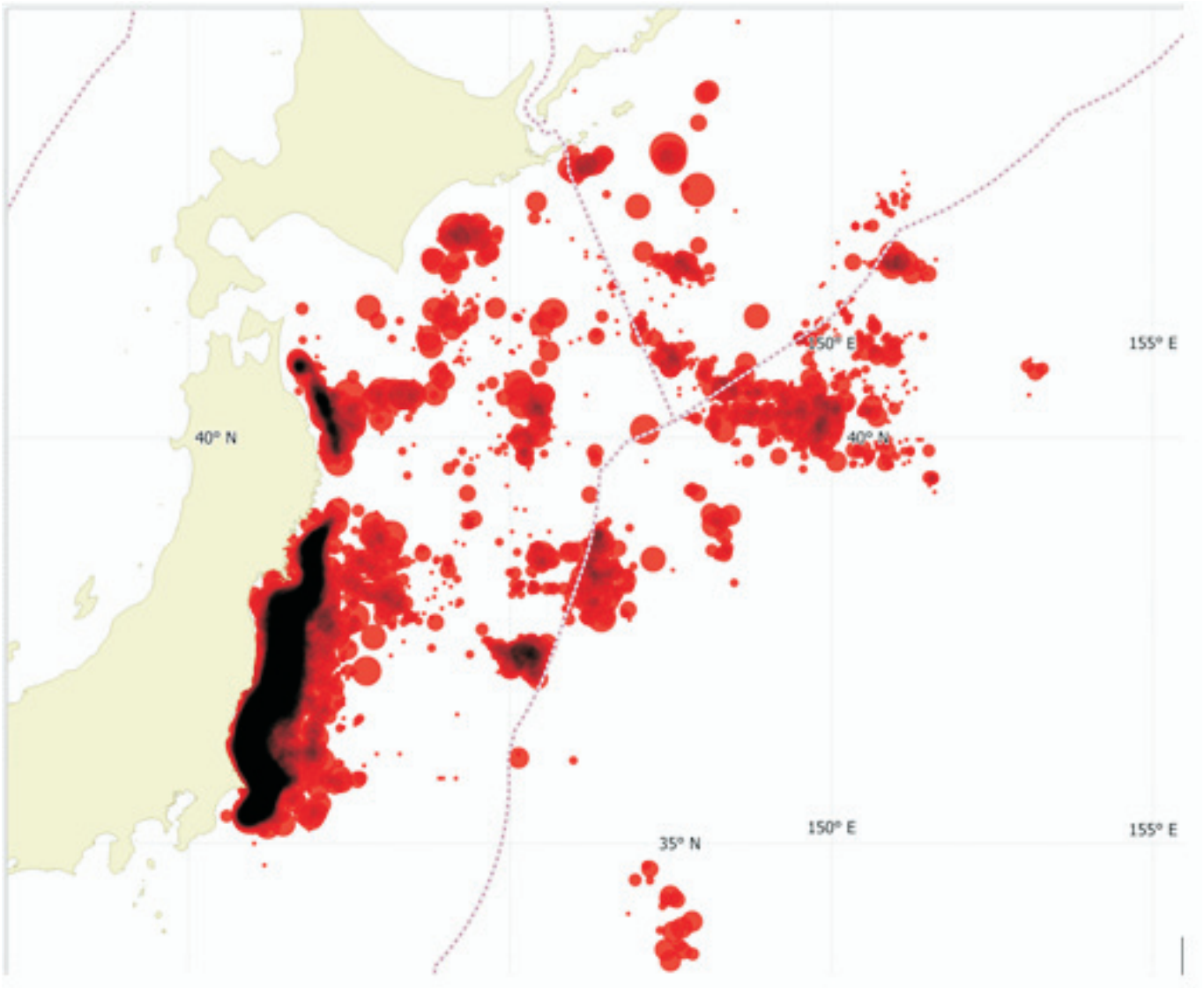


Рис. 3. Основные районы промысла скумбрии судами под российским (советским) флагом во второй половине XX века

щие годы (до настоящего времени) специализированный лов скумбрии судами под российским флагом в северо-западной части Тихого океана не велся.

Несмотря на появление отдельных урожайных поколений, начиная с 1986 г. численность тихоокеанской популяции скумбрии находилась на низком уровне, что объясняется недостаточной для начала роста величиной производителей и пополнения. В целом с 1978 г. общий запас этой популяции снизился с 4,68 млн т до 218 тыс. т в 1990 г. и сохранялся на низком уровне (рис. 4). В последние годы, в результате появления относительно многочисленных поколений 2004, 2007, 2009 и 2013 гг., а также сокращения промыслового пресса, запас тихоокеанской популяции скумбрии начал увеличиваться. В 2004–2007 гг. общий запас скумбрии в возрасте старше одного года оценивался японскими специалистами на уровне 640–840 тыс. т. В 2014 г. объем запаса скумбрии оценен в 1 млн 470 тыс. т, а биомасса производителей составила 336 тыс. т.

По данным учетных съемок, выполненных на научно-исследовательских судах летом–осенью 2015–2016 гг. в тихоокеанских водах Южных Курильских островов и открытых водах СЗТО, из представителей субтропическо-умеренно-холодноводного комплекса рыб наиболее часто встречаемым в уловах видом была японская скумбрия: частота ее встречаемости здесь составляла до 77%. По результатам научно-исследовательских работ, суммарная оценка биомассы скумбрии составила 4,4 и 2,6 млн т в 2015 и 2016 гг. (рис. 4).

В целом, несмотря на довольно значительную разницу в оценках численности и биомассы скумбрии по результатам прямых учетов в Южно-Курильской зоне и прилегающих открытых водах, выполненных в 2014–2016 гг. на судах ФГБНУ «ТИНРО-Центр», и расчетных оценках для вод, прилегающих к тихоокеанскому побережью Японии, выполненных японскими исследователями, по данным японского промысла и интенсивности воспроизводства, отмечается значительный рост запаса тихоокеанской популяции скумбрии. Общий запас скумбрии вышел из минимального уровня 1990–2000-х годов и продолжает увеличиваться. В современный период величина запаса тихоокеанской популяции скумбрии определяется отдельными урожайными поколениями. С появлением в 2004, 2007, 2009 и 2013 гг. относительно урожайных поколений, по мере их роста и созревания отмечается рост нерестового запаса. Увеличение биомассы производителей компенсирует снижение эф-

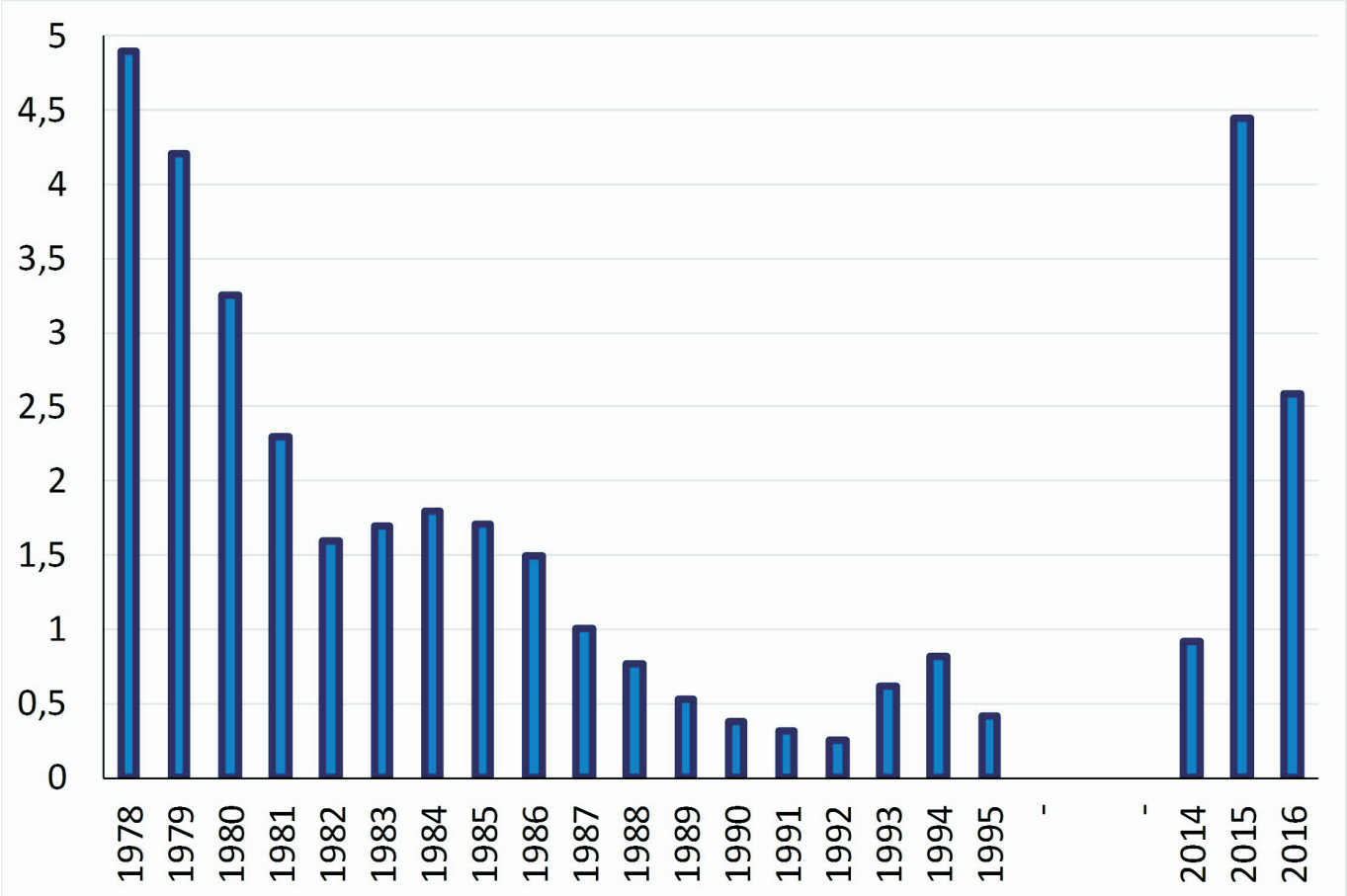


Рис. 4. Оценки запаса скумбрии в северо-западной части Тихого океана российскими (советскими) научно-исследовательскими судами в 1970–1990-е и в 2014–2016 гг.

фективности воспроизводства, которое может быть вызвано неблагоприятными условиями в период нереста и низкой выживаемостью на ранних стадиях жизни и создает условия для стабильного увеличения запаса.

Дальневосточная сардина, субтропическо-умеренно холодноводный вид, является одной из самых массовых прибрежно-пелагических рыб, обитающих в северо-западной части Тихого океана. Ее жизнь до наступления половой зрелости проходит в субтропических водах течения Куросио и его япономорской ветви — Цусимского. Размножение проходит в шельфовой зоне в прибрежных водах Японских островов. Нагульная часть ареала тяготеет к зоне субарктического фронта с сопредельными водами умеренных широт. В периоды высокой численности область нагула сардины охватывает практически всю северо-западную часть Тихого океана (рис. 5).

Дальневосточная сардина относится к флюктуирующим видам, периоды высокой численности у нее в силу естественных причин (при глобальных климато-океанических изменениях) сменяются периодами глубокой депрессии с разницей в показателях более чем в 100 раз (Беляев, Кеня, 1987). В XX столетии наблюдалось два периода высокой численности дальневосточной сардины: в 20–30-е и 70–80-е годы. В последний период дальневосточная сардина по объему вылова занимала второе место, уступая только минтаю. Ее ежегодный улов в пределах Дальнего Востока составлял несколько сот тысяч тонн (Дударев, 1990).

Уже длительное время тихоокеанская популяция сардины находится в депрессивном состоянии. Российский промысел сардины в тихоокеанских водах был полностью прекращен после 1993 г., а в пределах ИЭЗ России в Южно-Курильской зоне он не ведется с 1991 г. До 2016 г. отмечалась в уловах только при проведении научно-исследовательских работ. В 2016 г. промысел сардины в тихоокеанских водах был возобновлен, по состоянию на конец ноября российскими судами выловлено 6676 т, промысел велся в основном разноглубинными тралами, вылов кошельковыми неводами составил около 65 т.

Японский вылов тихоокеанской сардины в 1983–1989 гг. ежегодно превышал 2,0 млн т. Затем произошло снижение вылова, и в 1993 году улов составил менее 1,0 млн т. В 1995–2001 гг. вылов колебался от 100 до 300 тыс. т, в 2002–2010 гг. был ниже 100 тыс. т, но после 2011 г. превысил 100 тыс. т. Из видов промысла наиболее результативен кошельковый лов. Японский промысел сардины ведется в ИЭЗ Японии, в основном вдоль тихоокеанского побережья острова Хонсю, с 2011 г. формируются промысловые скопления сардины и в районе восточного побережья Хоккайдо. Вылов сардины Японией в 2014 г. составил 193 тыс. т, а в 2015 г. достиг 274 тыс. т.

В 2002–2007 годах запас сардины у тихоокеанского побережья Японии оценивался японскими специ-

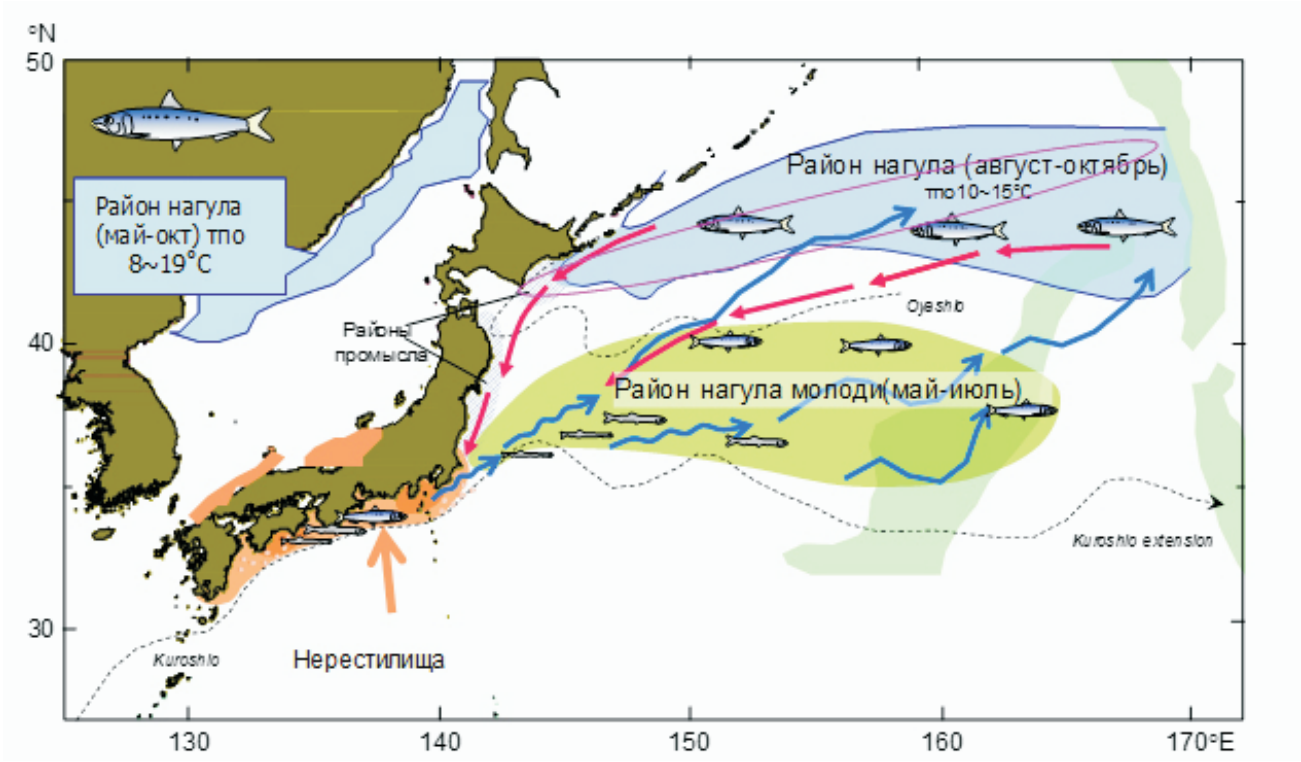


Рис. 5. Распределение и миграции сардины в период высокой численности в северо-западной части Тихого океана

алистами на уровне около 100 тыс. т, после 2008 г. появилась тенденция к увеличению запаса, о чем свидетельствует рост количества производимой икры и численности пополнения. В 2011–2014 гг. наблюдалась тенденция увеличения общего объема нереста с 120 до 424 трлн икринок. Наиболее значительно объем нереста вырос в 2014 г., со вступлением в нерестовый запас относительно урожайных поколений 2010–2011 гг. В последние два года также отмечался высокий объем нереста. Запас тихоокеанской популяции сардины в 2011 г. японскими исследователями оценен в объеме 630 тыс. т, а в 2015 г. составил 1 млн 857 тыс. т, что указывает на поступательное увеличение уровня запаса сардины (и он имеет тенденцию роста, находясь пока еще на среднем уровне).

По итогам комплексной траловой съемки верхней эпипелагиали северно-западной части Тихого океана, выполненной НИС «ТИНРО» в июле–августе 2016 г., биомасса дальневосточной сардины была оценена в 1,745 млн т (33% от суммарной биомассы нектона).

Распределение сардины охватывало акваторию к юго-востоку от Курильских островов (центральная часть съемки). Для этого района были характерны умеренно-теплые и теплые воды (от 7,4 до 18,6 °С) с невысокой динамической активностью.

Величины уловов на час результативного траления были в диапазоне от 0,1 кг (2 экз.) до 10 560 кг (2,08 млн экз.) при среднем улове 1217 кг (20,5 тыс. экз.). Самые весомые уловы дальневосточной сардины получены у южной границы экономзоны России и составили 7,6 и 10,6 тонн за часовое траление (рис. 6).

Следует отметить, что как по результатам прямых учетов в Южно-Курильской зоне и прилегающих открытых водах, выполненных в 2014–2016 гг. на судах ФГБНУ «ТИНРО-Центр», так и японским оценкам для вод, прилегающих к тихоокеанскому побережью Японии, традиционно выполняемых японскими исследователями по данным промысла и интенсивности воспроизводства, отмечается значительный рост запаса тихоокеанской популяции дальневосточной сардины. Современный уровень запаса сардины в тихоокеанских водах остается еще низким, по сравнению с высоким уровнем 1980-х годов, однако имеет тенденцию к увеличению. С 2010 г. отмечается устойчивый рост общего и нерестового запаса тихоокеанской популяции сардины.

ВЫВОДЫ

По результатам комплексных съемок эпипелагиали СЗТО в летне-осенний период было установлено, что в последние годы произошла смена ранее доминировавших в верхней эпипелагиали бореальных и низкобореальных видов мезопелагического комплекса рыб (серебрянки, нотоскопела) на субтропических

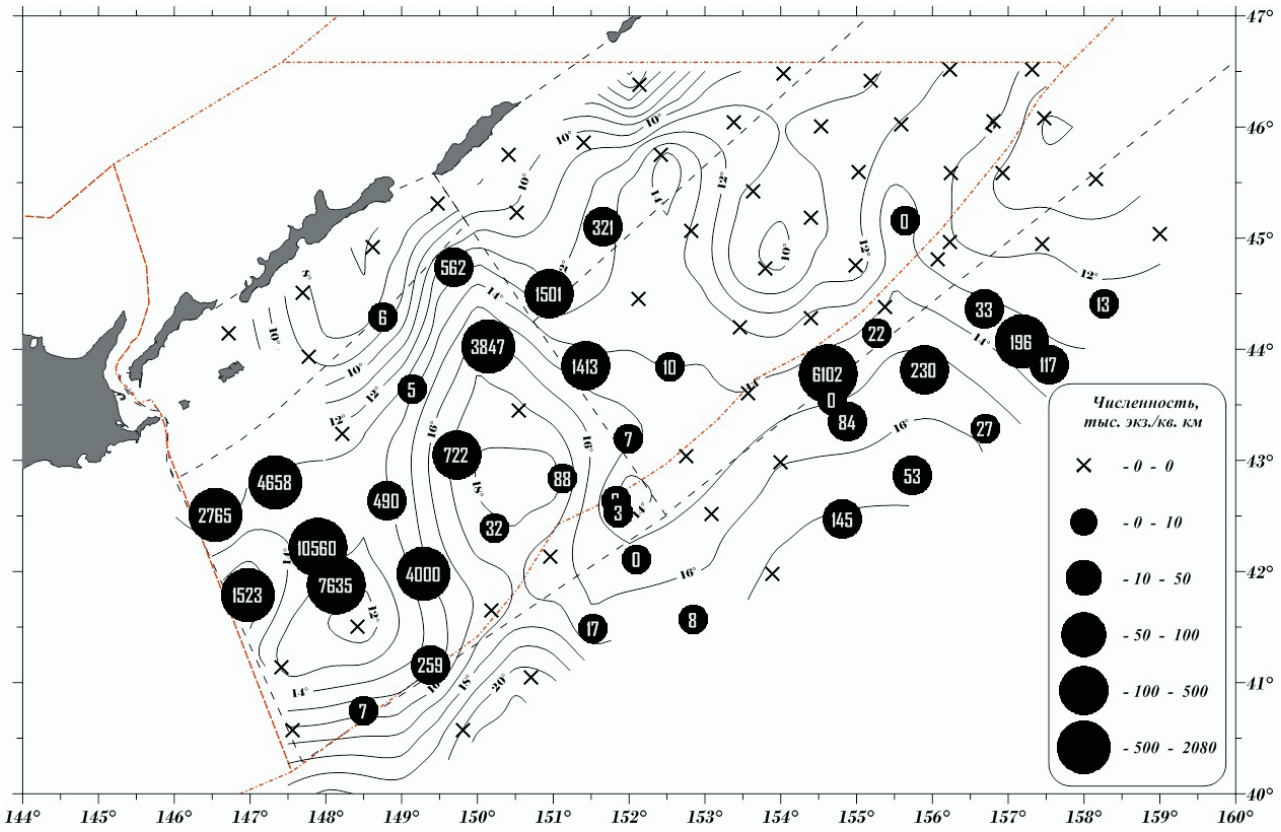


Рис. 6. Пространственное распределение численности (экз./км^2) дальневосточной сардины в июле–августе 2016 г. Цифры в кружках — улов в кг/час траления. Приведена температура воды на поверхности

мигрантов — японскую скумбрию и дальневосточную сардину, которые формируют «ядро» нектонного сообщества.

Учитывая основной тренд динамики запаса сайры в северо-западной части Тихого океана, можно предположить, что в ближайшие несколько лет запас сайры останется на уровне, превышающем уровень 1980–1990-х гг., хотя и будет ниже запаса в 2000-е гг. Наблюдающаяся тенденция к снижению общего запаса сайры в северо-западной части Тихого океана связана с естественной флуктуацией численности, происходящей под влиянием изменений условий среды, что отражается и в изменении структуры ихтиоцена верхней эпипеагиали северо-западной части Тихого океана.

Общий запас скумбрии вышел из минимального уровня середины 2000-х годов и продолжает увеличиваться. В современный период величина запаса тихоокеанской популяции скумбрии определяется отдельными урожайными поколениями. С появлением в 2004, 2007, 2009 и 2013 гг. относительно урожайных поколений, по мере их роста и созревания отмечается рост нерестового запаса. Увеличение биомассы производителей компенсирует снижение эффективности воспроизводства, которое может быть вызвано неблагоприятными условиями в период нереста и низкой выживаемостью на ранних стадиях жизни, и создает условия для стабильного увеличения запаса.

Современный уровень запаса дальневосточной сардины в тихоокеанских водах остается низким, по сравнению с высоким уровнем 1980-х годов, однако имеет тенденцию к увеличению. С 2010 г. отмечается устойчивый рост общего и нерестового запаса тихоокеанской популяции сардины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аксютина З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-сть. 289 с.

Беляев В.А. 1984. Структура ареала японской скумбрии // Океанология. Т. 24, вып. 4. С. 689–695.

Беляев В.А. 2003. Экосистема зоны течения Куросио и ее динамики. Хабаровск: Хаб. кн. изд-во. С. 382.

Беляев В.А., Кеня В.С. 1987. Состояние запасов и условия воспроизводства дальневосточной сардины в северо-западной части Тихого океана / Биологические ресурсы открытого океана. М.: Наука. С. 225–237.

Дударев В.А. 1990. Экология и перспективы промысла сардины (иваси) Японского моря // Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей. М.: Наука. С. 127–138.

Парин Н.В. 1960. Ареал сайры (*Cololabis saira Br.* – Scomberesocidae, Pisces) и значение океанографических факторов для ее распределения // ДАН СССР. Т. 130, № 3. С. 649−652.

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

Филатов В.Н. 2015. Миграции и формирование скоплений массовых пелагических гидробионтов (на примере тихоокеанской сайры). Ростов н/Д: ЮНЦ РАН. 168 с.

Филатов В.Н., Старцев А.В., Устинова Е.И., Еремин Ю.В. 2011. Тихоокеанская сайра. Научно-информационное обеспечение промысловой экспедиции. Ростов н/Д: ЮНЦ РАН. 120 с.

УДК 597.553.2

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРОМЫСЛОВОГО ЗАПАСА КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* (WALBAUM) БАССЕЙНА Р. КАМЧАТКИ

Л.О. Заварина

Вед. н. с., к. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: zavarina.l.o@kamniro.ru

КЕТА, РЕКА КАМЧАТКА, ПРОИЗВОДИТЕЛИ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ

Представлены материалы, включающие архивные и современные данные, проведен анализ структуры популяции кеты р. Камчатки. Накопленный биостатистический материал позволил заключить, что к настоящему времени произошли существенные изменения структуры стада: омоложение, уменьшение средних размеров, снижение плодовитости. Состояние запасов кеты р. Камчатки находится на подъеме.

THE-LONG TERM DYNAMICS AND THE MODERN STATE OF BIOLOGICAL INDEXES AND COMMERCIAL STOCK OF CHUM SALMON *ONCORHYNCHUS KETA* (WALBAUM) IN THE BASIN OF KAMCHATKA RIVER

L.O. Zavarina

Leader Scientist, Ph. D. (Biology); Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: zavarina.l.o@kamniro.ru

CHUM SALMON, THE KAMCHATKA RIVER, SPAWNERS, BIOLOGICAL INDEXES, ABUNDANCE

Structural analysis of chum salmon population of the Kamchatka River is made on archive and modern data. The pool of the biological statistics analyzed allows to conclude that for now the population has passed significant structural transformation, getting younger, having less average body length, weight and fecundity, although the stock abundance of chum salmon in the Kamchatka River is increasing.

Река Камчатка — самый крупный водоем на полуострове, имеющий высокую рыбохозяйственную значимость для Камчатского края. В реке воспроизводятся все виды тихоокеанских лососей, стада которых, за исключением горбуши, характеризуются высокой численностью. Доля кеты от общей добычи лососей данного водоема изменяется от 4 до 55% (1971 и 1951 гг. соответственно) и составляет в среднем 24% за период 1934–2016 гг. Ее запасам свойственна высокая степень изменчивости по малым и большим периодам. Максимальная (2,884 млн рыб) и минимальная (0,088 млн рыб) численность вернувшихся поколений различается в 33 раза. В последние годы происходят значительные изменения величины нерестовых подходов и качественных характеристик производителей кеты, что при накопленном объеме данных (1927–2016 гг.) позволяет провести сравнительный анализ структуры стада и его изменений, а также численности нерестовых подходов, чему и посвящено настоящее исследование.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использован материал из архива КамчатНИРО, собранный на рыбодобывающих предприятиях Усть-Камчатского района сотрудниками института и автором настоящей работы (табл. 1).

Биологический анализ производителей кеты проводили по общепринятой методике (Правдин, 1966). Абсолютную плодовитость определяли путем взвешивания яичников и подсчета икринок в навеске 20 г с последующим пересче-

том на массу яичников. Для определения возраста брали чешую по методике Клаттера и Уайтсела (Clutter, Whitesel, 1956).

Возраст рыб за 1927–1930, 1932, 1933 и 1940 гг. определен автором, с 1941 по 1990 г. — Е.Т. Николаевой, в дальнейшем — автором данной работы.

В работе использована статистика прибрежного вылова тихоокеанских лососей с 1934 по 2016 г., материалы авиаучетов на нерестилищах с 1957 г. по 2011 г. Численность кеты на нерестилищах в 1934–1956 гг. получена исходя из зависимости «улов–пропуск» ($Y = 0{,}4095x + 0{,}0301$; $R^2 = 0{,}3481$; $P = 0{,}001$) (Заварина, 2013). После 2011 г. количество производителей на нерестилищах определяли экспертно. Численность нерестовых подходов определяли суммированием данных статистики прибрежного вылова и количества производителей на нерестилищах. Численность поколений оценивали по суммарной величине последовательного возврата особей разного возраста. Долю и численность рыб разных поколений в нерестовых подходах определяли по средневзвешенному возрастному составу кеты в береговых уловах. Величину изъятия (интенсивность промысла) находили как долю вылова (млн экз.) от численности нерестового подхода (млн экз.). Статистическая обработка проведена с использованием программы Microsoft Excel.

Таблица 1. Количество собранного и обработанного материала по производителям кеты р. Камчатки, рыб

Данные	Год	Количество
Биоанализ	1927, 1929, 1930, 1932, 1933, 1937, 1938, 1940–1945, 1947–1954, 1956–2016	49 149 экз.
Возраст	1927–1930, 1932, 1933, 1937, 1938, 1940–1945, 1947–1954, 1956–2016	50 688 экз.
Плодовитость	1962–1974, 1976–2016	13 634 экз.
Вылов	1934–2016	83 года
Пропуск на нерестилища	1934–2016	83 года
Подходы	1934–2016	83 года

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Возрастная структура производителей кеты. Возрастная структура производителей кеты бассейна р. Камчатки, как и других районов полуострова, включает в основном рыб 4-х возрастных групп. Но в отдельные годы их количество достигало 5–6. Ведущими в нерестовых подходах являлись особи в возрасте 3+ и 4+, однако в ряде лет была отмечена довольно высокая доля кеты возраста 2+ и 5+ (рис. 1).

Относительная численность рыб возраста 2+ изменялась от 0,1 до 11,8%, составив в среднем 2,7%. Наибольшие доли особей этого возраста (10–11,8%) наблюдались в 1927, 1929, 1932 и 1949 гг. Рыбы старшего возраста 5+ в среднем за период наблюдений составили 2,9% (от 0,1 до 25,5%). Их относительная численность была наибольшей в 1996 г. (25,5%) и в 2001 г. (17,4%). Семилетние особи (6+) встречались довольно редко (1947, 1996, 2000–2003 гг.) и не превышали 0,1–0,2% (рис. 1). Рыбы возраста 3+ и 4+ преобладали в уловах. С 1927 по 1981 гг., за редким исключением (1937, 1940, 1942, 1947, 1952, 1960, 1967 и 1980 гг.), отмечена повышенная численность особей возраста 3+. Их доля варьировала от 50,9 до 98% (в среднем около 75%) (рис. 1).

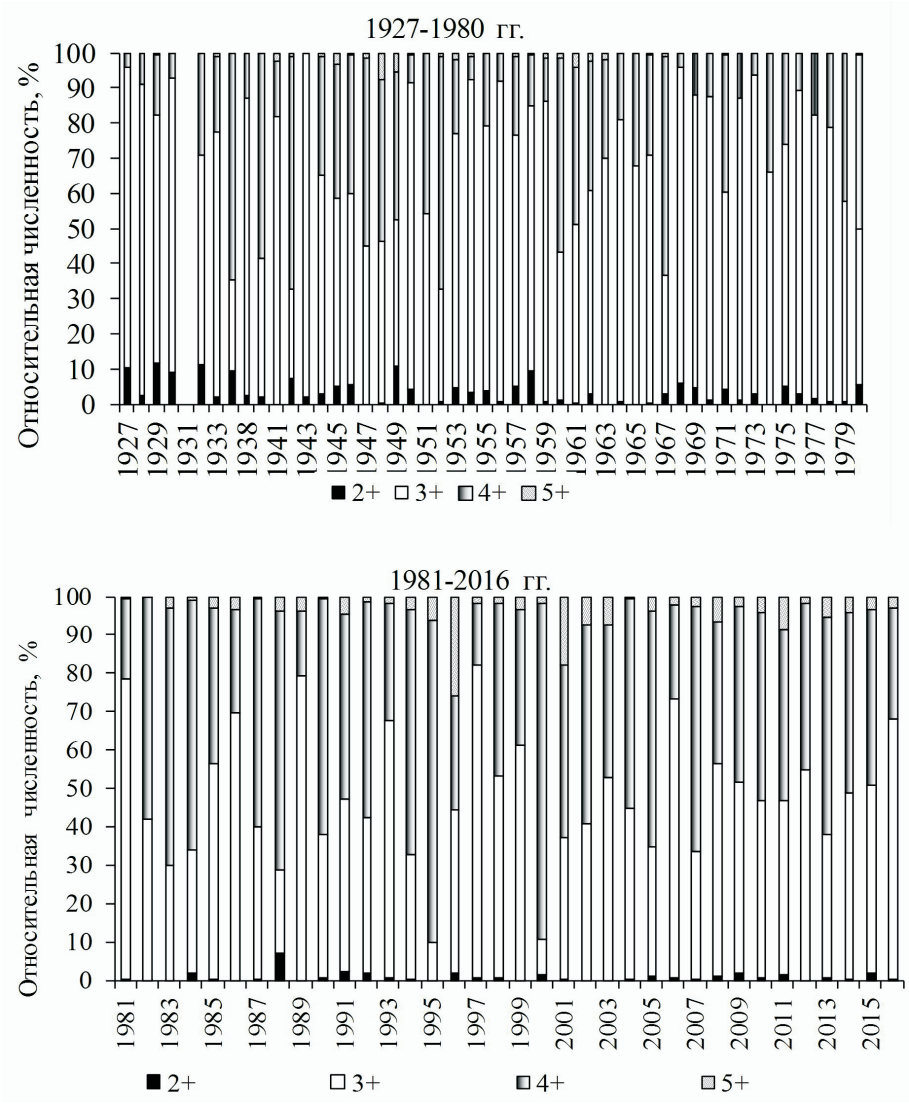


Рис. 1. Изменение возрастного состава в подходах кеты р. Камчатки, %

С 1982 г. наблюдаются снижение относительной численности рыб возраста 3+ (в среднем до 47%) и увеличение доли особей возраста 4+. Величина их доли варьировала от 16 до 87,5% (в среднем около 49%). В некоторые годы доли рыб в возрасте 3+ и 4+ были практически равнозначными (1948, 1949, 1980, 1991, 2009–2011, 2014 и 2015 гг.) (рис. 1).

Анализ возрастного состава кеты по десятилетиям показал, что до начала 1980-х гг. в нерестовых подходах кеты р. Камчатки отмечалось доминирование рыб младших возрастных групп (2+, 3+), их суммарная доля варьировала в пределах около 63–91%. В период 1981–1990 гг. доли особей возраста 3+ и 4+ были равнозначны (48,7 и 48,3% соответственно). В последующие два десятилетия незначительно преобладали особи возраста 4+, увеличивалось количество рыб старшего возраста 5+ и 6+ и снижалась доля рыб возраста 2+. В 2011–2016 гг. в уловах доминировали рыбы младших возрастных групп (табл. 2).

Аналогичные изменения возрастной структуры кеты отмечены и для рыб этого вида из других районов воспроизводства (Заварина, 2003, 2006, 2008, 2010).

Размерно-массовая характеристика производителей кеты. Длина производителей кеты в бассейне р. Камчатки варьировала от 42 до 88 см, масса — от 1,40 до 7,70 кг. Средние значения длины рыб за период 1927–2016 гг. изменялись от 59,6 до 70,8 см, массы — от 2,87 до 4,17 кг (рис. 2). Минимальные значения длины были отмечены в 1945 г. (59,6 см), максимальные — в 1988 г. (70,8 см). Минимальная масса кеты наблюдалась в 1937 и 1945 гг. — 2,87 кг, максимальная в 1980 г. — 4,17 кг (рис. 2). Среднемноголетние показатели находятся на уровне 64,0 см и 3,46 кг. Самцы, как правило, крупнее самок. Исключение составил 1937 г., когда самцы имели размерно-массовые показатели ниже, чем самки, что, скорее всего, связано с небольшой выборкой рыб. Длина самцов превышала длину самок на 0,1–5,0 см (в среднем на 2,6 см), масса — на 0,13–0,90 кг (в среднем на 0,51 кг). Размерно-массовые показатели кеты старшего возраста выше, чем у рыб младших возрастов, что было подробно рассмотрено в работе В.Ф. Бугаева с соавторами (2007).

Наибольшие значения средней длины имели место в 1980-е годы (66,2 см). Примерно на таком же уровне находился данный показатель и в 1970-е, и в 1990-е годы (65,9 см и 66,0 см соответственно). Наименьшая длина наблюдалась в 1940–1950 гг. (61,5 см), а также в настоящее время (61,8 см). Максимальная масса рыб отмечена в 1970-е годы (3,90 кг), минимальная — в 1931–1940 гг. (3,05 кг) (рис. 3).

Таблица 2. Возрастной состав кеты р. Камчатки по десятилетиям, %

Годы	2+	3+	4+	5+	6+
1927–1930	8,6	82,1	9,2	0,1	–
1931–1940	5,6	57,1	37,2	0,1	–
1941–1950	4,0	59,5	34,4	2,1	+
1951–1960	3,1	68,9	27,2	0,8	–
1961–1970	2,0	69,0	28,0	1,0	–
1971–1980	2,6	71,5	25,8	0,1	–
1981–1990	1,1	48,7	48,3	1,9	–
1991–2000	1,2	44,1	49,6	5,1	+
2001–2010	0,8	46,7	47,2	5,3	+
2011–2016	0,9	50,5	44,4	4,2	–

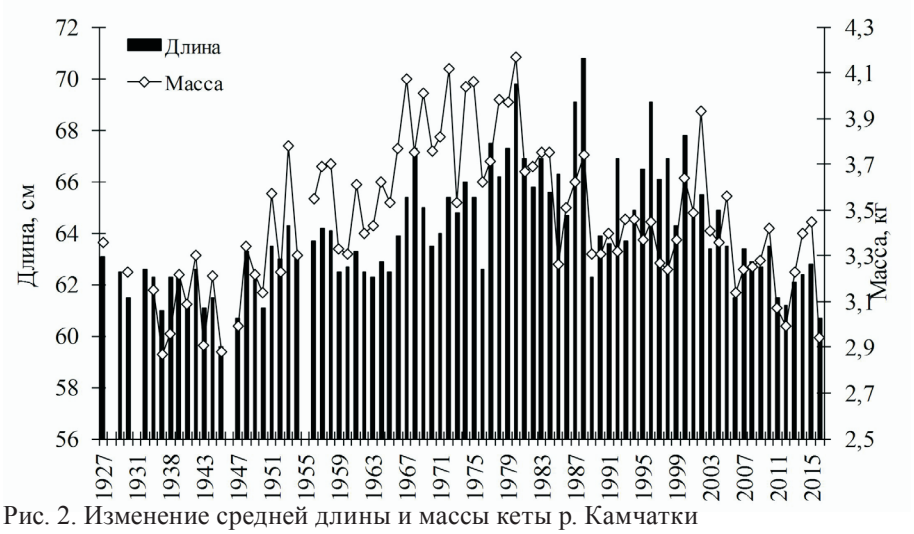


Рис. 2. Изменение средней длины и массы кеты р. Камчатки

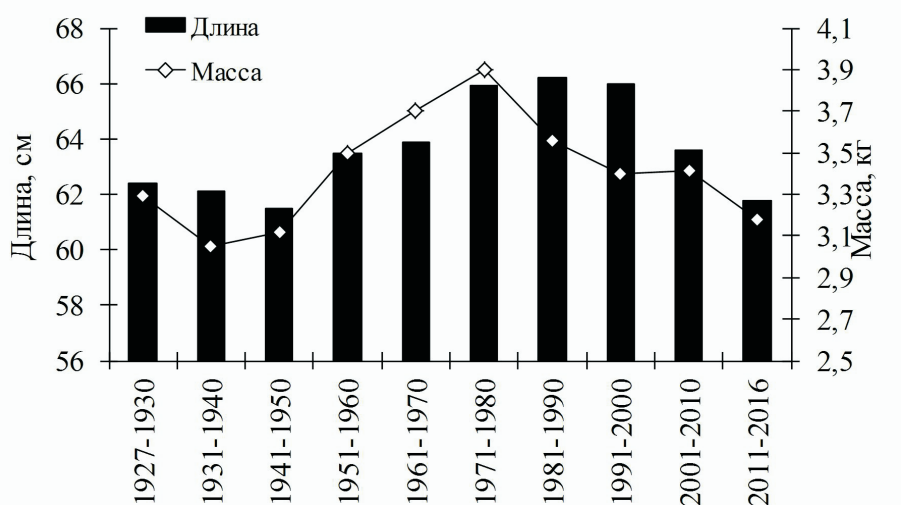


Рис. 3. Изменение средней длины и массы кеты бассейна р. Камчатки по десятилетиям

Таким образом, прослеживается тенденция снижения размерно-массовых показателей кеты бассейна р. Камчатки с начала 2000-х годов по настоящее время, с 2006 г. данные показатели находятся ниже среднемноголетних значений.

Половая структура. В бассейне р. Камчатки с 1927 г. по 2016 г. относительная численность самок изменялась от 23,8 до 88,1% и в среднем за 82 года была на уровне 49%. Минимальная доля их наблюдалась в 1994 г., максимальная — в 1937 г. (рис. 4).

Наблюдается тенденция снижения относительной численности самок с 1927 г. по 1994 г. В дальнейшем доля самок находилась на уровне 42–53%. С 2009 г. по 2013 г. относительная численность самок стабильна: 49,5–52,1% (в среднем 50,6%). В 2014–2016 гг. доля самок снизилась в среднем до 45% (42,4–46,6%) (рис. 4). Анализ относительной численности самок по десятилетиям показал их наибольшую долю в 1930–1950-е гг. (57,3–69,5%). В последующие два десятилетия данный показатель понизился до 49%, 45% в 1971–1980 гг. и достигал минимума в 38% в 1981–1990 гг. С начала 1990-х гг. доля самок постепенно повышалась с 41% до уровня 48–49% в 2001–2016 гг.

В нерестовых подходах преобладали самки основных возрастных групп 3+ и 4+, составив в среднем за 82 года около 57,3 (9,2–100,0) и 39,7% (3,8–88,8). Относительная численность самок возраста 2+ и 5+ не превышала в среднем 3%, варьируя от 0,1 до 22,2%. Доля семилетних самок ничтожно мала: не более 0,3%. В годы численного преобладания рыб возраста 3+ в нерестовых подходах доминировали самки этого же возраста. При превалировании особей возраста 4+ преобладали самки возраста 4+ (рис. 4).

Индивидуальная абсолютная плодовитость (ИАП). Индивидуальная абсолютная плодовитость кеты р. Камчатки за исследуемый период варьировала от 731 до 7900 икринок. Средние значения данного показателя изменялись от 2058 до 3896 икринок. Минимальная средняя ИАП была отмечена в 1994 г., максимальная — в 1972 г. Достаточно высокая средняя ИАП наблюдалась и в 1974, 1982, 1983 гг. — более 3200–3400 икринок (рис. 5). Среднемноголетнее значение ИАП составило 2629 икринок. В 1962–1992 гг. средняя ИАП кеты р. Камчатки имела более высокие значения (в среднем 2809) по сравнению с 1993–2016 гг. (в среднем 2403) (рис. 5).

Межгодовые колебания ИАП рыб возраста 3+ и 4+ в значительной степени совпадали. Так, средние значения ИАП особей возраста 3+ варьировали в пределах 2006–3938 икринок, возраста 4+ — 2085–3929, и в среднем за 54 года составили 2590 и 2666 икринок соответственно (рис. 5). Рыбы старшего возраста, как правило, обладали более высокой ИАП, корреляция между данным показателем и возрастом составила r = 0,99. Однако в ряде лет значения средней ИАП особей возраста 4+ были несколько ниже или находились на том же уровне, что и у рыб возраста 3+ (рис. 5).

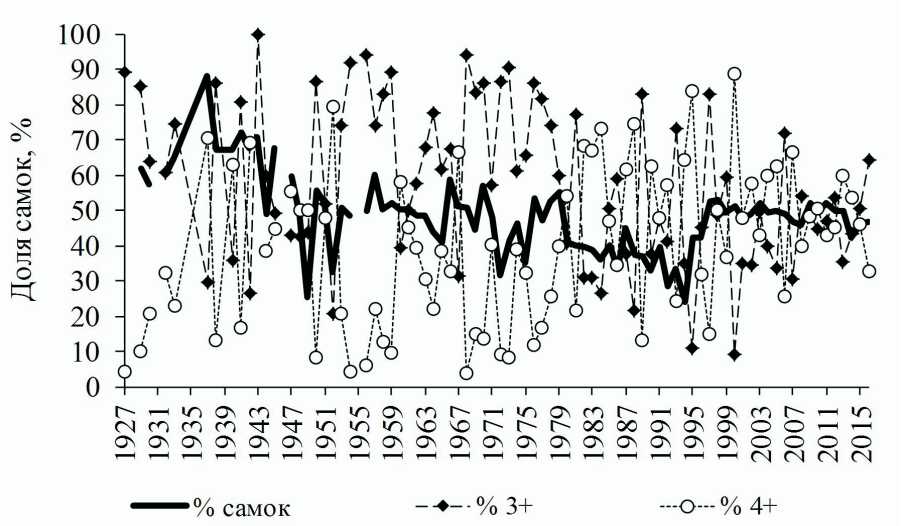


Рис. 4. Относительная численность (%) самок и самок кеты в возрасте 3+ и 4+ в бассейне р. Камчатки

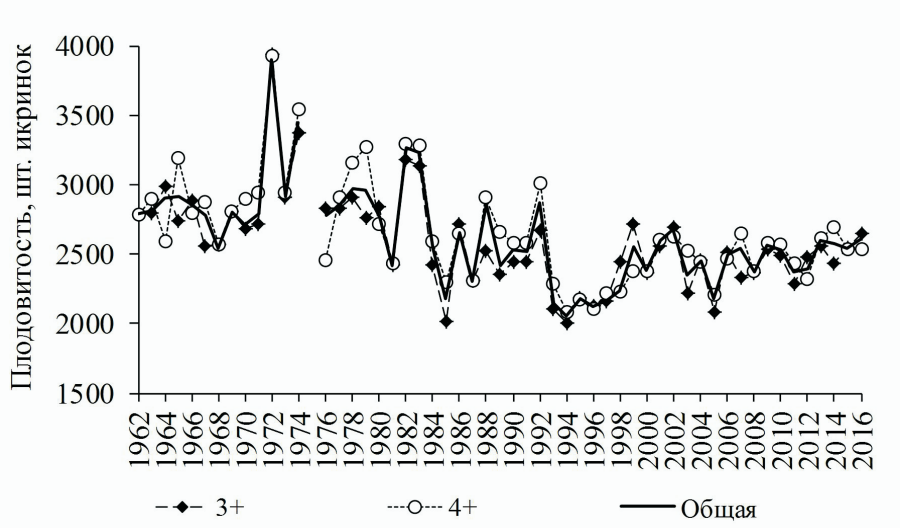


Рис. 5. Изменение средней индивидуальной абсолютной плодовитости кеты р. Камчатки в возрасте 3+, 4+ и общей

В период 1960-х годов среднее значение ИАП было на уровне около 2800 икринок. В 1970-е годы оно имело максимальное значение (3041). В дальнейшем произошло снижение до 2600, а в 1990-е годы — до 2300 икринок, что является минимальным значением за весь период исследования. С последующего десятилетия вплоть до настоящего времени данный показатель относительно стабилен (около 2500 икринок), но находится ниже среднемноголетнего значения.

Подходы, уловы, интенсивность промысла, заполнение нерестилищ и урожайность поколений. Подходы кеты к бассейну р. Камчатки за период с 1934 г. по 2016 г. изменялись от 0,105 млн рыб (1991 г.) до 2,663 млн экз. (1959 г.) (рис. 6). В 1930-е годы они в среднем составляли около 0,590 млн производителей, следующие три десятилетия (1941–1970 гг.) подходы росли и находились на достаточно высоком уровне (в среднем 0,89–1,15 млн рыб). В 1971–2000 гг. наблюдался спад численности нерестовых подходов в среднем до уровня 0,530–0,570 млн производителей. С начала 2000-х годов величина нерестовых подходов росла, составив в среднем около 0,749 млн. С 2011 г. оценить подходы не представляется возможным из-за недостаточного финансирования (в связи с тем, что работы по авиаучету численности производителей кеты на нерестилищах р. Камчатки в полном объеме не проводились). Однако исходя из экспертных оценок численности кеты на нерестилищах, нерестовые подходы в 2011–2016 гг. находились в пределах 0,748–2,060 млн рыб и в среднем были на уровне около 1,355 млн экз. (рис. 6).

За период 1934–2016 гг. вылов кеты р. Камчатки различался более чем в 37 раз. Максимальный вылов достигал 6 тыс. т в 2014 г. и 2016 г. (около 1,8 млн рыб), минимальный — 0,191 тыс. т в 1991 г. (0,04 млн экз) (рис. 6, 7). Кроме того, достаточно высокие уловы (более 5 тыс. т) отмечены в 1959 и 1963 гг. (около 1,4 млн экз.). С 1934 по 1937 гг. уловы были на низком уровне (0,500–1,591 тыс. т, или 0,157–0,500 млн рыб). Следующие 14 лет (1938–1951 гг.) характеризуются увеличением вылова кеты в пределах 1,027–3,360 тыс. т, или 0,323–1,159 млн рыб (в среднем 2,174 тыс. т, или 0,688 млн экз.). Добыча кеты снижалась в 1952–1953 гг. до 0,469–0,924 тыс. т (в среднем около 0,201 млн рыб). В дальнейшем в уловах кеты р. Камчатки выделяются резко отличающиеся 10–11-летние циклы: 1954–1964 гг. — высокие уловы (1,287–5,027 тыс. т, 0,390–1,444 млн), 1967–1976 гг. — низкие (0,306–1,174 тыс. т, или 0,081–0,312 млн), 1977–1987 гг. — высокие (1,114–3,736 тыс. т, или 0,102–0,882 млн рыб), 1988–1998 гг. — низкие (0,191–1,288 тыс. т, или 0,040–0,410 млн). С 1999 г. по 2010 г. уловы повысились в среднем до 2,308 тыс. т (0,668 млн экз.). В настоящее время вылов кеты в бассейне р. Камчатки находится в среднем на уров-

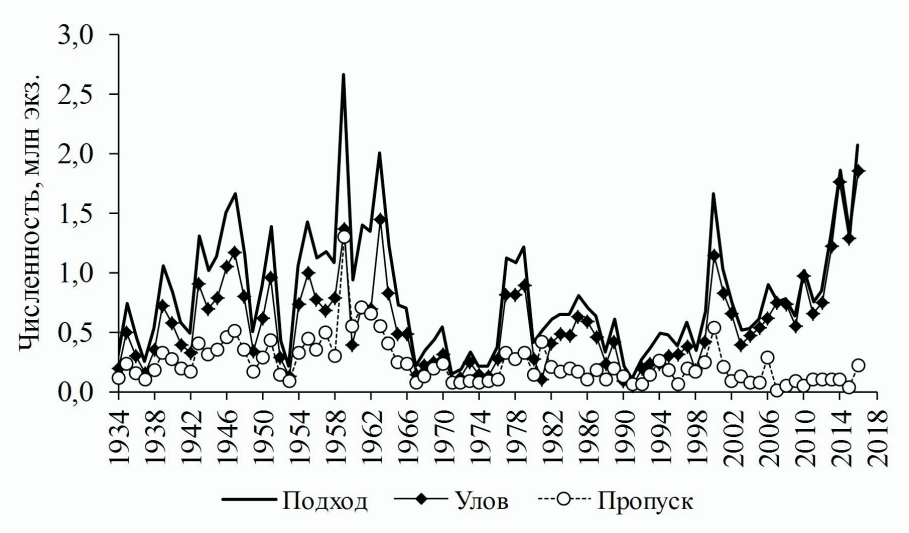


Рис. 6. Нерестовый подход, береговой вылов и пропуск кеты на нерестилища в бассейне р. Камчатки, млн экз. (Подход и пропуск за 1934–1956, 2011–2016 гг. — расчетные)

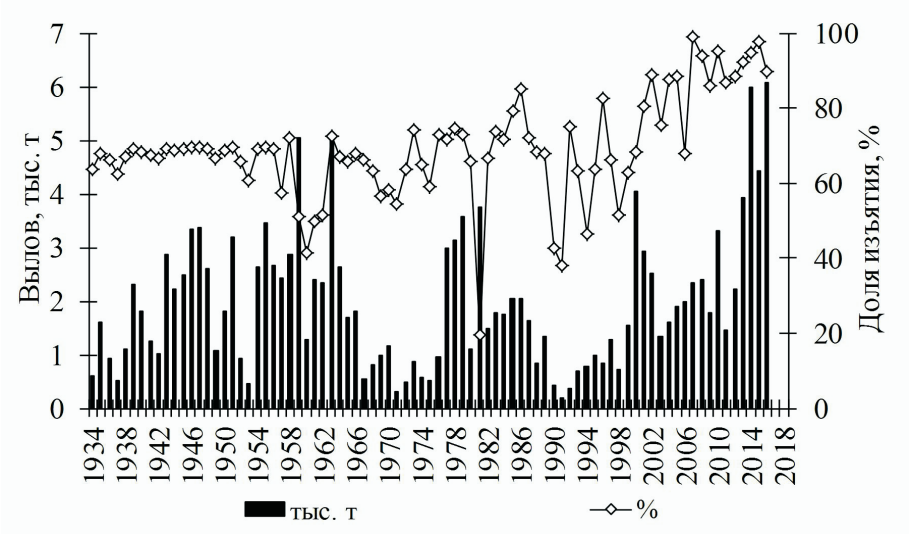


Рис. 7. Вылов (тыс. т) и интенсивность (%) берегового промысла кеты в бассейне р. Камчатки

не около 4 тыс. т (1,248 млн рыб), изменяясь от 1,470 до 6,059 тыс. т (0,648–1,847 млн) (рис. 6, 7).

За наблюдаемый период интенсивность промысла колебалась от 20 (1981 г.) до 99% (2007 г.) (рис. 7). В ряде случаев она значительно превышала среднемноголетнее значение (69%). С 1934 г. по 2000 г. величина изъятия в среднем составляла 65% (20–85%). С начала 2000-х годов наметилась тенденция увеличения эксплуатации стада, и промысловая нагрузка на кету р. Камчатки увеличивалась, достигнув в среднем 86%, т. е. превысила среднемноголетнюю величину. Интенсивность промысла в последние годы (2011–2016 гг.) составляла около 92% (рис. 7).

С 1934 г. по 1956 г. расчетная численность производителей на нерестилищах изменялась в пределах 0,081–0,505 млн рыб (в среднем 0,273) (Заварина, 2013). С 1957 г. максимальное заполнение нерестилищ наблюдалось в конце 1950-х – начале 1960-х гг. и достигало в среднем 0,619 млн рыб. В дальнейшем происходит резкое снижение численности рыб на нерестилищах (рис. 6). За период с 1957 по 2010 гг. (54 года) среднемноголетнее заполнение нерестилищ производителями кеты в бассейне р. Камчатки составляло 0,229 млн экз. Выше этой величины пропуск производителей наблюдался в 1957–1965 гг., в 1977–1979, 1994 и 2006 гг., незначительно превышая среднемноголетнее значение. Лишь в 1981 и 2000 гг. заполнение было на уровне 0,415–0,530 млн рыб. С 2011 г. расчетное количество производителей кеты на нерестилищах только в 2016 г. превысило 0,2 млн рыб, в остальные годы было около 0,100 млн экз. (рис. 6).

В 38 случаях из 54 (1957–2010 гг.) численность производителей на нерестилищах была ниже среднемноголетней, и прослеживалась четкая тенденция ее снижения. Та же направленность наблюдалась и за период с 1934 по 2016 гг. Таким образом, можно говорить о дефиците производителей кеты на нерестилищах бассейна р. Камчатки. О существовании дефицита производителей кеты на нерестилищах данного водоема писалось и ранее (Николаева, Заварина, 1991; Заварина, 1995, 2013). Принимая во внимание вышеизложенное, предположим, что кета способна выдерживать интенсивную промысловую нагрузку. Если учесть, что данный вид лосося еще облавливался в 1990-е и 2000-е гг. и в открытом море, то удивляет, как кета не утратила промысловую значимость.

Характер колебаний нерестовых подходов кеты в данный водоем обусловлен динамикой урожайности и темпом созревания поколений. Численность дочерних поколений (рассчитано 68 лет) кеты р. Камчатки в период 1944–2011 гг. варьировала от 0,088 до 2,884 млн рыб при численности родителей от 0,006 до 1,3 млн. В целом для кеты р. Камчатки характерно расширенное воспроизводство: численность дочерних поколений была ниже родительских лишь в 4 (1962–1964, 1970 гг.) из 68 случаев (рис. 8). Низкая урожайность потомства у отмеченных поколений не связана с переполнением нерестилищ, поскольку при сходном в 1957, 1960 и 2000 гг. и большем в 1959 г. пропуске рыб на нерест численность потомства достигала 0,622–1,700 млн особей. Переполнения нерестилищ производителями за весь период наблюдений не наблюдалось, более характерен их дефицит, который обусловлен высокой интенсивностью промысла. Межгодовая урожайность потомства широко варьировала даже при одинаковом числе нерестующих рыб. Максимальная урожайность поколений наблюдалась в 1946, 1951, 1955, 1959, 1974, 1995, 2002 и 2010 гг. (рис. 8).

С конца 1990-х – начала 2000-х годов отмечена тенденция увеличения урожайности поколений кеты. В 2008–2012 гг. численность потомства кеты р. Камчатки находилась на относительно стабильном уровне: в среднем около 1,4 млн рыб (1,3–1,6 млн экз.) (рис. 8).

До 1990-х гг. урожайность поколений складывалась в основном за счет особей возраста 3+, которые значительно доминировали в поколении, составляя

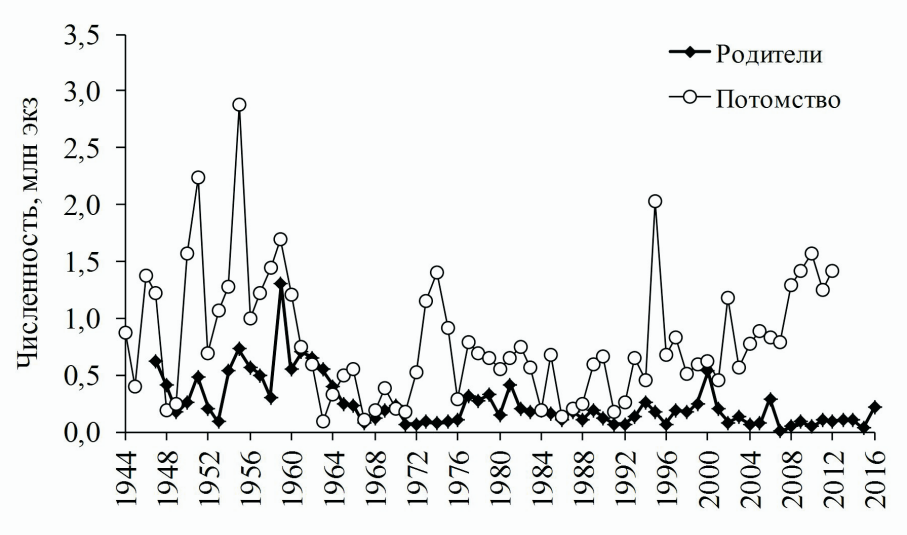


Рис. 8. Численность отнерестившейся кеты и численность ее потомства, млн экз. (Численность потомства за 2011 г. представлена без рыб возраста 5+, 2012 г. — без рыб возраста 4+ и 5+, которые вернутся в последующие годы)

в среднем от 51 до 78%. (рис. 9). В 1980-е гг. в поколениях резко возросла доля рыб возраста 5+ (в среднем с 1,2 до 3,8%), и в 1990-е и 2000-е годы преобладающими в поколении стали особи возраста 4+ (рис. 9).

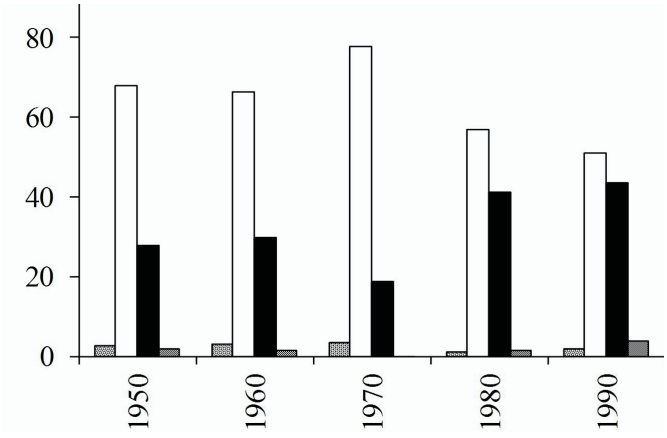


Рис. 9. Возрастной состав поколений кеты бассейна р. Камчатка

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ имеющихся данных показал, что в возрастной структуре кеты р. Камчатки произошли изменения. В настоящее время в уловах доминируют рыбы младших возрастных групп 2+ и 3+. Прослеживается тенденция снижения размерно-массовых показателей кеты бассейна р. Камчатки с начала 2000-х годов по настоящее время, и с 2006 г. данные показатели находятся ниже среднемноголетних значений. С начала 1990-х гг. доля самок постепенно увеличивалась и достигла уровня 48–49% в 2001–2016 гг. В нерестовых подходах преобладают самки основных возрастных групп 3+ и 4+. Относительная численность самок возраста 2+ и 5+ достаточна мала. Вместе с тем средняя индивидуальная абсолютная плодовитость после минимальных значений в 1990-е годы несколько повысилась и находится на относительно стабильном уровне (2500 икринок), что, однако, является ниже среднемноголетнего значения.

В настоящее время (2011–2016 гг.) наблюдается рост нерестовых подходов кеты к бассейну р. Камчатки в среднем до 1,4 млн экз. (0,75–2,06 млн рыб). Соответственно увеличивается и вылов: в среднем до 4 тыс. т (1,5 до 6,1 тыс. т) или 1,3 млн рыб (0,65–1,85 млн экз.). Интенсивность промысла достаточно высока и в среднем составляет около 92%.

В 38 случаях из 54 (1957–2010 гг.) численность производителей на нерестилищах была ниже среднемноголетней и прослеживалась четкая тенденция ее снижения. Та же направленность наблюдалась и за период с 1934 по 2016 гг. Таким образом, можно говорить о дефиците производителей кеты на нерестилищах бассейна р. Камчатки.

С конца 1990-х–начала 2000-х годов отмечена тенденция увеличения урожайности поколений кеты. За период 2008–2012 гг. численность потомства кеты р. Камчатки находится на относительно стабильном уровне — в среднем около 1,4 млн рыб (1,3–1,6 млн экз.). Преобладающими в поколении становятся особи возраста 4+.

Подобные изменения отмечены и для чавычи р. Камчатки (Зикунова, 2014).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О., Зорбиди Ж.Х., Остроумов А.Г., Тиллер И.В. 2007. Рыбы реки Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 458 с.

Заварина Л.О. 1995. О состоянии запасов кеты р. Камчатки / Биоресурсы морских и пресноводных экосистем. Тез. докл. конф. мол. ученых (17–18 мая 1995 г.). Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 26–27.

Заварина Л.О. 2003. Биологическая структура кеты *Oncorhynchus keta* северо-восточного побережья Камчатки / Чтения памяти В.Я. Леванидова (Владивосток, 19–21 марта 2003 г.). Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 531–540.

Заварина Л.О. 2006. Об изменении биологических показателей кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) на северо-восточном побережье Камчатки // Тр. ВНИРО. Т. 146. С. 211–226.

Заварина Л.О. 2008. Биология и динамика численности кеты *(Oncorhynchus keta)* северо-восточного побережья Камчатки. Автореф. дис. … канд. биол. наук. М. 25 с.

Заварина Л.О. 2010. О динамике биологических показателей и тенденциях изменения численности кеты *(Oncorhynchus keta)* р. Большая (Юго-Западная Камчатка) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 18. С. 38–57.

Заварина Л.О. 2013. Некоторые данные о вылове, интенсивности промысла и численности на нерестилищах кеты *Oncorhynchus keta* р. Камчатки за период с 1927 по 2012 г. / Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Тез. докл. XIV Междунар. науч. конф. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 72–76.

Зикунова О.В. 2014. Биологическая характеристика производителей чавычи *Oncorhynchus tschawytscha* (Walbaum) бассейна р. Камчатки.

Николаева Е.Т., Заварина Л.О. 1991. К вопросу о рациональном использовании запасов кеты бассейна р. Камчатки отечественным промыслом // Исслед. биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. Сб. науч. тр. Петропавловск-Камчатский. Вып. 1. Ч. 1. С. 105–113.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть. 376 с.

Clutter R.I., Whitesel L.E. 1956. Collection and interpretation of sockeye salmon scales. INPFC Bull. № 9. 159 p.

УДК 597.553.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОХОДНОЙ МАЛЬМЫ КАМЧАТСКИХ РЕК

И.В. Тиллер

Вед. н. с., к. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел./факс: (4152) 41-27-01, 41-07-74. E-mail: tiller.i.v@kamniro.ru

ПРОХОДНАЯ МАЛЬМА, ВОЗРАСТНОЙ СОСТАВ, РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА, ПОЛОВОЕ СООТНОШЕНИЕ, УПИТАННОСТЬ

Исследованы популяции проходной мальмы девяти рек западного и восточного побережий Камчатки в 2015 г. В возрастной структуре уловов проходной мальмы обоих побережий Камчатки в целом сохраняется преобладание 5–6-годовалых рыб. Максимальный возрастной ряд, насчитывающий восемь возрастных групп, отмечен у мальмы рек Палана на западном побережье, Хайлюля и Жупанова — на восточном, минимальный — в уловах мальмы рек Большая и Авача (четыре возрастные категории). Размерно-весовые характеристики по возрастам различаются незначительно. Половая структура в целом характеризуется преобладанием самок в пределах средней величины, характерной для камчатской мальмы. Показатели упитанности невысоки и не имеют определенной тенденции. Наименьшие значения упитанности отмечены в популяциях с более коротким морским нагулом.

COMPARATIVE BIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ANADROMOUS DOLLY VARDEN IN THE RIVERS OF KAMCHATKA

I.V. Tiller

Leading scientist, Ph. D.; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography 683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel./fax: (4152) 41-27-01, 41-07-74. E-mail: tiller.i.v@kamniro.ru

ANADROMOUS DOLLY VARDEN, AGE COMPOSITION, SIZE AND AGE STRUCTURE, SEX RATIO, BODY CONDITION

Populations of anadromous Dolly Varden in nine rivers on the west and east coasts of Kamchatka were analyzed in 2015. In general 5–6-year-old individuals dominated in the age structure of the catches of anadromous Dolly Varden on both coasts. The maximal wide range of the ages included eight groups and was found in the populations of Palana River on the west coast, of Khailulya and Zhupanova Rivers on the east coast, the minimal range (of four age groups) – in the catches of Bolshaya and Avacha Rivers. There are no significant differences between the age groups in the body length and weight. The percent of females was generally higher, but not too much, comparing it to the average value typical for Kamchatkan Dolly Varden. The index of body condition is not high and does not demonstrate any trend. The minimal index was in the populations with a shorter period of feeding at sea.

Основной задачей рыбохозяйственной науки является биологическое обоснование рационального использования рыбных ресурсов морей, океанов и прочих водоемов. Теоретической основой решения этой задачи является научное предвидение изменений численности рыб. Можно сказать, что к настоящему времени изучены общие закономерности динамики численности популяций основных промысловых видов рыб, позволяющие с достаточной достоверностью оценивать запасы и делать прогнозы возможного вылова. В то же время постоянно меняющиеся условия среды требуют дополнительной информации, уточнения различных связей и совершенствования методов прогнозирования. Колебания численности рыб определяются внутренними и внешними причинами и чаще всего представляют результат их взаимодействия. Поэтому научное толкование наблюдаемой ритмики нуждается в изучении как внешних по отношению к популяции факторов, так и в анализе структуры и внутренних свойств популяции.

Проходная мальма является традиционным объектом промысла и спортивного рыболовства на Камчатке. Она представляет собой один из немногих видов лососевидных рыб на полуострове, лов которых можно осуществлять в течение

всего года, в отличие от тихоокеанских лососей. Хотя удельное значение гольца в общих уловах лососей невелико, однако благодаря своей высокой пищевой и товарной ценности он пользуется большим спросом среди населения. Запасы проходной мальмы на Камчатке сравнительно невелики, поэтому повышенный в последние годы интерес к ее добыче вызывает некоторое опасение в перелове в наиболее доступных для пользователей местах. Чтобы заранее избежать этого, необходимо максимально точно определить запасы мальмы в реках Камчатки и долю ее промыслового изъятия.

Для реализации главной цели — оценки запасов и прогнозирования объемов вылова — необходима серьезная теоретическая база, которая может быть создана на основе многолетних сборов материалов по био- и промысловой статистике мальмы из различных районов обоих побережий Камчатки.

Чтобы судить о состоянии запасов в целом, необходимо знать, в каком состоянии находится популяция, и отслеживать любые изменения в ее структуре. В 2016 г. продолжалось исследование биологии и динамики численности проходной мальмы рек Камчатки. Задача данного исследования — анализ материалов за 2015 г. с различных рек восточного и западного побережий Камчатки с целью корректировки основных параметров, используемых при прогнозировании численности и ОДУ мальмы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для работы послужили сборы биостатистики по проходной мальме из 11 рек западного и восточного побережий Камчатки в 2015 г. (рис. 1).

Объем собранного материала и его распределение представлены в таблице 1. Общее количество материала составило 1251 экз. У рыб измерены длина, масса тела полная и без внутренностей, подсчитаны показатель упитанности и доля самок в популяциях. Возраст рыб определен по отолитам, которые подвергались предварительной шлифовке. Измерения годовых колец проводились по наименьшему радиусу. Для правильного понимания характера роста необходимо точное определение возраста рыбы. У гольцов для этой цели обычно используют отолиты. Очень мелкая чешуя гольца чрезвычайно затрудняет изготовление чешуйных препаратов.

Кроме того, при применении чешуи возраст оказывается заниженным на 1–4, чаще на два года (Гудков, Скопец, 1989; Gullestad, 1974). Это связано с тем, что закладка чешуи у гольцов происходит по достижении размеров 5–7 см в возрасте 2–3 года. Обработка материалов осуществлялась методами вариационной статистики.



Рис. 1. Места взятия образцов для анализа

Таблица 1. Количество образцов проходной мальмы, взятых в реках западного и восточного побережий Камчатки в 2015 г., экз.

Река	Количество экземпляров
Западное побережье	
Палана	50
Кихчик	100
Большая	25
Утка	117
Озерная	200
Опала	56
Восточное побережье	
Хайлюля	50
Камчатка	250
Гаванская (о. Беринга)	65
Жупанова	250
Авача	88

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Структура популяций мальмы рек западного побережья

Возрастной состав

Одним из основных показателей, по которому судят о состоянии популяции, является возрастная структура уловов. Возрастной состав промыслового стада есть результат взаимодействия пополнения и убыли. Его изменчивость определяют колебания численности отдельных поколений. Предельный возраст камчатской проходной мальмы на западном побережье обычно составляет 10+ лет. В реках западного побережья Камчатки возраст гольца обычно ограничивается 8–9 годами. Предельный возраст проходной мальмы 11+ лет отмечен в р. Кихчик в 1998 г. в количестве одного экземпляра (Тиллер, 1998). В возрастной структуре уловов проходной мальмы западного побережья Камчатки в большинстве случаев доминирующими возрастными группами являются 5+ и 6+. На рисунке 2 представлен возрастной состав уловов в 2015 г. из шести рек западного побережья.

Среди перечисленных рек только Палана занимает северное положение, остальные реки сосредоточены в южной части полуострова. В паланской же популяции в уловах доминируют особи в возрасте 7 и 8 лет. Благодаря этому средний возраст мальмы р. Паланы составил 7,7 лет. Такое положение можно объяснить тем, что паланская мальма недостаточно интенсивно эксплуатируется промыслом. Она же единственная из перечисленных популяций, у которой в образцах уловов присутствуют рыбы десятилетнего возраста, занимающие 6% в уловах.

Среди остальных стад наиболее схожа по составу уловов с паланской мальма р. Утки с максимальным возрастом в пробе 9 лет. Также обращает на себя внимание, что распределение возрастных групп в уловах мальмы из рек Палана и Утка близко к нормальному. Это означает, что рыба всех возрастов облавливалась пропорционально их численности в водоеме либо вообще мало подвержена промысловому изъятию.

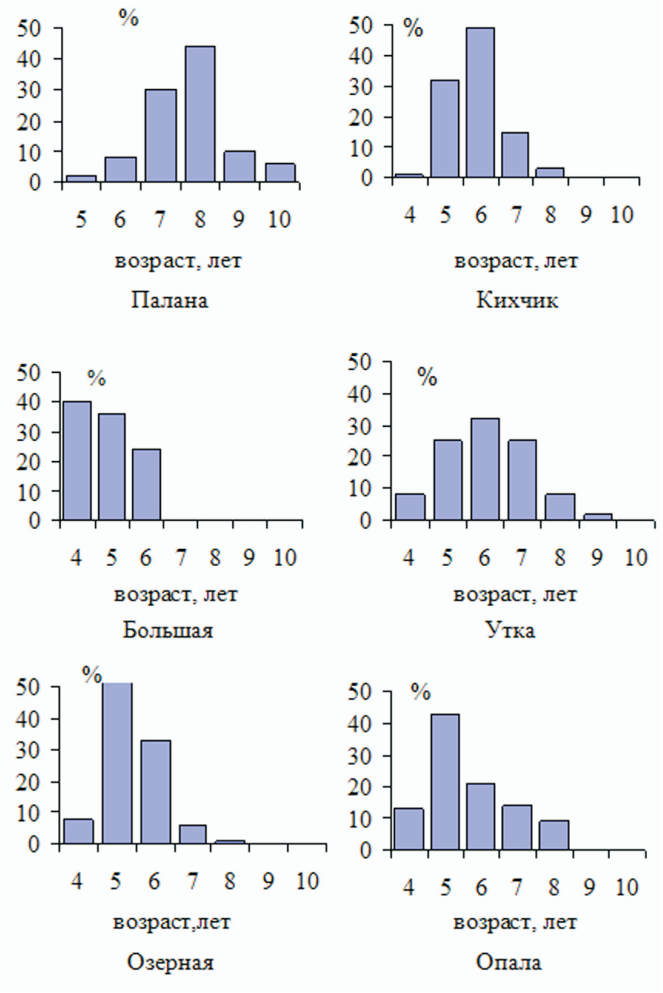


Рис. 2. Возрастной состав уловов проходной мальмы из рек западного побережья Камчатки

В остальных реках по южной части полуострова возрастная структура в образцах уловов в целом сходна, за исключением р. Большой. В уловах мальмы из этой реки наиболее многочисленными оказались возрастные группы 4 и 5 лет и абсолютно отсутствуют старшие возрастные категории. Дело в том, что все рыбное население р. Большой, в том числе и мальма, подвержено мощному прессу как со стороны рыбодобывающих компаний, так и рыболовов-любителей. Налицо резкое омоложение популяции мальмы, что говорит о ее неблагополучном состоянии. Популяции этого вида из Кихчика, Озерной, Опалы находятся в относительно стабильном состоянии, судя по их возрастной структуре.

Размерно-весовая структура

Длина проходной мальмы на Камчатке обычно не превышает 75 см, наиболее часто встречаются особи размером 35–45 см (Савваитова, 1963). По нашим наблюдениям, максимальный размер проходной маль-

мы составлял 73 см. У одновозрастных рыб часто наблюдаются значительные различия в длине, поэтому размерные ряды по возрастам сильно трансгрессируют, так как они неоднородны по речному и морскому возрасту. Наибольший размах колебаний размеров отмечается у рыб в возрасте 5–6 лет (Тиллер, 1994).

В таблице 2 показаны размерно-весовые характеристики проходной мальмы из рек Западной Камчатки. Как видно из таблицы, средние величины размеров и массы колеблются незначительно. Большой разброс показателей в группе 4+ объясняется статистической недостоверностью, то есть малым количеством материала.

По средневзвешенным показателям, наибольшими размерами и массой обладает мальма р. Паланы, что объясняется присутствием в возрастном составе значительного количества рыб старших возрастов. По южной части побережья из куста рек наименьшими размерами и массой выделяется мальма р. Большой, по-видимому, в связи со значительным антропогенным воздействием на эту популяцию.

Половая структура

В популяциях проходной мальмы рек Камчатки половая структура, как правило, характеризуется преобладанием самок, иногда очень значительным. Это же явление характерно для проходной мальмы охотоморского побережья (Волобуев, 1975) и сахалинских рек (Гриценко, Чуриков, 1976) то есть является биологической особенностью проходной формы. Считается, что самцы созревают быстрее самок и раньше выбывают из нерестового стада, кроме того, у мальмы имеется резервный генофонд в виде речных и карликовых самцов, которые составляют с проходной единую популяционную систему за счет повышенной смертности в старших возрастных группах (Никольский, 1974; Armstrong, Morrow, 1980). Небольшой объем материала не позволяет достоверно подтвердить это утверждение, однако в целом некоторая тенденция отмечается (табл. 3).

Из всех популяций только в р. Утке самок значительно меньше 50%. Как известно, изменения численности рыб отражаются определенным образом на соотношении полов в популяции (Никольский, 1974; Крыхтин, Смирнов, 1962). Это выражается в том, что в многочисленных нерестовых стадах численность самок снижается. По этому утверждению, популяция мальмы р. Утки находится в наиболее благополучном состоянии. По нашим наблюдениям, тенденция преобладания самок в популяциях гольца в годы сравнительно низкой численности более заметна (Тиллер, 1993).

Упитанность

Упитанность отражает физиологическое состояние рыбы. Величина этого показателя тесно связана с обеспеченностью пищей, длительностью нагула, перио-

Таблица 2. Размерно-весовой состав мальмы из рек западного побережья

Возраст	Показатели					
	Палана	Кихчик	Утка	Большая	Озерная	Опала
4+	–	35,0 0,53	31,6±1,11 0,35±0,03	31,1±0,41 0,39±0,02	34,0±0,46 0,49±0,02	29,3±1,51 0,33±0,05
5+	36,0 0,44	37,9±0,26 0,68±0,02	36,5±0,53 0,55±0,03	35,9±1,18 0,56±0,05	35,8±0,23 0,56±0,01	35,3±0,77 0,55±0,03
6+	41,0±0,59 0,71±0,04	43,2±0,36 0,96±0,03	41,8±0,53 0,86±0,03	39,7±0,71 0,72±0,04	38,7±0,45 0,69±0,02	41,8±0,93 0,78±0,05
7+	45,6±0,71 0,98±0,05	43,2±0,36 0,96±0,03	46,9±0,72 1,17±0,06	–	42,7±1,50 0,86±0,08	44,7±1,25 0,94±0,07
8+	52,3±1,18 1,47±0,09	47,8±0,17 1,25±0,04	50,5±1,34 1,31±0,07	–	49,0 1,40	53,0±1,09 1,64±0,07
9+	55,4±2,94 1,67±0,23	–	57,0±1,00 1,65±0,05	–	–	–
10+	63,0±2,08 2,51±0,30	–	–	–	–	–
Средняя	47,2 1,32	39,8 0,78	39,7 0,81	34,9 0,53	37,1 0,62	38,9 0,72

Примечание: над чертой — длина, см; под чертой — масса, кг

Таблица 3. Половой состав мальмы западного побережья Камчатки в 2015 г.

Река	Доля самок в % по возрастам								
	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	Общий	Кол-во
Палана	–	–	–	–	–	–	–	54	50
Кихчик	–	81(32)	59(49)	33(15)	33(3)	–	–	61	100
Утка	40(10)	52(29)	42(38)	10(29)	22(9)	–	–	34	117
Большая	–	–	–	–	–	–	–	60	25
Озерная	75(16)	55(105)	54(65)	69(13)	–	–	–	57	200
Опала	–	–	–	–	–	–	–	52	56

Примечание: в скобках — общее количество рыб в возрастной группе.

дом голодания и специфична в разные периоды жизненного цикла вида. Различий в упитанности между самцами и самками у мальмы на Камчатке не наблюдалось (Тиллер, 1994). Коэффициент упитанности может служить косвенным показателем обеспеченности пищей рыб. Незначительные колебания его в данной части ареала свидетельствуют о стабильной кормовой базе мальмы на западном побережье (табл. 4).

Мальма р. Паланы отличается меньшей упитанностью, но в то же время этот показатель по возрастам отличается незначительно. Следовательно, условия нагула этой популяции менее благоприятны, чем у остальных. Упитанность мальмы из рек южной части побережья заметно отличается в большую сторону, как по возрастам, так и по средним величинам.

Структура популяций мальмы рек восточного побережья

Возрастной состав

Предельный возраст камчатской проходной мальмы на восточном побережье обычно составляет 10+ лет. Однако изредка встречаются особи 11 и 12-летнего возраста, единичные экземпляры которых были отмечены в реках Апука и Хайлюля (Тиллер, 2006).

Возрастной состав уловов мальмы на восточном побережье Камчатки не отличается большой изменчивостью. Практически во всех реках, кроме Авачи, в образцах уловов основными возрастными группами являлись 6–7-летние рыбы.

Анализ рисунка 3 показывает достаточно большое сходство возрастного состава уловов мальмы из рек Хайлюля и Жупанова, а также Камчатка и Гаванская. Возможно, это объясняется одинаковым воздействием внешних факторов на данные популяции, в первую очередь вылова.

Наибольший средний возраст рыб наблюдался в реках Хайлюля и Русакова, что, кстати, отмечалось и в предыдущие годы (Тиллер, 2004, 2006). Пробы из популяций таких рек, как Камчатка и Авача, отличаются меньшим средним возрастом. На наш взгляд, это объясняется тем, что популяции мальмы этих рек, расположенные вблизи населенных пунктов, подвержены более сильному антропогенному воздействию как со стороны промышленного, так и любительского лова. Наиболее показательна в этом отношении Авача, которая находится в непосредственной близи от городов Петропавловск-Камчатский и Елизово. Во-первых, в пробе мальмы из нее всего четыре возрастные группы, во-вторых, средний возраст составляет всего 5,3 года. Интенсивный лов приводит к значительному омолаживанию промысловой части стада, и создается угроза того, что популяция не сможет восстановиться. В связи с этим, состояние популяции мальмы р. Авачи вызывает серьезное беспокойство.

Размерно-весовая структура

Распределение размерно-весовых характеристик мальмы восточного побережья Камчатки мало отличается от такового на западном побережье (табл. 5). Как видно из таблицы, средние размеры и масса мальмы из разных рек восточного побережья Камчатки в целом различаются незначительно и колеблются в силу естественной разнокачественности особей. В то

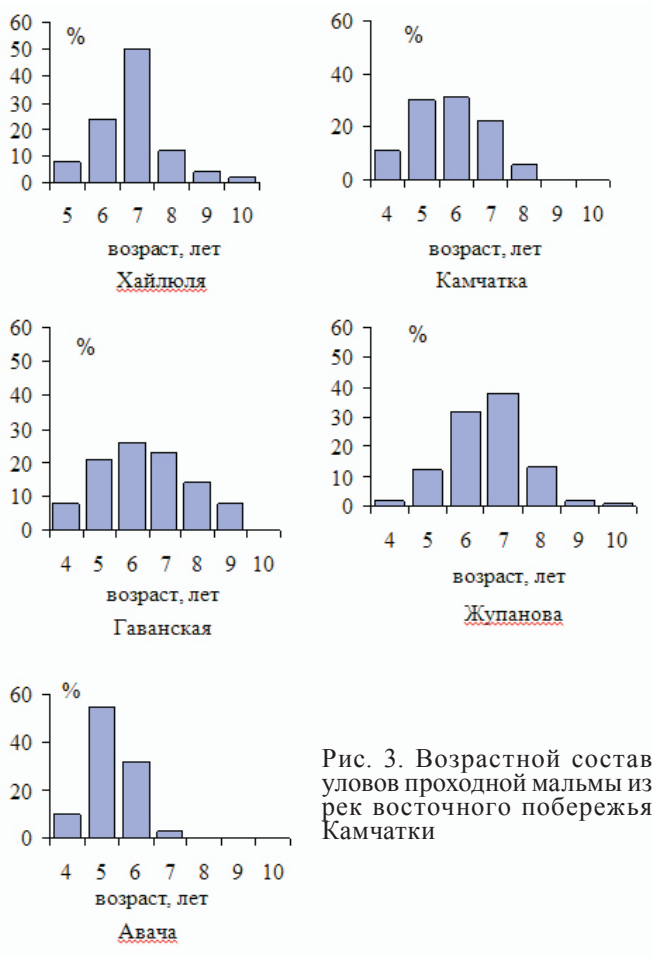


Рис. 3. Возрастной состав уловов проходной мальмы из рек восточного побережья Камчатки

Таблица 4. Упитанность мальмы из рек Западной Камчатки в 2015 г.

Река	Упитанность мальмы по Кларк по возрастам								
	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	Средняя	Кол-во
Палана	–	0,85	0,93	0,92	0,89	0,87	0,90	0,90	50
Кихчик	1,14	1,11	1,09	1,06	1,03	–	–	1,09	100
Утка	1,01	1,03	1,06	1,03	0,96	0,84	–	1,03	117
Большая	1,17	1,02	1,02	–	–	–	–	1,09	25
Озерная	1,13	1,11	1,05	0,99	1,05	–	–	1,08	200

же время внутри возрастных категорий разница в размерах рыб может быть внушительной.

Как известно, мальма до ската в море проводит в пресной воде от двух до семи лет, причем основная масса скатывается в возрасте 4–5 лет. В связи с этим размерная структура проходной мальмы имеет определенную особенность. Если возрастной состав уловов по общему возрасту насчитывает чаще всего семь возрастных групп, то с учетом пресноводного возраста количество возрастных категорий возрастает втрое. Эта возрастная дифференциация показывает, какой большой разницы могут достигать размерно-весовые показатели рыб одного возраста, но с разным количеством речных лет и выходов в море. К примеру, особи семилетнего возраста с шестью речными годами и одним выходом в море в среднем имеют длину 33 см, а рыбы того же возраста, но с двумя речными годами и пятью выходами в море достигают в размерах почти полуметра. Рыб от четырех до восьми лет с одним выходом в море практически нельзя дифференцировать по размерам. Далее, по мере увеличения количества морских нагулов, максимальная разница в размерах может достигать 10 см. При одинаковом общем возрасте бóльшую длину имеют гольцы, проведшие меньшее число лет в пресной воде (соответственно, с большим количеством лет с миграциями в море). При одинаковом возрасте после первого ската в море более крупными являются рыбы, прожившие больше времени в пресной воде (Тиллер, 2006).

Половая структура

В половом составе, также как и на Западной Камчатке, во всех реках отмечается значительное преобладание самок, особенно в реках Хайлюля и Гаванская, однако такое соотношение полов нельзя считать достоверным из-за малого количества материала. Вполне реальной можно считать долю самок в популяциях рек Жупанова и Камчатка (табл. 6).

Интересное явление: в 2003 и 2007 гг. в популяции мальмы р. Жупанова доля самок составляла около 40%. Создается впечатление, что в эти годы по неизвестным причинам была повышенная смертность самок (Тиллер, 2010).

Упитанность

Как и на западном побережье, колебания упитанности мальмы в целом незначительны. Наибольшая упитанность особей отмечается в южной части ареала, что связано, видимо, с более длительным сроком нагула в море (табл. 7).

Таблица 5. Размерно-весовой состав мальмы восточного побережья Камчатки

Возраст	Показатели				
	Хайлюля	Камчатка	Гаванская	Жупанова	Авача
4+	–	31,5±0,41 0,35±0,2	31,2±0,81 0,27±0,02	29,3±1,43 0,28±0,03	31,9±0,79 0,37±0,02
5+	34,3±0,37 0,37±0,03	33,8±0,30 0,44±0,01	32,5±0,75 0,32±0,02	33,8±0,46 0,44±0,02	36,6±0,44 0,56±0,02
6+	36,3±0,65 0,48±0,02	38,1±0,35 0,63±0,02	35,9±0,57 0,41±0,02	38,1±0,23 0,62±0,01	40,0±0,77 0,75±0,05
7+	40,9±0,57 0,65±0,04	43,1±0,52 0,89±0,03	38,4±1,23 0,55±0,06	42,6±0,33 0,85±0,02	41,5±5,50 0,84±0,27
8+	43,8±1,57 0,69±0,08	46,9±1,28 0,89±0,03	45,9±0,82 0,94±0,08	47,7±0,61 1,21±0,05	–
9+	48,5±0,50 1,10±0,21	–	45,1±3,17 0,94±0,17	54,2±1,88 1,77±0,17	–
10+	73,5 4,40	–	–	55,0 1,65	–
Средняя	38,6 0,68	37,6 0,63	37,5 0,53	40,8 0,79	37,3 0,61

Примечание: над чертой — длина, см; под чертой — масса, кг

Таблица 6. Половой состав проходной мальмы из рек восточного побережья Камчатки

Река	Доля самок в % по возрастам								
	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	Средняя	Кол-во
Хайлюля	–	–	–	–	–	–	–	90	50
Камчатка	44(27)	57(77)	69(77)	56(55)	86(14)			61	250
Гаванская	–	–	–	–	–	–	–	74	65
Жупанова	75(5)	48(31)	75(79)	70(97)	55(33)	40(5)		66	250
Авача	44(9)	65(49)	64(28)	50(2)				63	88

Примечание: в скобках общее количество рыб в возрастной группе

Таблица 7. Упитанность мальмы из рек Восточной Камчатки в 2015 г.

Река	Упитанность мальмы по возрастам								
	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	Средняя	Кол-во
Хайлюля	–	0,81	0,90	0,82	0,73	0,89	0,93	0,83	50
Камчатка	1,03	1,02	1,03	1,01	1,02	–	–	1,02	250
Гаванская	0,80	0,84	0,81	0,84	0,86	–	–	0,83	60,
Жупанова	1,09	1,13	1,11	1,09	1,10	1,11	0,99	1,10	250
Авача	1,09	1,04	1,06	1,03	–	–	–	1,05	68

Менее упитанны рыбы из р. Хайлюли, расположенной на северо-востоке полуострова, а также в р. Гаванской. Закономерных изменений в упитанности по возрастам практически не отмечается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возрастной состав мальмы обоих побережий Камчатки в целом сходен. Отмечается преобладание рыб в возрасте 5 и 6 лет, с той разницей, что в восточно-камчатских популяциях достаточно большую долю занимают особи 7- и 8-летнего возраста. В образцах уловов из популяций мало подверженных вылову распределение возрастов близко к нормальному.

Колебания длины и массы мальмы из разных рек в одновозрастных категориях различаются незначительно и колеблются в силу естественной разнокачественности особей.

Упитанность как показатель физиологического состояния рыб связана с обеспеченностью пищей и длительностью нагула. Он показывает, что в популяциях мальмы, обитающих в реках северной части полуострова, упитанность несколько ниже, чем в южных. В целом этот показатель по отдельным возрастным группам колеблется незначительно, что косвенно свидетельствует о стабильной кормовой базе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Волобуев В.В. 1975. Структура популяции проходного гольца (р. *Salvelinus*) р. Тауй // Гидробиол. исследования внутр. водоемов Северо-Востока СССР. Владивосток. ДВНЦ АН СССР. С. 408–418.

Грищенко О.Ф., Чуриков А.А. 1976. 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). С. 1012–1021.

Гудков П.К., Скопец М.Б. 1989. К методике определения возраста первого ската в море и обратного расчисления роста проходных гольцов р. *Salvelinus* // Вопр. ихтиологии. Т. 29. Вып. 4. С. 601–608.

Крыхтин М.Л., Смирнов А.Г. 1962. О взаимосвязи численности и качественных показателей нерестовых стад амурских лососей // Вопр. ихтиологии. Т. 2. Вып. 1 (22). С. 29–41.

Никольский Г.В. 1974. Теория динамики стада рыб. М.: Пищ. пром-сть. 444 с.

Савваитова К.А. 1963. О росте внутривидовых биологических форм арктического гольца *Salvelinus alpinus* L. Камчатки // Вестник Московского университета. Сер. YI. Биол. почв. № 1. С. 17–23.

Тиллер И.В. 1994. Биология и численность проходного гольца *Salvelinus alhinus complex* Камчатки // Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ДВО РАН. Ин-т биологии моря. 26 с.

Тиллер И.В. 1998. Биология и структура популяции проходной мальмы р. Кихчик. Отчет. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 19 с.

Тиллер И.В. 2006. Материалы по биологии проходной мальмы восточного побережья Камчатки. Отчет. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 18 с.

Тиллер И.В. 2010. Материалы по биологии проходных гольцов р. Жупанова. Отчет. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 18 с.

Тиллер И.В. 1993. К вопросу о динамике численности проходного гольца Камчатки. Отчет. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 25 с.

Тиллер И.В. 2004. Биология и состояние запасов проходной мальмы восточного побережья Камчатки. Отчет. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 27 с.

Armstrong R.H., Morrow I.E. 1980. The Dolli Varden char, *Salvelinus malma*. Charrs. Salmonid Fishes of the Genus Salvelinus (ed. E.K. Balon). Published by Dr. Junk E.V. Publishers // The Hagus, Netherland. P. 99–141.

Gullestad N. 1974. On lack of winter zones in the centre of scales from Arctic char (*Salmo alpinus*) // Norw. J. Sool. V. 22. N 2. P. 141–143.

УДК 597.553.2

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КИЖУЧА ОЛЮТОРСКОГО РАЙОНА КАМЧАТСКОГО КРАЯ

О.А. Захарова, А.М. Бирюков

Н. с., инж.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01, 42-49-92.
E-mail: zakharova.oa@kamniro.ru

ОЛЮТОРСКИЙ РАЙОН, КИЖУЧ, ПРОИЗВОДИТЕЛИ, ДЛИНА, МАССА, ПЛОДОВИТОСТЬ, ВОЗРАСТНОЙ СОСТАВ, ВЫЛОВ

В работе представлены результаты исследований имеющихся биологических показателей производителей кижуча некоторых водоемов Олюторского района. Определен возрастной состав рыб. Дана информация по вылову, осуществлена экспертная оценка состояния запасов этого вида лососей в данном районе.

BRIEF CHARACTERIZATION OF COHO SALMON SPAWNERS IN THE OLYUTORSKY DISTRICT OF KAMCHATKA TERRITORY

O.A. Zakharova, A.M. Biryukov

Researcher, Engineer; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01, 42-49-92.
E-mail: zakharova.oa@kamniro.ru

OLYUTORSKY DISTRICT, COHO SALMON, SPAWNERS, LENGTH, WEIGHT, FECUNDITY, AGE COMPOSITION, CATCH

The article demonstrates results of the analysis of biological data of coho salmon in several rivers of the Olyutorsky district. The age composition of the fish is figured out. Catch statistics is provided, and expert evaluation of the condition of this salmon stock in the district is made.

Кижуч является одним из ценных объектов рыболовства на Камчатке. Его нерестовый ход начинается позже других видов лососей, продолжается всю осень и может длиться до января, а промысел — до начала октября (Зорбиди, 2010; Шевляков и др., 2015).

Олюторский район является одной из северных границ ареала распространения этого вида лососей на Камчатке. Численность кижуча в этом отдаленном и труднодоступном районе невысока, чем можно объяснить невысокий промысловый интерес к этим популяциям и, соответственно, относительно малую изученность. В данной работе приводится краткая характеристика кижуча на основе анализа имеющихся материалов, собранных в заливах Олюторский и Корфа и во впадающих в них реках.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для работы послужили данные биологических показателей (длина, масса, плодовитость и возрастной состав) производителей кижуча, полученные при эпизодическом изучении рыб из речных и морских уловов основных рыбопромысловых участков Олюторского района: в реках Пахача, Апука (Олюторский залив), а также в реках Вывенка, Авьяваям, Култушная (залив Корфа) в 2000–2014 гг. (рис. 1). Вследствие малочисленности сборов материалы объединены по бассейнам каждого из заливов. Всего изучено 1326 рыб (табл. 1). Данные промысловой статистики по вышеуказанным водным объектам используются с 2006 по 2016 гг.

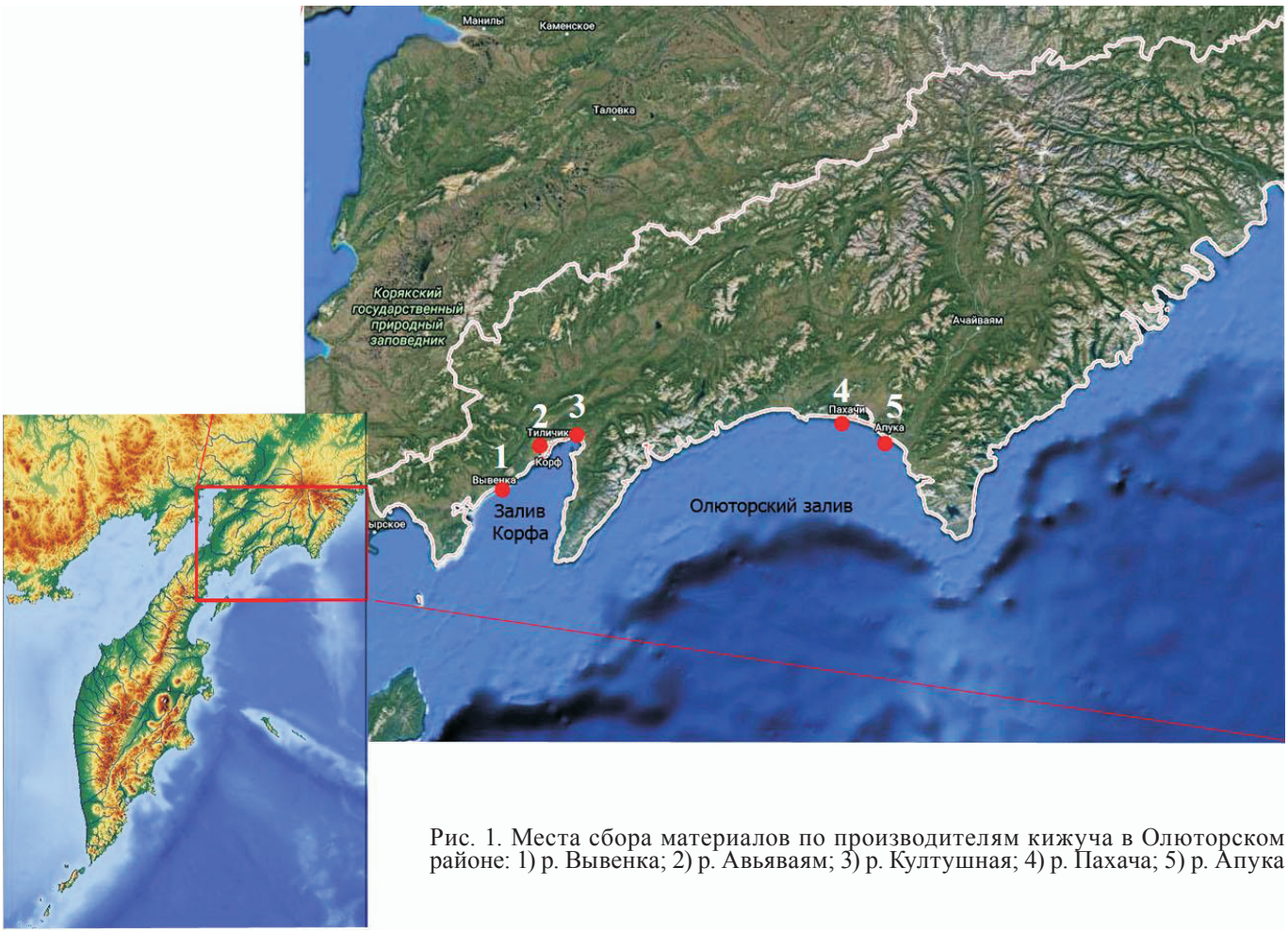


Рис. 1. Места сбора материалов по производителям кижуча в Олюторском районе: 1) р. Вывенка; 2) р. Авьяваям; 3) р. Култушная; 4) р. Пахача; 5) р. Апука

Таблица 1. Объем исследуемого материала по кижучу Олюторского района, экз.

Район	2000	2003	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2014	Итого:
Залив Корфа	99	–	149	–	–	–	224	100	–	–	572
Олюторский залив	–	160	–	152	30	100	112	–	100	100	754
Всего	99	160	149	152	30	100	336	100	100	100	1326

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Размерно-весовой состав, плодовитость

У кижуча, пойманного в бассейне Олюторского залива, длина тела изменялась от 48,0 до 82,0 см (в среднем 63,8 см), а масса — от 1,4 кг до 6,9 кг (средняя — 3,5 кг). Наиболее многочисленными были особи размером от 60 до 70 см (73,1%) и массой 2,8–4,0 кг (52,5%).

У рыб, относящихся к водоемам залива Корфа, вариации размерно-массовых показателей были меньше: длина и масса кижуча изменялись в пределах 49–77 см и 2,6–3,8 кг соответственно. В среднем производители этого вида были немного мельче, чем особи Олюторского залива (рис. 2).

Длина и масса тела кижуча в районах воспроизводства варьируют. Так, например, на Восточной Камчатке рыбы заметно мельче, чем на западном побережье полуострова, производители северных районов Камчатки отличаются более крупными размерами и плодовитостью (Бугаев и др., 2007; Зорбиди, 2010).

По материалам наших исследований, индивидуальная абсолютная плодовитость этого вида в водоемах Олюторского района за период 2000–2014 гг. находилась в пределах 2420–8100, составляя в среднем 5062 икр. на одну самку. Рыбы, пойманные в бассейне залива Корфа имели большую вариабельность показателя, чем самки Олюторского залива, средние значения плодовитости рыб в этих водоемах составили 5102 и 5031 икр. на одну самку, соответственно (табл. 2).

Кижуч северо-востока Камчатки считается наиболее плодовитым на азиатском побережье, его средняя плодовитость по литературным данным в отдельные годы (в р. Авьяваям) достигала 6922–7079 икр. (Грачев, 1968; Зорбиди, 2010; Марченко и др., 2013).

Возрастная структура

У кижуча Олюторского района за весь период исследований было выделено 6 возрастных групп: 1.1+; 1.2+; 2.0+; 2.1+; 2.2+ и 3.1+. Исходя из имеющих-

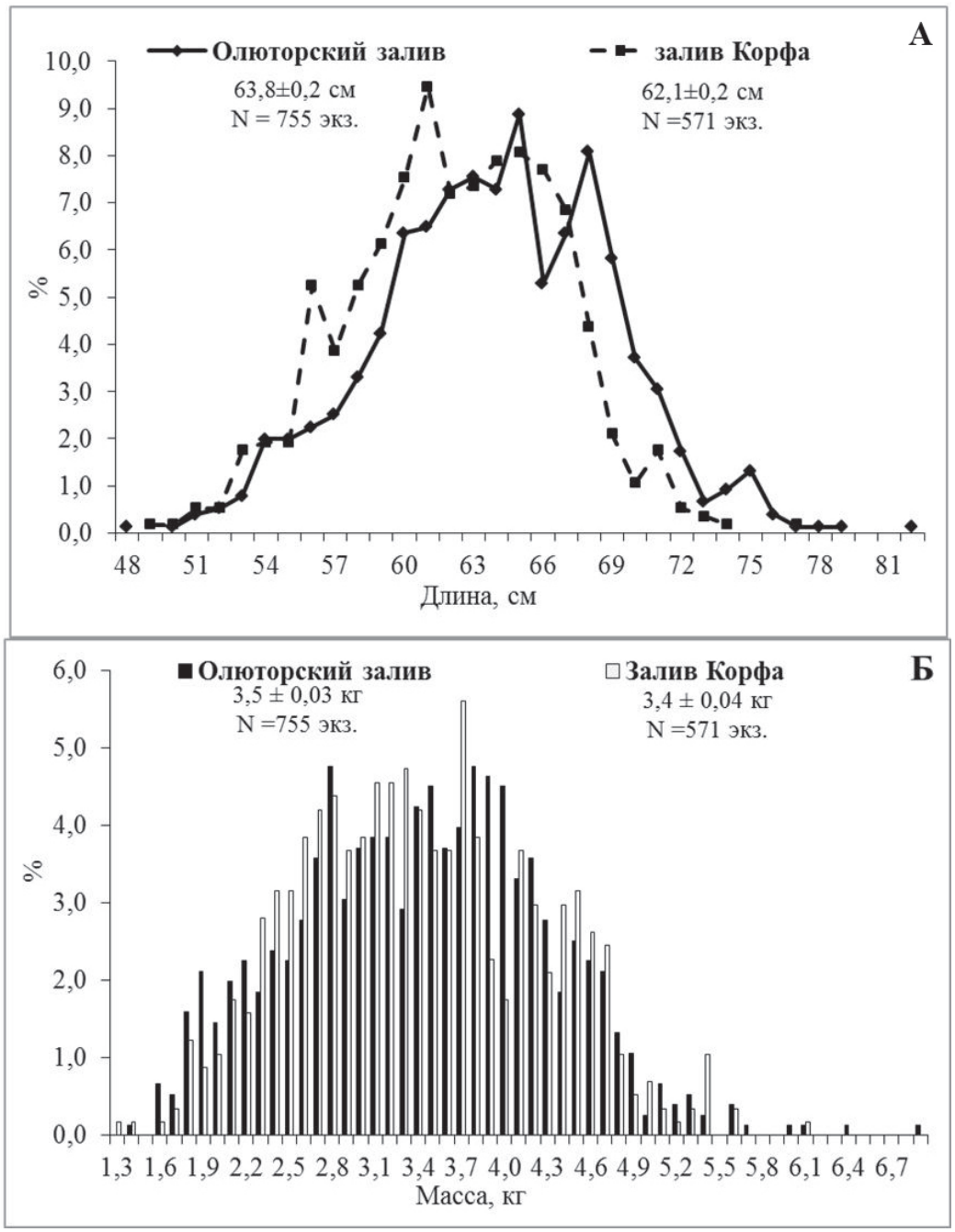


Рис. 2. Распределение длины (А) и массы (Б) кижуча в бассейнах Олюторского залива и залива Корфа, %

Таблица 2. Показатели индивидуальной плодовитости кижуча в исследуемых водоемах северо-востока Камчатки

Район	Средняя плодовитость, икр.	Пределы значений, икр	Кол-во самок, экз.
Олюторский залив	5031	2981–7914	281
Залив Корфа	5102	2420–8100	224
Среднее по Олюторскому району	5062	2420–8100	505

ся материалов, отмечено, что, как и в других районах Камчатки, основными группами в уловах являются рыбы возраста 2.1+ (доминантная) и 1.1+, меньшую долю составляет возрастная категория 3.1+. Рыбы возраста 2.0+ (каюрки), 1.2+ и 2.2+ в уловах встречались в единичных экземплярах, и их доля не превысила 1% (рис. 3).

В целом для азиатского кижуча известно 10 возрастных групп (Коновалов, Щербинин, 1973; Зорбиди, 2010; Марченко и др., 2013).

Промысел. Состояние запасов

В Олюторском районе промысловое значение кижуча невелико, а его низкая численность в большинстве рек этого района в определенной степени обусловлена небольшой площадью пригодных для нереста участков. Кижуч северо-востока Камчатки начинает подходить к берегу уже в первой декаде августа, и его нерестовый ход совпадает с ходом кеты, поздней нерки и частично с нерестовым ходом горбуши и длится до середины октября, но его промысел

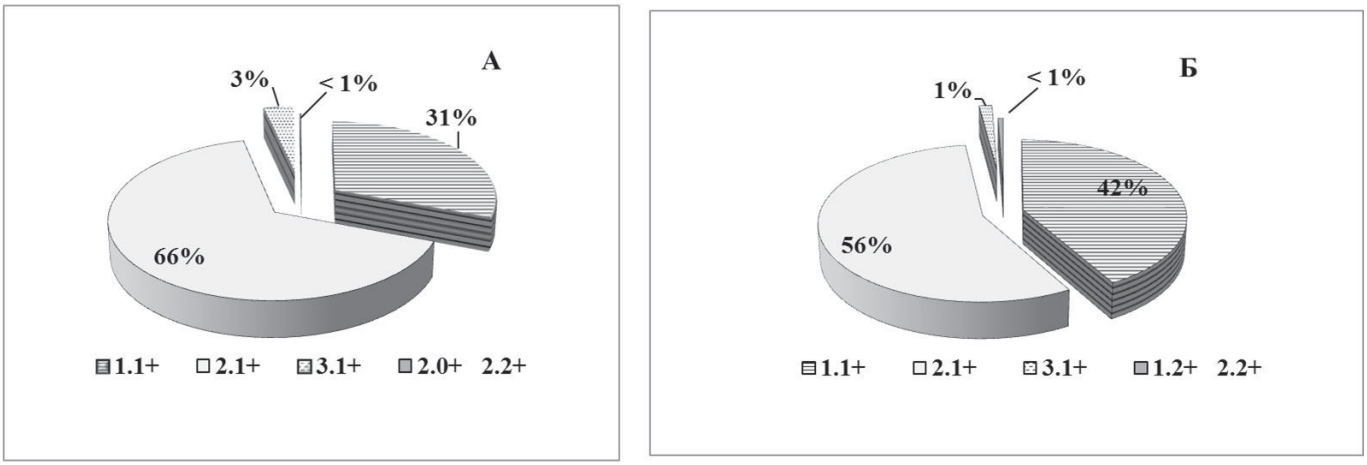


Рис. 3. Возрастной состав кижуча в бассейнах Олюторского залива (А) и залива Корфа (Б), %

прекращается гораздо раньше в связи с погодными условиями — часто в конце августа (Зорбиди, 2010). Специализированный лов кижуча, как правило, не ведется, а производители этого вида лососей являются одним из главных видов прилова при промысле кеты и нерки.

Основную добычу кижуча осуществляют на речных и морских рыбопромысловых участках, относящихся к рекам Пахача и Апука в Олюторский заливе, а также Вывенка и Култушная в заливе Корфа; преимущественно его ловят ставными неводами в море.

До 2005 г. промысловая статистика в отношении этого вида лососей в данном регионе практически не велась, поскольку квот на него выделялось очень мало (не более 7 т на весь район), и, следовательно, уловы кижуча были незначительными, преимущественно его добывало местное население для личного потребления.

С 2006 г., с увеличением объемов выделенных лимитов, возросла и добыча кижуча в Олюторском районе, его максимальные уловы достигли порядка 114,3 т (2016 г.). В 2006–2011 гг. основная доля вылова этого вида приходилась на бассейн Олюторского залива, где в указанный период вылавливали от 24,2 до 92,6 т (среднее — 49,2 т), в дальнейшем его стали добывать в меньших объемах. В последние годы отмечено значительное увеличение уловов кижуча в бассейне залива Корфа, где за последние 5 лет вылов возрос с 6,9 до 92,7 т (среднее — 60,9 т) (рис. 4). В Олюторском районе стратегия промысла лососей ставными неводами в морском прибрежье предполагает возможность перехвата ими части транзитных скоплений, следующих к своим нерестовым водоемам, это обстоятельство и могло повлиять на смену районов доминирующих по уловам кижуча. Скорее всего, согласно географическому расположению исследуемых водных объектов (рис. 1), на морских рыбопромысловых участках Олюторского залива в 2006–2011 гг. вылавливали кижуча обоих районов.

Нестабильные или очень низкие уловы кижуча на северо-востоке Камчатки обычно связаны с ранним окончанием основной путины и началом осенних штормов, когда невода снимают уже в конце августа, т. е. до начала массового нерестового хода кижуча. Также одной из причин неосвоения выделенных лимитов может являться достижение рыбопромышленными организациями приемлемых экономических показателей при промысле других видов лососей (горбуша, кета, нерка) в этом районе (Зорбиди, 2010).

Так как реки Олюторского района не являются типичными «кижучевыми» водотоками, авиаучеты в отношении этого вида в этом наиболее удаленном и труднодоступном районе полуострова не проводились. В отдельные годы при оценке численности зашедшей нерки и кеты в реки этого района, в качестве сопутствующего вида учитывали

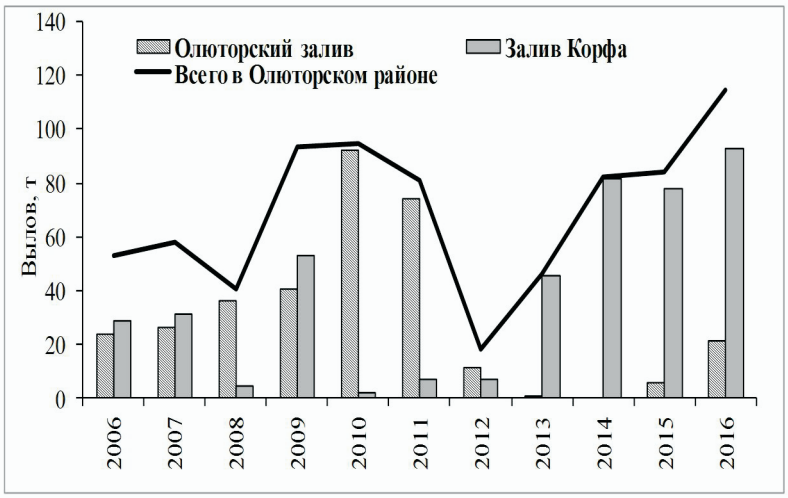


Рис. 4. Вылов кижуча в Олюторском районе (2000–2016 гг.), т

и кижуча, но в значительной степени данные по его пропуску демонстрируют начальную или среднюю фазу захода его производителей в нижней и средней частях реки, и доля его в этих водоемах невысока.

Исходя из того, что уловы кижуча в реках Олюторского района невысоки, а материалы по пропуску практически отсутствуют, сложно объективно судить о запасах вида в исследуемых водных объектах. Наши представления о величине подходов кижуча к северовостоку Камчатки продолжают оставаться существенно заниженными, но, тем не менее, полагаем, что его численность находится на относительно стабильном для данного района уровне, и характеризуется, скорее, невысокой промысловой нагрузкой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Судя по полученным данным, кижуч Олюторского района характеризуется значительными размерами и высокой плодовитостью, по сравнению с производителями других районов Камчатки. Так, например, средние значения этих показателей (за последние 10 лет) на западном побережье составили: длина — 59,7 см, масса — 2,9 кг, плодовитость — 3876 икр.; на восточном — 57,5 см, 2,56 кг, 4211 икр. соответственно. Наиболее крупные особи отмечены в уловах в бассейне Олюторского залива, их длина и масса достигали 82,0 см и 6,9 кг, при средних показателях 63,8 см и 3,5 кг. Средняя плодовитость рыб в этом районе составила 5031 икринок. Рыбы, пойманные в реках и прибрежье залива Корфа, в среднем были немного меньше: 62,1 см и 3,4 кг, но с большей плодовитостью (в среднем — 5102 икр.). Возрастной состав кижуча в Олюторском районе состоит из шести групп, доминантными являются особи возраста 2.1+, меньшую долю составляют рыбы, скатившиеся в море двухлетками — 1.1+. Рыбы остальных возрастов в уловах встречались в единичных экземплярах.

Промысловое значение кижуча в Олюторском районе невелико, поскольку численность его здесь невысока, а промысел, в связи с погодными условиями и причинами экономического характера, как правило, прекращается до основного нерестового хода этого вида. В последние годы наблюдается тенденция увеличения уловов кижуча в этом районе, а в 2016 г. суммарный вылов по Олюторскому заливу и заливу Корфа достиг исторически максимальных показателей, составив в общем объеме порядка 114,3 т. Так как авиаучетные работы в отношении данного вида в этом районе практически не проводились, а выловы ежегодно варьируют, во многом в зависимости от степени востребованности в промысле, а не от фактического состояния запаса, наши оценки о численности кижуча в реках Олюторского района продолжают оставаться заниженными, но на относительно стабильном для данного региона уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О., Зорбиди Ж.Х., Остроумов А.Г., Тиллер И.В. 2007. Рыбы реки Камчатка. (Под ред. В.Ф. Бугаева). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 459 с.

Грачев Л.Е. 1968. Некоторые данные о плодовитости тихоокеанских лососей // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 64. С. 43–51.

Зорбиди Ж.Х. 2010. Кижуч азиатских стад. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 308 с.

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

Марченко С.Л., Волобуев В.В., Макаров Д.В. 2013. Биологическая структура кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 29. С. 70–83.

Шевляков Е.А., Шубкин С.В., Киреев И.Н., Янченко И.Н. 2015. Данные о нересте зимнего кижуча в бассейне р. Камчатки в январе 2015 г. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 36. С. 67–71.

УДК 597.556.35

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗАПАСОВ И СОВРЕМЕННЫЙ ПРОМЫСЕЛ КАМБАЛ ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

А.О. Золотов, А.Ю. Дубинина

Зам. нач. отд., к. б. н.; н. с.; Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
693023, Южно-Сахалинск, Комсомольская, 196
Тел.: (4242) 456-768. E-mail: Alk-90@yandex.ru, Dubinina51@yandex.ru

ЮЖНЫЕ КУРИЛЫ, КАМБАЛЫ, БИОМАССА, ДИНАМИКА ЗАПАСА, ОЦЕНКА ЗАПАСА, ПРОМЫСЕЛ

На основании результатов донных траловых съемок, проведенных на шельфе Южных Курил в 1958–2014 гг., и обобщенных данных промысловой статистики выполнена оценка биомассы промысловых видов камбал. Выявлены отличительные черты динамики их запасов. Показано, что наблюдалось постепенное снижение запасов камбал Южных Курил от 15–18 тыс. т в начале 1960-х до 5–8 тыс. т в начале 1990-х годов. Период 2000-х годов характеризуется увеличением промысловой биомассы, исторический максимум учтенной промысловой биомассы пришелся на 2010 г. и составил 22,1 тыс. т. В настоящий момент наблюдается постепенное снижение запасов камбал Южных Курил. Рассмотрены основные черты современного промысла камбал на шельфе Южных Курил.

LONG-TERM STOCK DYNAMICS AND CURRENT FISHERY OF FLATFISHES OF THE SOUTHERN KURILE ISLANDS

A.O. Zolotov, A.Yu. Dubinina

Deputy head of Dep., Ph. D. (Biology); Researcher; Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography
693023, Yuzhno-Sakhalinsk, Komsomolskaya, 196
Tel.: (4242) 456-768. E-mail: Alk-90@yandex.ru, Dubinina51@yandex.ru

SOUTHERN KURILES, FLATFISHES, BIOMASS, STOCK DYNAMICS, STOCK ASSESSMENT, FISHERY

Assessment of the biomass of commercial flatfish species is made on generalized data of catch statistics and results of bottom trawl surveys on the shelf of the Southern Kuriles for 1958–2014. Specific traits of stock abundance dynamics of the species are figured out. Step-by-step reduction of the Southern Kurile stocks from 15–18 thousand tons in early 1960s to 5–8 thousand tons in early 1990s is observed. The period of the 2000s demonstrated growing commercial biomass, the historical maximum of the commercial biomass of 22.1 thousand tons was in 2010. Current observations indicate of consequent reduction of the flatfish stock near the Southern Kuriles for now. Analysis of general traits of the flatfish fishery on the shelf of the islands is provided.

К настоящему моменту камбалы остаются одним из наиболее востребованных ресурсов рыбного промысла в дальневосточных морях России. В среднем в 2003–2016 гг. в российских водах Охотского, Берингова и Японского морей и на тихоокеанском шельфе Курильских островов добывалось около 74,3 тыс. т камбал, что составляло порядка 3,6% от годовых уловов всех морских рыб Дальневосточного бассейна (без учета анадромных видов).

Как и ранее, наиболее продуктивным районом для промысла камбал остается западно-камчатский шельф, на долю которого приходится более 55% годовых уловов данной группы в пределах всего Дальневосточного бассейна, или порядка 40,8 тыс. т (рис. 1, 2). Вклад камбал в годовые уловы для «южных районов», к каковым можно отнести Южно-Курильскую зону (61.04) и подзоны Западно-Сахалинскую (61.02.2) и Приморье (61.02.1), существенно меньше и составляет не более 1,2, 1,8 и 7,4%, или 0,9, 1,4 и 5,5 тыс. т соответственно. В значительной степени такое расхождение обусловлено различиями в видовом составе и структуре камбаловых комплексов, характерных для данных районов.

Предыдущими исследователями показано, что в пределах северных морей Тихого океана можно выделить два крупных региона, характеризующихся уникальным видовым составом: северный и южный. Условную границу между

ними, в пределах Охотского и Японского морей, можно провести по северной части Татарского пролива, и далее от зал. Терпения к северо-восточной оконечности о. Итуруп (Дьяков, 2009, 2011). В терминологии Н.С. Фадеева (1987) эта линия отделяет беринговоморский комплекс камбал, объединяющий виды, обитающие в северной и восточной частях Охотского моря, у Северных Курил и Восточной Камчатки и далее на беринговоморском шельфе вплоть до зал. Аляска, от курило-япономорского, распространяющегося, в том числе, на шельф и материковый склон Южных Курил, Юго-Западного Сахалина и северной части Японского моря.

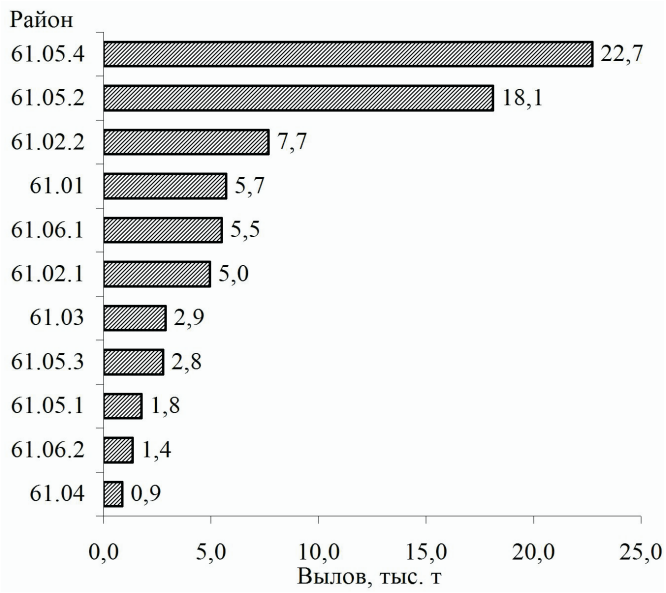


Рис. 1. Среднегодовой вылов камбал в 2003–2016 гг. в промысловых районах Дальневосточного бассейна

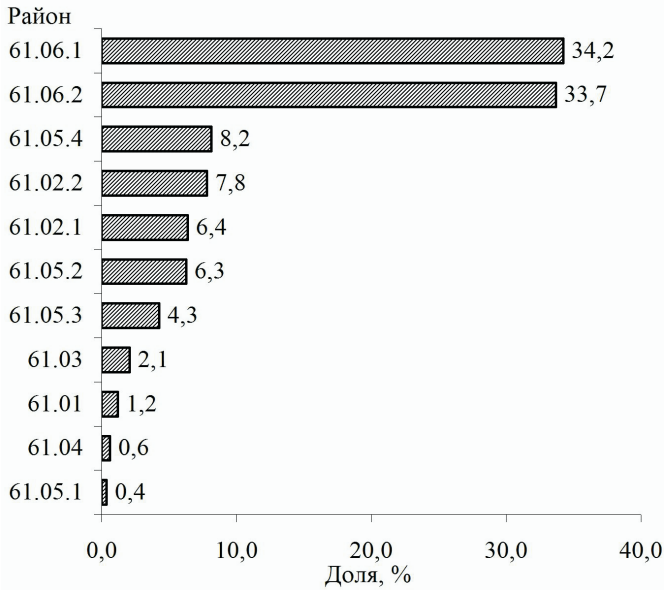


Рис. 2. Среднегодовой вклад уловов камбал в вылов морских рыб (без анадромных) по промысловым районам Дальневосточного бассейна

Отличием беринговоморского комплекса является относительная обедненность видового состава и выраженное доминирование, в пределах локальных районов, одного-двух видов, составляющих основу промыслового запаса, численность и биомасса которых может достигать значительных величин. На шельфе Западной и Северо-Восточной Камчатки к таковым, в первую очередь, относится желтоперая лиманда, а в заливах Восточной Камчатки и у Северных Курил — северная двухлинейная камбала. Видовой состав представителей курило-япономорского комплекса, в пределах российских вод Дальневосточного бассейна, напротив, существенно разнообразнее, что, с другой стороны, «компенсируется» значительно меньшими величинами промысловых биомасс. Последнее обстоятельство существенно затрудняет организацию специализированного промысла, и, например, у Южных Курил камбал добывают преимущественно в качестве прилова при добыче трески и минтая.

К описанию видового состава и структуры комплекса камбал Южных Курил предыдущие исследователи обращались неоднократно (Богданов, 1946; Сафронов, Никифоров, 1982; Фадеев, 1987; Борец, 1997; Ким, Бирюков, 2009). Напротив, сведения о многолетней динамике их запасов и особенностях их промысла в данном районе довольно ограничены, в настоящей работе мы попытались восполнить данный пробел.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы материалы 24 донных траловых съемок на охотоморском и тихоокеанском шельфе Южных Курильских островов в 1958–2014 гг. Исследования выполняли донными тралами различных конструкций с горизонтальным раскрытием 18–29 м. В кутцевую часть трала изнутри вшивалась вставка из мелкоячеистой дели. Разбор улова и ихтиологические исследования выполнялись по общепринятым методикам. Нами были обработаны и приняты к расчетам результаты 2048 тралений (табл. 1). Коэффициент уловистости для камбал принят равным 0,5 (Борец, 1997).

Оценку биомассы по данным съемок выполняли площадным методом с использованием ГИС «КартМастер» (Бизиков и др., 2007). Расчеты проводились методом полигонов Вороного. Поскольку схемы съемок в разные годы несколько отличались, в соответствии с современными рекомендациями по оценке запасов гидробионтов (Буяновский, 2012), оценка проводилась в пределах пяти единых оконтуренных полигонов, в диапазоне глубин 20–400 м (рис. 3).

Исходным материалом для ретроспективных оценок численности и биомассы южной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta mochigarei* модельными методами послужили данные о размерно-возрастном составе, собранные из снюрреводных и донных траловых уловов в период научно-исследовательских рейсов, выполненных на шельфе Южных Курил, а также информация, собранная на береговых рыбоперерабатывающих предприятиях. Возраст определяли по обожженным поперечным сломам отолитов, просматривая их в отраженном свете.

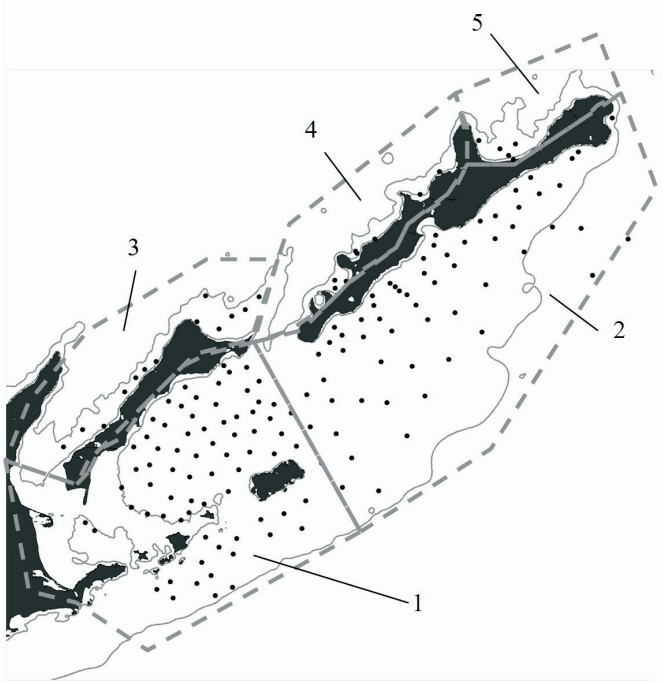


Рис. 3. Схема станций донной траловой съемки на НИС «Профессор Пробатов» в 2010 г. и районов, в пределах которых проводилась оценка биомассы камбал Южных Курил. 1 — Южно-Курильский пролив и прилегающий шельф, 2 — тихоокеанский шельф о. Итуруп, 3 — охотоморский шельф о. Кунашир, 4 — охотоморский шельф о. Итуруп, 5 — залив Простор

Информация по вылову и динамике уловов на усилия в 2003–2016 гг. приводится по данным судовых суточных донесений ССД и промысловой статистики, представленной в Отраслевой системе мониторинга (ОСМ) Росрыболовства (ранее — информационная система «Рыболовство»). Данные по годовому вылову камбал в этих районах в 1977–2002 гг. получены из архивных материалов.

Расчеты численности и биомассы общего (TSB), промыслового (FSB) и нерестового (SSB) запаса южной двухлинейной камбалы, по данным промысловой статистики, выполнены методом виртуально-популяционного анализа (ВПА) с помощью программного пакета «VPA version 3.1» (Darby, Flatman,1994).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Состав и многолетняя динамика промыслового запаса

Разные авторы приводят приблизительно сходное число видов камбал, обитающих на шельфе Южных Курильских островов. В целом их видовой состав довольно разнообразен и без палтусов насчитывает от 18 (Сафронов, Никифоров, 1982) до 21–23 видов (Фадеев, 1987; Борец, 1997). При этом следует иметь в виду, что большинство поимок редких рыб было описано по результатам ранних исследований, в 1970–1980-е годы. Некоторую информацию о видовом составе и структуре комплекса камбал Южных Курил в период до середины 2000-х годов можно получить из монографии Ким Сен Тока и И.А. Бирюкова (2009). Поскольку наши исследования во многом базируют-

Таблица 1. Список использованных в работе материалов донных траловых съемок

№	Название судна	Сроки выполнения	Количество тралений
1	СРТ-4453	IX–X.1958	43
2	СРТ-1037	II–III.1959	46
3	СРТ «Байдар»	XI–XII.1967	64
4	НПС «Садгород»	V–VI.1977	136
5	СРТМ «Хива»	XII.1985–I.1986	45
6	СРТМ «Хива»	VI.1986	32
7	СРТМ «Шурша»	XI–XII.1986	89
8	СРТМ «Шурша»	I.1987	36
9	НПС «Ленск»	X.1987	36
10	НПС «Тихоокеанский»	IX–X.1987	121
11	СРТМ «Шурша»	IX–X.1991	96
12	НИС «Дмитрий Песков»	III.1997	58
13	НИС «Профессор Леванидов»	IX–XI.2000	212
14	РТМ «Анатолий Торчинов»	XII.2002	37
15	НИС «Дмитрий Песков»	IX–X.2003	130
16	НИС «Дмитрий Песков»	VIII–IX.2004	125
17	НИС «Дмитрий Песков»	X–XI.2005	74
18	НИС «Дмитрий Песков»	VIII–IX.2007	137
19	НИС «Дмитрий Песков»	IX–X.2008	74
20	НИС «Дмитрий Песков»	X–XI.2009	100
21	НИС «Профессор Пробатов»	IX–X.2010	164
22	НИС «Профессор Пробатов»	X.2011	40
23	НИС «Профессор Пробатов»	IX.2012	65
24	НИС «Дмитрий Песков»	VIII–IX.2014	88

ся на тех же исходных данных, то и результаты получены сопоставимые.

Исходя из анализа имеющихся материалов, можно заключить, что в ходе траловых съемок на шельфе и материковом склоне Южных Курил в уловах было отмечено 18 видов камбал, однако в пределах выделенных пяти участков (рис. 3) их состав был неодинаков (табл. 2). Свой отпечаток на распределение видов по району, видимо, накладывает то обстоятельство, что весь шельф Южных Курильских островов представляет собой переходную зону от курило-япономорского камбалового комплекса к беринговоморскому. В результате состав на Южно-Курильском мелководье более разнообразен, и здесь преобладают «южные» виды, чье распространение на данную акваторию генетически связано с воздействием теплого течения Соя. Наибольший вклад в учтенную биомассу данного района обеспечивают желтополосая *Pseudopleuronectes herzensteini*, остроголовая *Cleisthenes herzensteini*, камбала Шренка *Pseudopleuronectes schrenki*, южная двухлинейная (белобрюхая) *Lepidopsetta mochigarei*.

По мере удаления от Малой Курильской гряды в северо-восточном направлении, к островам Итуруп и Уруп, проявляются тенденции к снижению видового разнообразия камбал, уменьшению значимости «южных» видов и постепенному их замещению представителями беринговоморского комплекса. Наиболее характерным примером в данном случае является северная двухлинейная камбала *Lepidopsetta polyxystra*. Будучи выраженным стенобионтом по температуре обитания и размножения (Золотов и др., 2012; Laurel, Blood, 2011) и имея донную клейкую икру, она предпочитает нереститься при придонных температурах +2…+4 °С. Ее распространение в водах Южных Курил, видимо, связано с холодными водами, проникающими на придонные участки за счет ветви холодного Восточно-Камчатского течения. В результате, наибольшей численности этот вид достигает на тихоокеанском участке шельфа о. Итуруп и в заливе Простор (табл. 2). В последнем случае она составляет основу запаса камбал. По мере продвижения на юго-запад, к Южно-Курильскому мелководью, где придонные воды подвержены отепляющему воздействию течения Соя, ее уловы становятся эпизодическими или она не встречается вовсе.

Таблица 2. Видовой состав уловов камбал Южных Курил (в % от среднемноголетней учтенной биомассы)

Вид	Район				
	1	2	3	4	5
A. nadezhnyi	0,52	0,27	1,27	1,44	0,86
C. herzenstheini	21,03	15,10	13,15	12,43	2,33
G. stelleri	7,84	18,20	34,55	26,62	5,15
Hippoglossoides sp.	0,35	0,95	2,04	–	0,05
L. polyxystra	0,22	25,57	–	–	61,73
L. mochigarei	16,45	35,22	11,32	25,63	19,55
L. aspera	0,17	0,01	0,10	0,13	0,18
L. sakhalinensis	–	–	0,02	–	–
P. stellatus	1,53	–	–	–	–
P. herzenstheini	14,00	0,86	8,52	4,00	0,31
P. shrenki	29,77	0,07	18,83	18,62	9,09
L. punctatissima	3,68	0,19	5,16	2,40	0,40
K. bicoloratus	0,09	–	–	–	–
C. asperrimum	4,15	3,31	4,89	8,68	0,35
M. achne	0,16	0,22	0,14	0,07	–
V. moseri	0,02	–	–	–	–
P. obscurus	–	0,03	–	–	–
Число видов	15	13	12	10	11

Примечание: обозначение районов — как на рис. 1

Также из характерных особенностей данного района следует отметить большее разнообразие камбалового населения на тихоокеанских участках шельфа, по сравнению с охотоморскими, и распространение в прибрежье о. Кунашир из прилегающих вод юго-западной части Охотского моря видов, более типичных для беринговоморского комплекса: желтоперой *Limanda aspera,* сахалинской *L. sakhalinensis* и звездчатой *Platichtthys stellatus* камбал.

Исходя из среднемноголетнего вклада в общую биомассу, к промысловым, или потенциально промысловым камбал Южных Курил можно отнести: белобрюхую (южную двухлинейную) — *L. mochigarei*, северную двухлинейную, желтополосую, остроголовую, длиннорылую — *Myzopsetta punctatissima*, бородавчатую — *Clidoderma asperrimum*, камбалу Шренка и малорота Стеллера — *Glypthosephalus stelleri*. Суммарно на долю этих видов приходится около 98% от общей биомассы, учитываемой в ходе донных траловых съемок (рис. 4А).

Основная масса особей в течение года обитает на шельфе Южно-Курильского пролива и участке, расположенном с тихоокеанской стороны о. Итуруп (рис. 5). Для 13 наиболее массовых видов камбал, постоянно встречающихся в уловах донных траловых съемок на шельфе Южных Курил, свыше 75% от биомассы учитывалось именно здесь.

Суммарно в ходе съемок, в многолетнем аспекте, на двух вышеназванных участках было оценено около 88% от общего запаса камбал Южно-Курильской зоны. Обращает на себя внимание, что данная величина практически идентична среднемноголетней доле годового вылова камбал на тихоокеанском шельфе Южных Курил (90%, см. ниже), что, видимо, косвенно свидетельствует о том, что их промысел не имеет специализированной видовой направленности и приурочен к району максимальной концентрации, характерному для всех камбал.

Указанные обстоятельства были приняты во внимание при анализе многолетней динамики промысловой биомассы камбал Южно-Курильской зоны.

Известно, что, в многолетнем аспекте, учет в ходе съемок на двух тихоокеанских участках (№ 1, 2 — обозначения, как на рис. 3) выполнялся на постоянной основе, а с охотоморской стороны — в различных сочетаниях, и не всегда в полной мере. Тем не менее, принимая во внимание, что около 90% запаса камбал Южных Курил обитает с тихоокеанской стороны, неполный учет, в те или иные годы, на охотоморском участке, по нашему мнению, не вносит существенной погрешности и позволяет использовать и эти съемки для первичного анализа динамики запаса.

Кроме того, следует обратить внимание, что в силу биологии отдельных видов камбал Южных Курил их вклад в промысловую биомассу не эквивалентен их вкладу в общую. Из перечисленных выше 8 видов, отнесенных нами к промысловым, есть «мелкоразмерные», предельная длина которых невелика, и большинство особей не превышают промысловой

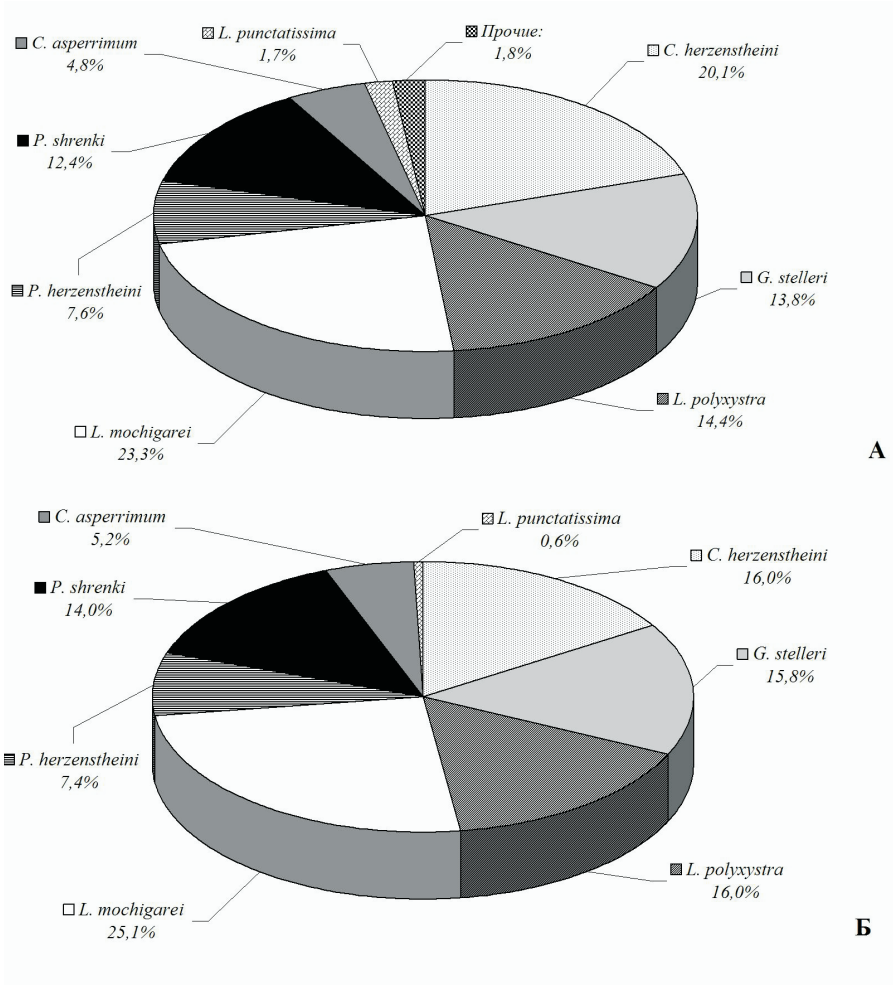


Рис. 4. Осредненная доля массовых видов камбал Южных Курил в общей (А) и промысловой (Б) биомассе, учтенной в ходе донных траловых съемок в 1977–2014 гг.

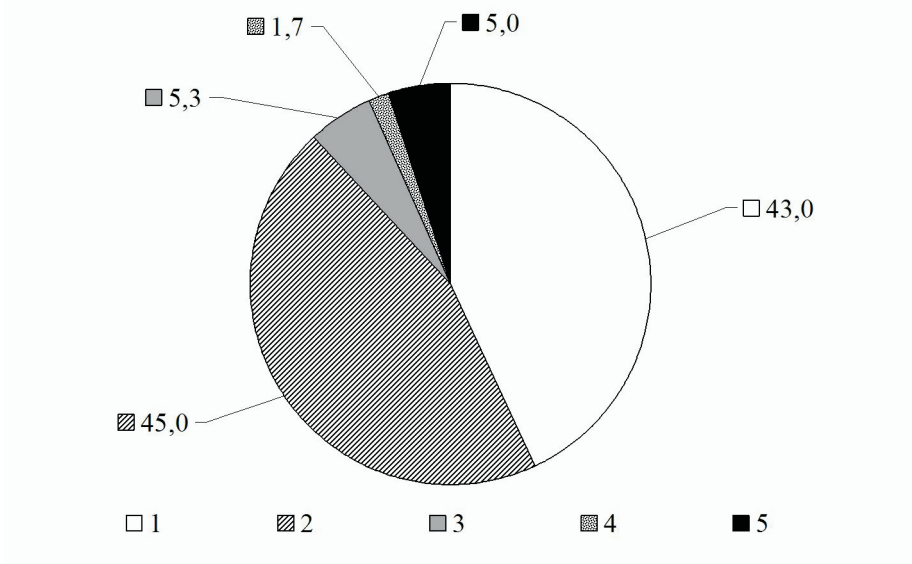


Рис. 5. Доля суммарной биомассы камбал, учитываемой на шельфе Южных Курил в ходе донных траловых съемок: 1 — Южно-Курильский пролив; 2 — тихоокеанский шельф о. Итуруп; 3 — охотоморский шельф о. Кунашир; 4 — охотоморский шельф о. Итуруп; 5 — залив Простор

длины, установленной для камбал данного района (25 см по АС). К таковым следует отнести длиннорылую, остроголовую и, отчасти, желтополосую.

Напротив, у ряда камбал, таких как северная двухлинейная, Шренка, малорота Стеллера, доля промысловых особей в уловах, в пересчете на биомассу, превышает 95%. Поэтому расчет промысловой биомассы по результатам донных траловых съемок проводился с учетом повидового размерного состава уловов (рис. 6). В случае «разрывов» в рядах наблю-

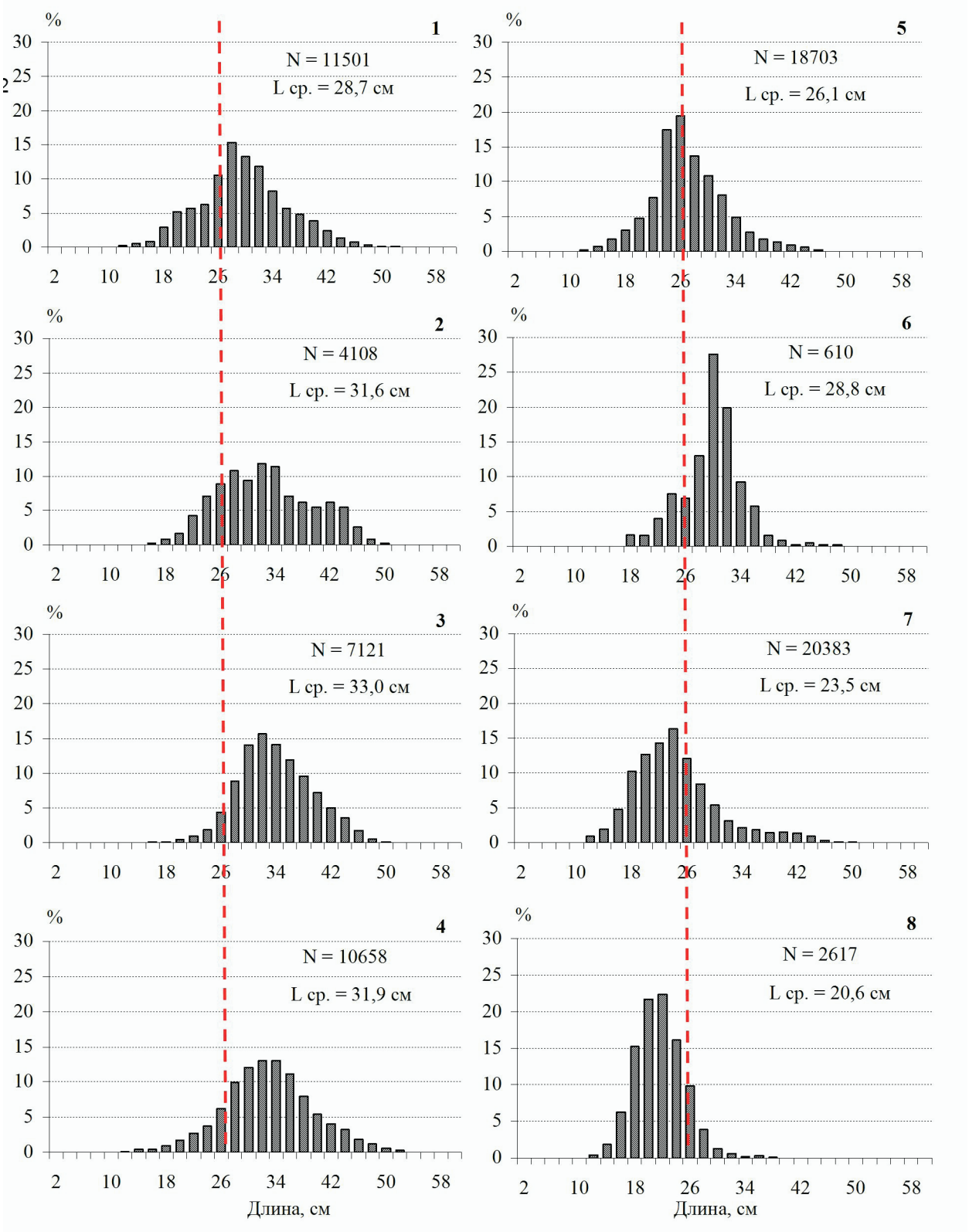


Рис. 6. Среднемноголетний размерный состав промысловых видов камбал Южных Курил в уловах донными тралами в период съемок. 1 — белобрюхая (южная двухлинейная); 2 — северная двухлинейная; 3 — малорот Стеллера; 4 — Шренка; 5 — желтополосая; 6 — бородавчатая; 7 — остроголовая; 8 — длиннорылая. Указаны: суммарный объем материала, средняя длина в уловах

дений за размерной структурой, данные заменялись средними значениями по смежным годам.

Среднемноголетний вклад 8 видов камбал Южных Курил в промысловую биомассу, с учетом размерного состава, представлен на рис. 4Б, а ее многолетняя динамика — на рис. 7.

Как можно видеть, данные за начальные годы исследований довольно отрывочны, тем не менее они позволяют предполагать постепенное снижение запасов камбал Южных Курил от 15–18 тыс. т в начале 1960-х до 5–8 тыс. т в начале 1990-х годов. Период 2000-х годов характеризуется увеличением промысловой биомассы. Если в 2000–2005 гг. среднемноголетняя биомасса составляла около 9,5 тыс. т, то в 2007–2012 гг. — около 14 тыс. т. Исторический максимум учтенной промысловой биомассы пришелся на 2010 г. и составил 22,1 тыс. т.

Вероятно, в настоящий момент наблюдается постепенное снижение запасов камбал Южных Курил. Оценка их суммарной промысловой биомассы по результатам донной траловой съемки ни НИС «Дмитрий Песков» в 2014 г. составила 10,7 тыс. т, из которых около 21,7% приходилось на малорота Стеллера, 27,6% — на северную двухлинейную, 23,4% — на белобрюхую, 13,0% — на камбалу Шренка, 9,7% — на желтополосую, 3,7% — на остроголовую.

Методы, основанные на промысловых данных

Современные нормативные документы, регламентирующие методические подходы при оценке запасов промысловых гидробионтов, налагают требования использовать, при наличии достаточного информационного обеспечения, при расчетах численности и биомассы аналитические методы, основанные на размерно-возрастной структуре промысловых уловов.

Оптимальным подходом при регулировании промысла камбал является оценка запасов их преобладающего вида модельными (когортными) методами, выделение доступного к промыслу объема и корректировка его с учетом долевого соотношения второстепенных видов камбал в прилове в промысловых снюрреводных и/или траловых уловах. По такому принципу осуществляется регулирование промысла камбал в большинстве продуктивных районов на Дальневосточном бассейне: в заливах Северо-Восточной и Восточной Камчатки, на Западном и Восточном Сахалине и Северных Курилах.

Для южно-курильского шельфа применение такого подхода затруднено тем, что в силу описанной

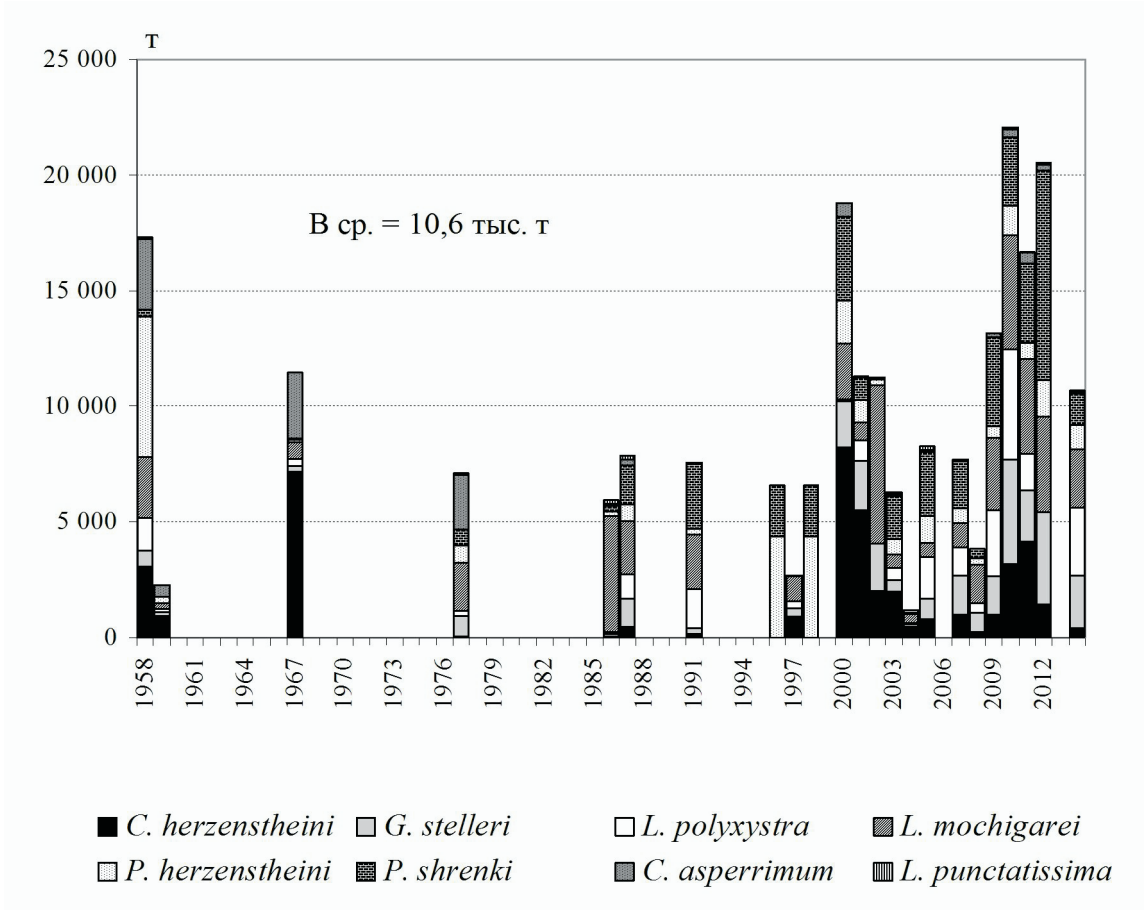


Рис. 7. Многолетняя динамика промысловой биомассы камбал Южных Курил по данным донных траловых съемок. Указана среднемноголетняя биомасса

выше специфики региона здесь нет явно выраженного лидирующего вида, и для уверенного прогнозирования состояния запасов необходимо накопление промыслово-биологической статистики по нескольким наиболее значимым в промысловом отношении. В настоящий момент такая база данных только формируется, однако уже сейчас имеется возможность для оценки запасов отдельных видов камбал Южных Курил когортными методами.

Для примера, для оценки промыслового и нерестового запаса методом ВПА была выбрана южная двухлинейная (далее — белобрюхая) камбала. Аргументация для такого выбора: среднемноголетняя доля этого вида в промысловой биомассе наибольшая и достигает 25% (рис. 4Б); вид обитает на всех 5 участках шельфа Южных Курил и, наряду с камбалой Шренка и малоротом Стеллера, является одним из наиболее привлекательных в промысловом отношении; кроме того, архивные данные по размерной структуре уловов белобрюхой камбалы наиболее представительны среди остальных видов.

Многолетняя ретроспективная динамика нерестовой (SSB) и промысловой (FSB) биомассы белобрюхой камбалы Южных Курил представлена на рис. 8, 9. Как можно видеть, после периода высокого уровня запасов в конце 1970-х годов, к концу 1980-х биомасса популяции довольно резко снизилась, и в начале 1990-х годов группировка вступила в период низкого уровня запаса.

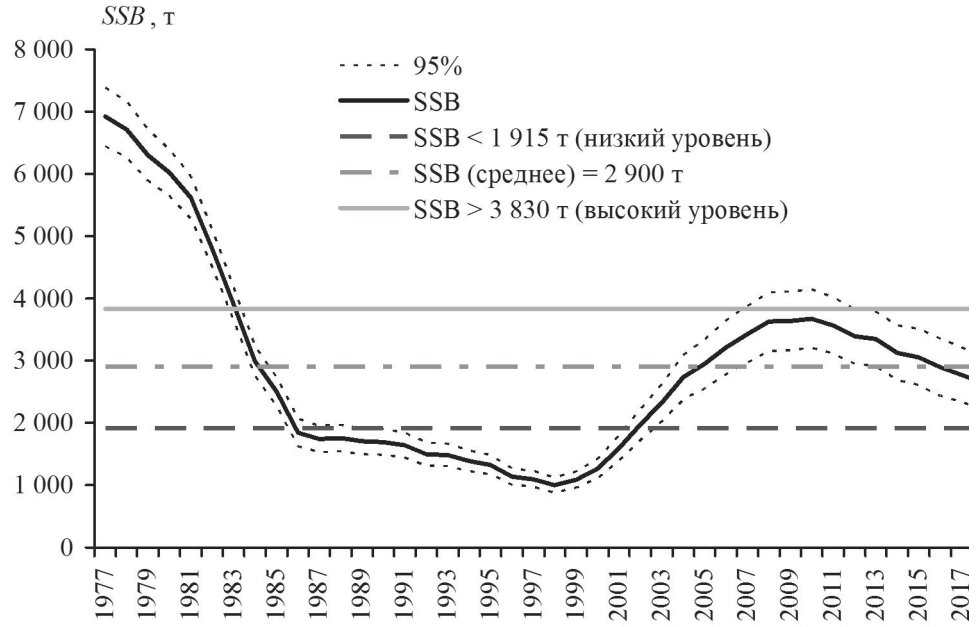


Рис. 8. Многолетняя динамика нерестовой биомассы белобрюхой камбалы Южных Курил по результатам ВПА. На 2017–2018 гг. указаны прогнозные значения

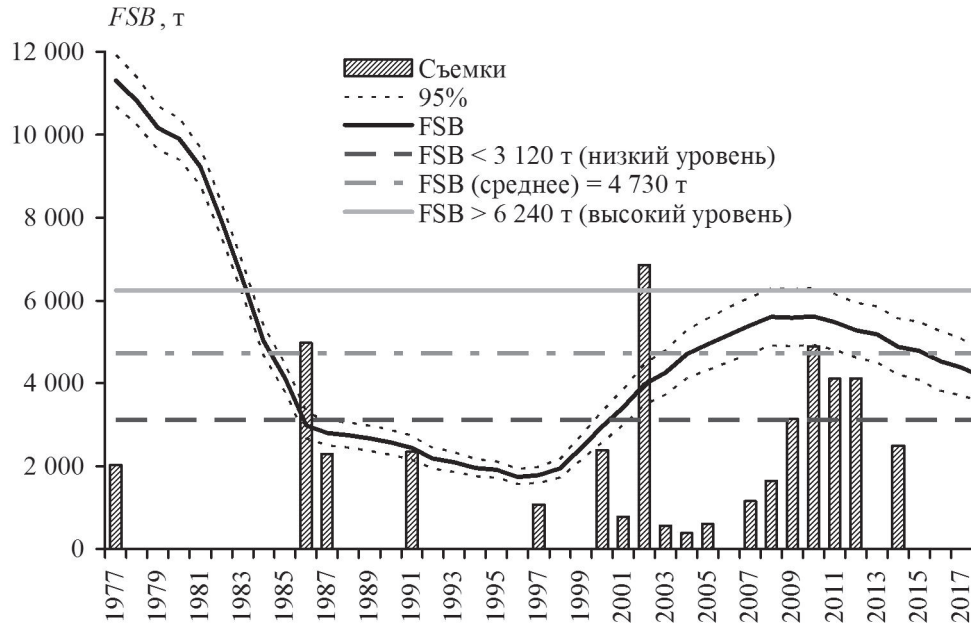


Рис. 9. Многолетняя динамика промысловой биомассы белобрюхой камбалы Южных Курил по результатам ВПА в сопоставлении с данными съемок. На 2017–2018 гг. указаны прогнозные значения

Минимум пришелся на 1998 г., когда нерестовая биомасса оценивалась на уровне 0,98±0,1 тыс. т, а промысловая — 1,87±0,19 тыс. т, после чего наметилась тенденция к постепенному росту запасов. В 2003–2012 гг. промысловая биомасса белобрюхой камбалы оценивалась на уровне 3,5–4,5 тыс. т, а в последние несколько лет вновь отмечается некоторое снижение запасов. Результаты расчетов биомассы белобрюхой камбалы методом ВПА, с одной стороны, довольно близки к оценкам по данным донных траловых съемок для данного вида, а с другой — демонстрируют тенденции, характерные для запасов камбал Южных Курил в целом (рис. 7).

Промысел

Эпизодический промысел камбал на шельфе Южных Курил, видимо, существовал всегда. Однако ввиду наличия значительного числа участков дна со сложными грунтами, накладывающих ограничения на использование донных тралов и снюрреводов, отечественные рыбаки добывали их в основном в прилове.

Специализированный промысел камбал в районе до 1986 г. осуществлялся судами Японии, использовавшими, помимо тралящих орудий лова, донные сети и яруса. Максимальный вылов в этот период был отмечен в 1978 г. — 9,8 тыс. т, а среднемноголетний в период 1977–1985 гг. составлял около 7,4 тыс. т (рис. 10). После 1985 г., в связи с закрытием Южно-Курильского пролива для иностранных судов, квоты вылова и уловы камбал рыбаками Японии были значительно сокращены. Впоследствии, вплоть до настоящего времени, суммарные годовые уловы камбал на шельфе Южных Курил изменялись в пределах 0,5–1,0 тыс. т, в среднем составляя 0,74 тыс. т. Максимум был отмечен в 2015 г., когда было выловлено 1,5 тыс. т.

Очевидно, что о существовании специализированного промысла в данном случае говорить не приходится, и камбал в основном добывают в прилове при промысле трески и минтая. Как можно видеть (рис. 10), при общем сохранении уровня годовых уловов, в 2003–2015 гг. наблюдается постепенный рост уловов отечественными предприятиями на фоне сокращения вылова японскими рыбаками, что, возможно, связано с развитием береговой рыбообрабатывающей базы на островах Малой Курильской гряды, о. Итуруп и Кунашир, и повышением заинтересованности островных предприятий в данном ресурсе.

По данным ООП, представленным в ОСМ Росрыболовства в 2003–2015 гг., годовые уловы камбал в целом по Южно-Курильской зоне (61.04) изменялись от 0,5 в 2003–2004 гг. до 1,5 тыс. т в 2012 г. и 2015 г. В среднем ОДУ осваивался на 66,1%, а среднегодовой вылов составил 0,84 тыс. т.

В настоящий момент лов камбал на шельфе Южных Курильских островов осуществляют суда России и Японии, при этом состав флота по типу судов и их промысловому вооружению довольно разнообразен: для добычи используются пелагические и донные тралы различной конструкции, донные яруса, снюрреводы и донные сети.

Меньшая часть российского промысла приурочена к небольшим по площади заливам с охотоморской стороны островов Кунашир и Итуруп, а основной лов происходит на мелководном участке шельфа, расположенном между о. Кунашир и Малой Курильской грядой и, в меньшей степени, с тихоокеанской стороны о. Итуруп.

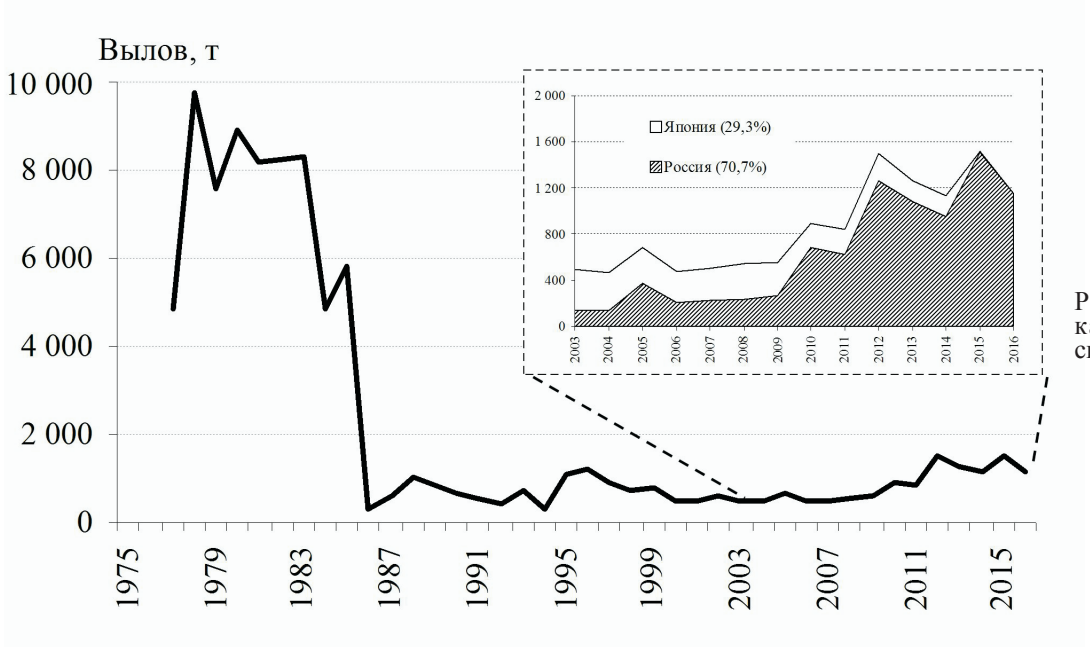


Рис. 10. Годовые уловы камбал Южно-Курильской зоны в 1977–2016 гг.

Уловы, в основном, сдаются для переработки на береговые предприятия, что дает основания предполагать, что данные по уловам на усилие (траление, с/сутки промысла) довольно сильно зашумлены. Кроме того, интенсивность промысла в течение года также неодинакова. Чтобы объективно представлять, какая часть запаса камбал, в какой период года и в каком объеме эксплуатируется при использовании того или иного орудия лова, нами был выполнен анализ структуры современного промысла камбал Южных Курил и его сезонной динамики на основе ССД за 2003–2016 гг., представленных в ОСМ Росрыболовства (рис. 11).

Как можно видеть, основная доля годовых уловов действительно приходится на участок тихоокеанского шельфа Южных Курил, от Малой Курильской гряды до юго-восточной оконечности о. Уруп. В среднем в этом районе добывается 89,7% от годового вылова камбал Южно-Курильской зоны, из которых 52,8% приходится на российский флот, а 36,9% — на суда Японии.

Промысел с охотоморской стороны осуществляют только российские суда, добывая чуть более 10% от годового объема. Японские рыбаки более 82% от своего годового улова осваивают донными тралами и еще около 17% — донными ярусами. Российские суда наряду с донными тралами активно используют снюрреводы, на долю которых приходится около 67% годовых уловов на тихоокеанском шельфе и до 66% — на охотоморском.

Исходя из диаграмм плотности распределения уловов можно заключить, что наиболее продуктивный снюрреводный промысел российскими судами на тихоокеанском шельфе Южных Курил приурочен к акватории Южно-Курильского пролива (рис. 12), а траловый охватывает еще и внешний участок южнее о. Шикотан (рис. 13). В охотоморском шельфе ограниченный современный российский снюрреводный лов получил свое развитие только на побережье о. Итуруп: от пролива Екатерины до залива Простор.

Район промысла малотоннажными японскими донными тральщиками более обширен и включает всю внешнюю кромку шельфа с тихоокеанской стороны Южных Курил, однако наиболее продуктивным участком является акватория у юго-западной оконечности о. Итуруп, вплоть до траверза залива Касатка (рис. 14).

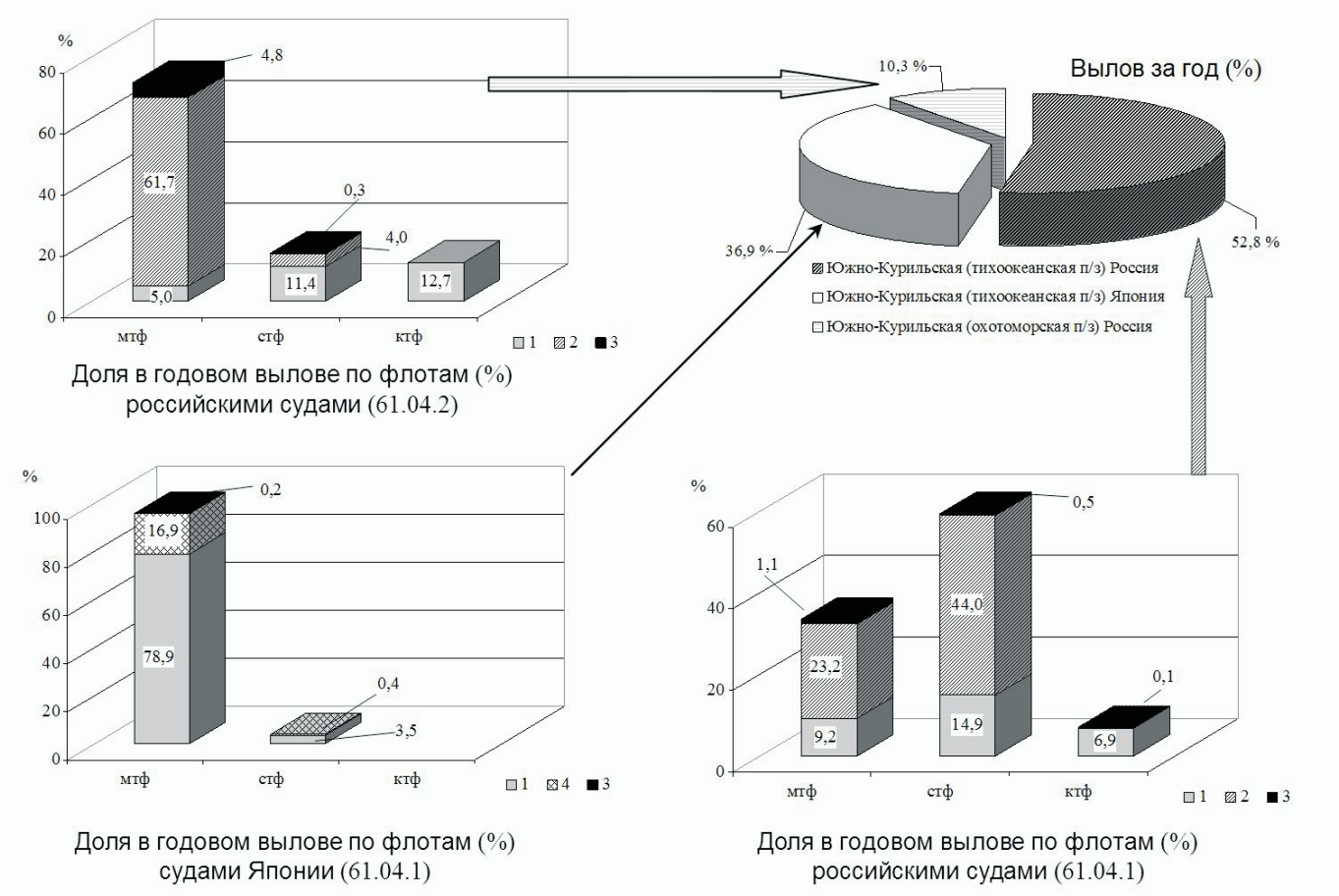


Рис. 11. Структура промысла камбал Южно-Курильской зоны. Доля в годовом вылове Россией и Японией по районам (круговая диаграмма) и распределение уловов по флотам в пределах этих районов (гистограммы). МТФ — малотоннажный флот, СТФ — среднетоннажный флот, КТФ — крупнотоннажный флот, 1 — донные тралы, 2 — снюрреводы, 3 — прочие, 4 — яруса

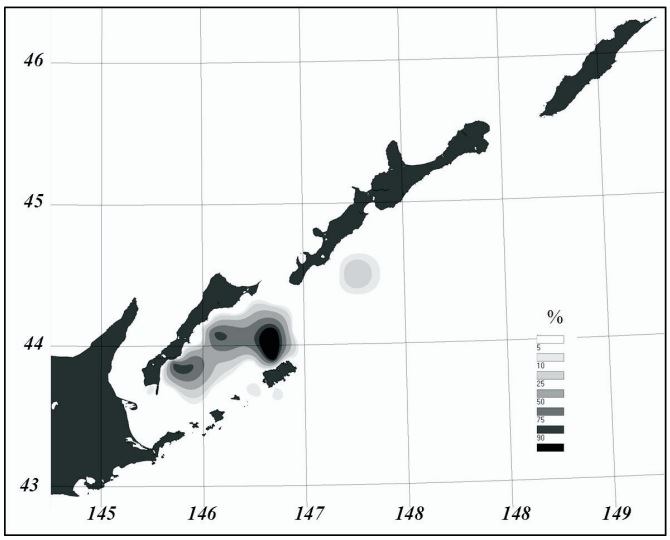


Рис. 12. Осредненное распределение снюрреводных уловов камбал российскими судами на тихоокеанском шельфе Южных Курил в 2003–2016 гг. (в % от максимальной плотности)

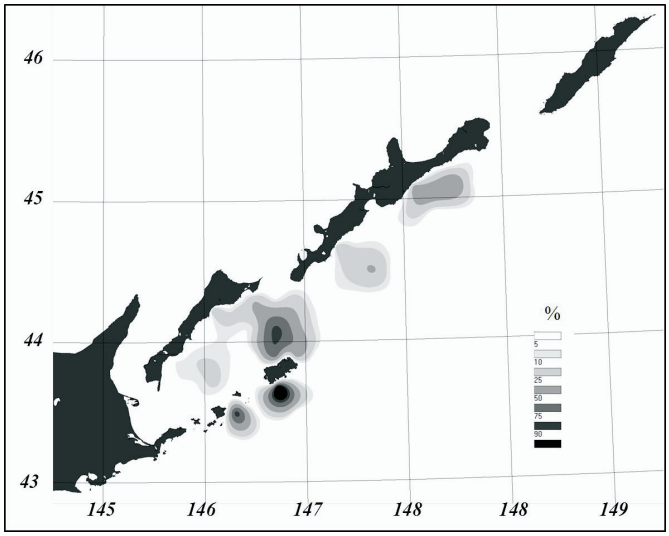


Рис. 13. Осредненное распределение траловых уловов камбал российскими судами на тихоокеанском шельфе Южных Курил в 2003–2016 гг. (в % от максимальной плотности)

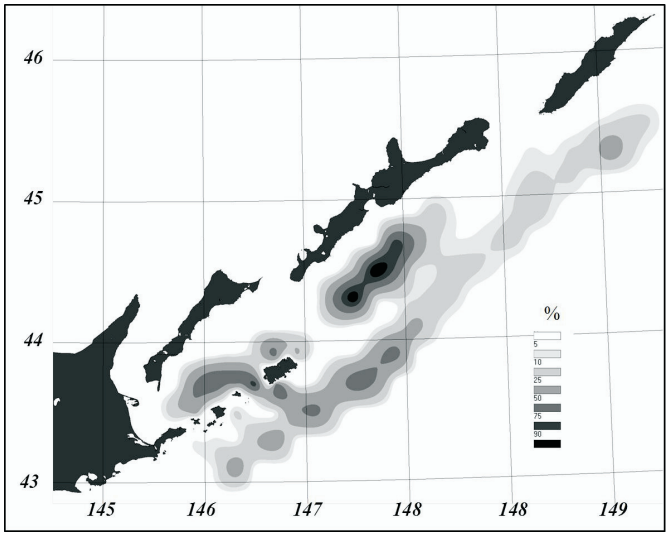


Рис. 14. Осредненное распределение траловых уловов камбал судами Японии на тихоокеанском шельфе Южных Курил в 2003–2016 гг. (в % от максимальной плотности)

В сезонной динамике промысла, независимо от района, состава флота и его промыслового вооружения, прослеживается привязанность наиболее продуктивного сезона промысла к периоду образования большинством видов камбал зимовальных и преднерестовых скоплений: с декабря по июнь. В среднем японскими судами на тихоокеанском шельфе в этот период добывается около 76,3% годового улова, российскими — в этом же районе ~72%, а на охотоморском шельфе ~86%. В оставшуюся часть года, с июля по ноябрь, камбал, как правило, добывают только российские суда при траловом и снюрреводном промысле в качестве прилова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе траловых съемок на шельфе и материковом склоне Южных Курил в уловах было отмечено 18 видов камбал, которые распределялись по району исследований неравномерно. Видовой состав на Южно-Курильском мелководье более разнообразен, и здесь преобладают «южные» виды, чье распространение связано с воздействием теплого течения Соя. По мере удаления от Малой Курильской гряды в северо-восточном направлении, к островам Итуруп и Уруп, проявляются тенденции к снижению видового разнообразия камбал, уменьшению значимости «южных» видов и постепенному их замещению представителями беринговоморского комплекса.

Основная масса промысловых особей в течение года обитает на шельфе Южно-Курильского пролива и участке, расположенном с тихоокеанской стороны о. Итуруп. Разультаты донных траловых исследований позволяют предполагать постепенное снижение запасов камбал Южных Курил от 15–18 тыс. т в начале 1960-х до 5–8 тыс. т в начале 1990-х годов. Период 2000-х годов характеризуется увеличением промысловой биомассы, исторический максимум учтенной промысловой биомассы пришелся на 2010 г. и составил 22,1 тыс. т. В настоящий момент наблюдается постепенное снижение запасов камбал Южных Курил. Результаты модельных оценок промысловой и нерестовой биомассы южной двухлинейной камбалы в целом подтверждают отмеченные тенденции.

Максимальный вылов камбал за исторический период отмечен в 1978 г. (9,8 тыс. т), а среднемноголетний в период 1977–1985 гг. составлял около 7,4 тыс. т. Впоследствии, вплоть до настоящего времени, суммарные годовые уловы камбал на шельфе Южных Курил изменялись в пределах 0,5–1,0 тыс. т, в среднем составляя 0,74 тыс. т. Максимум в последние годы был отмечен в 2015 г., когда было выловлено 1,5 тыс. т.

В настоящий момент основной вылов камбал приурочен к Южно-Курильскому мелководью и тихоокеанскому участку шельфа о. Итуруп. Промысел не носит специализированного характера (камбалу в основном добывают в прилове).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2007. Географическая информационная система «Картмастер» // Рыбное хозяйство. № 1. С. 96–99.

Богданов А.С. 1946. Рыбная промышленность Курильских островов // Рыбное хозяйство. № 8. С. 3–16.

Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-Центр. 217 с.

Буяновский А.И. 2012. Прогноз потенциального вылова прибрежных беспозвоночных при затруднении с оценкой запаса: методические рекомендации. М.: ВНИРО. 222 с.

Дьяков Ю.П. 2009. Камбалообразные (Pleuronectiformes) дальневосточных морей России: Автореф. дис. … д-ра биол. наук. Владивосток. 48 с.

Дьяков Ю.П. 2011. Камбалообразные дальневосточных морей России (организация фауны, сезоны и продолжительность нереста, популяционная структура вида, динамика популяций). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 428 с.

Золотов А.О., Дубинина А.Ю., Мельник Д.Я. 2012. Распределение и сезонные миграции северной двухлинейной камбалы *Lepodopsetta polyxystra* Orr et Matarese (2000) на тихоокеанском шельфе Камчатки и Северных Курил // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 26. С. 53–68.

Ким Сен Ток, Бирюков И.А. 2009. Некоторые черты биологии и промысловые ресурсы донных и придонных видов рыб в шельфовых водах Южных Курильских островов в 1987–2006 гг. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 124 с.

Сафронов С.Н., Никифоров С.Н. 1982. Камбалы Южно-Курильского мелководья // Рыбное хозяйство. № 3. С. 30–32.

Фадеев Н.С. 1987. Северотихоокеанские камбалы (распространение и биология). М.: Агропромиздат. 175 с.

Darby C.D., Flatman S. 1994. Virtual Population Analysis. Version 3.1 (WINDOWS/DOS): User Guide. 85 p.

Laurel B.J., Blood D.M. 2011. The effects of temperature on hatching and survival of northern rock sole larvae (*Lepidposetta polyxystra*) // Fish. Bul. 109:282–291.

УДК 597.541(265.54)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ *CLUPEA PALLASII* В РОССИЙСКИХ ВОДАХ МАТЕРИКОВОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ (ПОДЗОНА ПРИМОРЬЕ)

Л.А. Черноиванова, В.В. Панченко, С.Ф. Соломатов

Н. с.; ст. н. с., к. б. н.; зав. сект., к. б. н.; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Тел., факс: (423)240-03-07, 240-07-30. E-mail: chlas27@yandex.ru

ТИХООКЕАНСКАЯ СЕЛЬДЬ, ЗАПАСЫ, БИОМАССА, ПОПУЛЯЦИИ, МИГРАЦИИ

Проанализировано распределение запасов сельди в подзоне Приморье в 2009–2016 гг. Установлено, что обитающие в этом районе популяции сельди имеют собственную динамику численности, связаны миграциями и периодически испытывают демографическое влияние смежных популяций.

THE MODERN STATE OF THE PACIFIC HERRING *CLUPEA PALLASII* STOCKS IN RUSSIAN WATERS OF THE CONTINENTAL COASTAL ZONE OF THE SEA OF JAPAN (PRIMORYE SUB-ZONE)

L.A. Chernoivanova, V.V. Panchenko, S.F. Solomatov

Researcher; Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Head of division, Ph. D. (Biology); Pacific Research Fishery Center
690091, Vladivostok, Shevchenko Alley, 4
Tel., fax: (423) 240-03-07, 240-07-30. E-mail: chlas27@yandex.ru

PACIFIC HERRING, STOCKS, BIOMASS, POPULATIONS, MIGRATIONS

Distribution of herring stocks in the Primorye subzone in 2009–2016 was analyzed. It is established that the populations of a herring in this area have specific stock abundance dynamics, demonstrate interconnected migrations and come under demographic influence of adjacent populations time to time.

В подзоне Приморье, включающей зал. Петра Великого, воды Северного Приморья и материкового побережья Татарского пролива (рис. 1), известны три популяции тихоокеанской сельди *Clupea pallasii*: на юге — зал. Петра Великого, в центральной части — пластуно-нельминская, в Татарском проливе — декастринская. Они являются относительно небольшими, с запасами, не превышающими 100 тыс. т. Наиболее высокая численность сельди всех япономорских популяций наблюдалась в конце XIX – начале XX столетия, с середины 1950-х гг. происходило снижение уловов; в 1990-е гг. среднегодовой вылов для сельдей зал. Петра Великого, декастринской и пластуно-нельминской популяций сократился до уровня, близкого к 1 тыс. т в каждой (Амброз, 1931; Гаврилов, 1998а; Науменко, 2001).

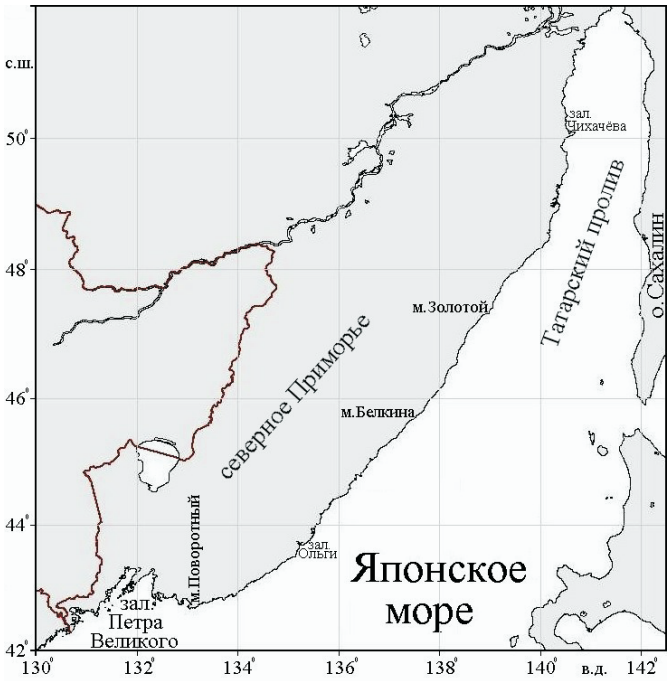


Рис. 1. Карта-схема района проведения исследований

В связи с низкими запасами сельди в подзоне

Приморье, ее промысел с 1950-х гг. был нерегулярным. В водах Северного Приморья со второй половины 1950-х гг., а в зал. Петра Великого с 1982 г., осуществлялся только контрольный лов. Промысел декастринской сельди продолжался до середины 1990-х гг., в 1997–2003 гг. он не проводился в связи с нерентабельностью, с 2004 г. на него введен запрет (Гаврилов, 1998а, 1998б; Ившина, 2008). На фоне низкой численности время от времени в исследуемых популяциях сельди появлялись относительно урожайные поколения. Для пластуно-нельминской сельди в середине 1980-х гг. были отмечены две урожайных генерации, благодаря которым ее запасы кратковременно возросли в 1986–1987 гг. (Гаврилов, 1998б). Относительно урожайными во всех популяциях сельди подзоны Приморье были годовые классы 1995–1996 гг. В зал. Петра Великого повышенной численностью выделялись поколения 2001, 2004, 2008 гг. В нерестовой части популяции декастринской сельди доминировали рыбы 1999, 2000 и 2004 годов рождения. Однако численность этих поколений быстро снижалась, и запасы продолжали оставаться стабильно невысокими (Ившина, 2008; Нагульная сельдь, 2010).

В современный период биомасса сельди в подзоне Приморье находится на низком уровне, и этот объект не используется промыслом. Оценка запасов и сбор биологических материалов осуществляются в рамках НИР на основе донных траловых съемок. В зал. Петра Великого учетные съемки регулярно проводятся с середины 1980-х гг., ежегодный мониторинг состояния запасов всей акватории подзоны Приморье — с 2009 г. до настоящего времени.

Целью данной работы является анализ динамики запасов тихоокеанской сельди в подзоне Приморье по материалам учетных съемок 2009–2016 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основой для оценки запаса сельди в подзоне Приморье (рис. 1) послужили биостатистические материалы, полученные в 2009–2016 гг. при проведении учетных донных траловых съемок на НИС «Бухоро» и «Профессор Кизеветтер». В апреле–мае съемки проводились в 2009, 2011–2016 гг. в водах Северного Приморья и в зал. Петра Великого, а также в 2009, 2010 и 2015 гг. в Татарском проливе. Отметим, что весной 2015 г. съемка охватывала не только материковое побережье российских вод Японского моря, но и западное побережье о. Сахалин. Учетные работы в сентябре–октябре осуществлялись в 2010 г. в зал. Петра Великого и в Северном Приморье, в 2011–2014 и 2016 гг. — в Татарском проливе. В 2009 г. были обследованы глубины 15–950 м, в 2010–2016 гг. — 15–750 м. Всего за период работ выполнено порядка 3 тыс. тралений, промерено 5879 экземпляров сельди. Промеры с помощью размерно-возрастных ключей, специфичных для сельди, обитающей в водах Северного Приморья, в Татарском проливе и в зал. Петра Великого, переведены в соответствующий возрастной состав. По итогам донных съемок определены запасы, установлено количественное распределение сельди в подзоне Приморье. Оценка запаса выполнена «методом площадей» (Аксютина, 1968). Величины коэффициента уловистости приняты с дифференцировкой по размерному и, соответственно, весовому составу сельди: при среднем весе рыб в улове 100 г и более коэффициент уловистости принимался равным 0,3, при весе от 30 до 100 г его величина снижалась до 0,2, при весе менее 30 г — до 0,1 (Измятинский, 2005).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2009–2016 гг. учтенная биомасса сельди в подзоне Приморье варьировала от 2,1 (2013 г.) до 33,7 тыс. т (2009 г.).

В западной части Татарского пролива, в районе обитания декастринской популяции, в 2009 и 2015 гг. в весенних съемках были получены наибольшие оценки — 33,65 и 23,5 тыс. т соответственно, что более чем в 20 раз выше значений, зарегистрированных в 2010–2014 гг. и 2016 г. (рис. 2). В указанные два года подъема запаса основу биомассы составляла молодь: в 2009 г. — годовики и двухгодовики (поколения 2008 и 2007 гг.), в 2015 г. — годовики (поколение 2014 г.) (табл. 1). Причем, по данным съемки 2015 г., в водах Западного Сахалина, в отличие от акватории материкового побережья Татарского пролива, были представлены старшевозрастные особи (табл. 1). Ранее также было отмечено, что сельди декастринской популяции, выловленные у Западного Сахалина и в зал. Декастри (в настоящее время — зал. Чихачева), имея одинаковый темп роста, часто отличаются по возрастному составу уловов в этих районах (Пискунов, 1947).

По данным учетных съемок 2009–2016 гг., биомасса популяции сельди зал. Петра Великого изменялась от 0,6 до 8,1 тыс. т. После ряда очень малочисленных поколений в конце XX века, в 2001, 2004 и 2008 гг. появились относительно урожайные генерации, и запасы сельди кратковременно (к 2010 г.) увеличились (Нагульная сельдь, 2010). На основе урожайных поколений 2010 и 2014 гг., превосходящих по численности предыдущие генерации на порядок, в 2015–2016 гг. биомасса сельди в зал. Петра Великого заметно возросла (рис. 2).

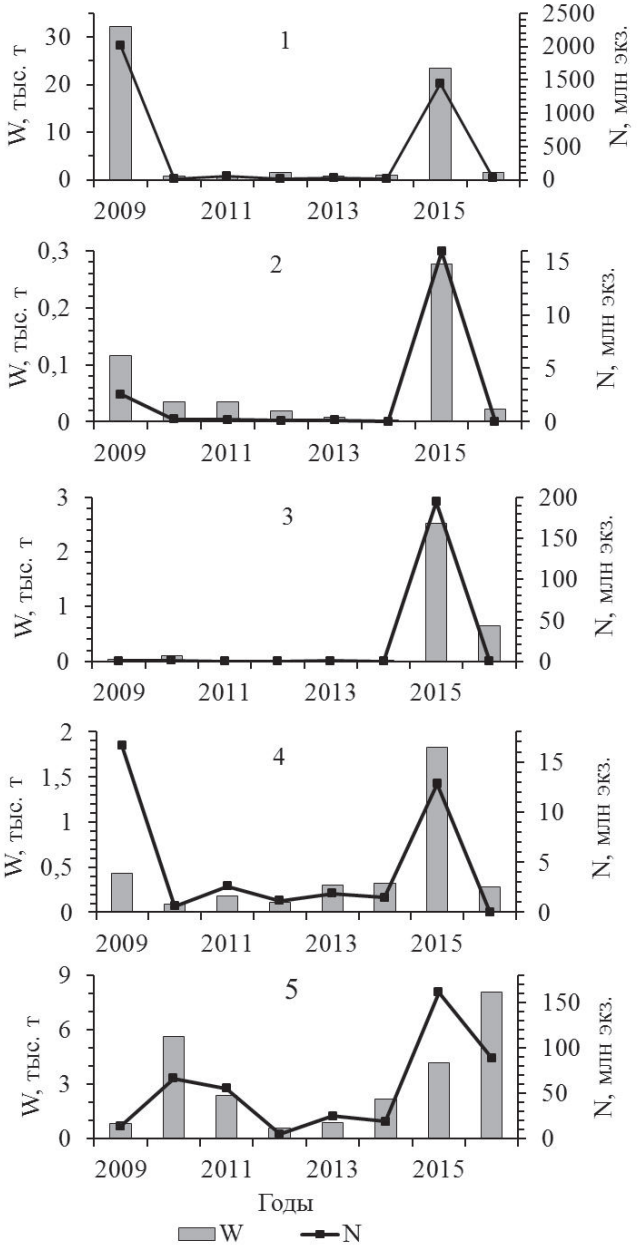


Рис. 2. Биомасса (W, тыс. т) и численность (N, млн экз.) сельди в подзоне Приморье в 2009–2016 гг. Цифрами обозначены районы: 1 — западная часть Татарского пролива; 2 — от м. Белкина до м. Золотого; 3 — от зал. Ольги до м. Белкина, 4 — от м. Поворотного до зал. Ольги; 5 — зал. Петра Великого

В районе от м. Поворотного до м. Золотого в 2009–2016 гг. биомасса сельди суммарно изменялась от 0,15 (2012 г.) до 4,6 тыс. т (2015 г.); в 2009–2014 гг. она варьировала в небольших пределах, от 0,15 до 0,58 тыс. т, в 2015 и 2016 гг. повысилась соответственно до 4,6 и 0,96 тыс. т (рис. 3). В 2009–2014 гг. большая часть запаса Северного Приморья располагалась в южной части — от м. Поворотного до зал. Ольги, варьируя от 0,15 до 0,58 тыс. т. На участке от зал. Ольги до м. Белкина колебания биомассы оказались более заметны: так, в съемке 2011 г. сельди вообще не обнаружилось, в съемках 2009, 2012–2014 гг. она отмечалась в небольших количествах, но в 2015 и 2016 гг. в этом, центральном для акватории Северного Приморья, районе была сосредоточена основная часть зарегистрированной биомассы и, относительно прошлых лет, довольно большая по объему — 2,5 и 0,65 тыс. т соответственно (рис. 2, 3). Во все исследуемые годы на севере, в районе от м. Белкина до м. Золотого, доля запаса была наименьшей, вариации составили от 0,008 до 0,28 тыс. т.

Считается, что от м. Поворотного до м. Золотого запас сельди разнороден. В южной части, от м. Поворотного до зал. Ольги, распространяется сельдь зал. Петра Великого. Центральную часть, от зал. Ольги до м. Белкина, занимает пластуно-нельминская сельдь, которая доходит до 48°30′ с. ш. В районе от м. Белкина до м. Золотого в разные годы в зависимости от численности может располагаться сельдь пластуно-нельминской или декастринской популяций, или их смешанный состав (Амброз, 1931; Кагановский, 1938; Варварин, 1946; Гаврилов, 1998б; Калчугин, Вдовин, 2000; и др.).

Материалы 2009–2016 гг. показали, что численность именно пластуно-нельминского стада подвержена наибольшим изменениям, заметным даже на коротком промежутке времени: от почти полного исчезновения до некоторого восстановления. Причем преобладание годовиков в 2013 г. и их многочисленность в 2015 г. в районе обитания пластуно-нельминской сельди (табл. 1) указывают на возможность появления здесь относительно урожайных генераций. На протяжении периода исследований с конца 1950-х гг. и до 2010-х гг. уже было отмечено, что нерестовые подходы пластуно-нельминской сельди периодически прекращались с последующим возвращением на части нерестилищ: во второй половине 1940-х, в начале 1960-х, в конце 1970-х, во второй половине 1990-х гг. Восстановлению запасов способствовали урожайные поколения, сформированные, например, в начале 1970-х и в середине 1980-х гг. (Гаврилов, 1998б). По-видимому, эта популяция, географически занимающая промежуточное положение между сельдью зал. Петра Великого и декастринской, время от времени получает демографическое влияние от обеих популяций. Кроме того, в водах Северного Приморья в 1930–1940-е гг. в облавливаемых нагульных скоплениях многие исследователи отмечали наличие сельди сахалино-хоккайдской популяции (Кагановский, 1938; Варварин, 1946; Гаврилов, 1998а).

Таким образом, установлено, что в 2009–2016 гг. в подзоне Приморье распределение запасов сельди происходит неравномерно по районам в межгодовом аспекте. Независимой динамикой численности в соответствии с регулярным формированием относи-

тельно урожайных поколений отличается популяция сельди зал. Петра Великого. В западной части Татарского пролива заметны периодические волны численности сельди с оценками, различающимися на два порядка. Траловые съемки не охватывают весь ареал декастринской популяции, что может быть причиной резкого колебания учтенного запаса в смежные годы. Кроме того, различия в распределении возрастных групп относительно западного и восточного побережий Татарского пролива подтверждают высокую межсезонную миграционную активность рыб в декастринской популяции. Наиболее демографически неустойчивой во времени и подверженной влиянию соседних популяций оказалась пластуно-нельминская популяция — от почти полного исчезновения до восстановления. Для этой сельди возможна самостоятельная динамика численности в связи с появлением урожайных поколений, например, в 2012 и 2014 гг.

Годовой цикл сельдей, обитающих в северо-западной части Японского моря, связан с сезонными миграциями, проходящими в широком батиметрическом диапазоне. Если летом сельдь, смещаясь после

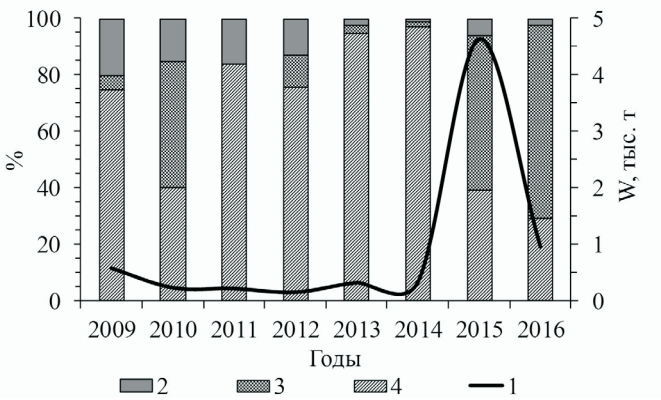


Рис. 3. Биомасса (W, тыс. т) сельди в водах Северного Приморья (1) и количественное соотношение биомассы (%) в районах: 2 — от м. Белкина до м. Золотого; 3 — от зал. Ольги до м. Белкина; 4 — от м. Поворотного до зал. Ольги

Таблица 1. Возрастной состав (%) сельди в подзоне Приморье в 2009–2016 гг.

Год	Район	Возраст, годы									
		0+	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2009	Тат. пр.	–	43,95	55,93	0,094	0,016	0,007	0,003	–	–	–
	Б–З	–	–	71,9	21,5	4,2	2,4	–	–	–	–
	О–Б	–	–	24,9	7,1	21,9	37,0	9,1	–	–	–
	П–О	–	48,0	48,55	1,6	0,6	0,8	0,4	0,05	–	–
	ЗПВ	–	98,2	–	1,5	0,3	–	–	–	–	–
2010	Тат. пр.		6,5	20,0	15,8	27,1	21,3	7,4	1,9	–	–
	Б–З	–	–	–	–	5,6	38,5	38,4	15,8	1,7	–
	О–Б	–	–	–	7,2	8,6	31,4	26,9	17,0	8,3	0,6
	П–О	–	–	–	9,6	9,0	31,5	25,4	16,0	7,5	1,0
	ЗПВ	–	10,6	62,5	25,0	1,7	0,2	–	–	–	–
2011	Тат. пр.	44,4	30,4	16,2	6,5	2,5	–	–	–	–	–
	Б–З	–	–	16,1	20,2	11,4	30,7	18,8	2,8	–	–
	О–Б	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	П–О	–	65,9	21,4	4,8	2,6	2,6	1,7	0,75	0,2	0,05
	ЗПВ	–	80,6	15,8	2,5	0,5	0,4	0,2	–	–	–
2012	Тат. пр.	2,0	3,5	16,8	8,0	38,6	28,7	2,4	–	–	–
	Б–З	–	–	–	14,3	32,7	37,3	15,7	–	–	–
	О–Б	–	25,2	–	–	9,2	37,3	16,3	12,0	–	–
	П–О	–	26,8	47,2	12,1	3,5	7,4	2,0	1,0	–	–
	ЗПВ	–	–	67,9	26,2	4,5	1,4	–	–	–	–
2013	Тат. пр.	1,2	6,4	64,3	25,8	2,3	–	–	–	–	–
	Б–З	–	45,5	54,5	–	–	–	–	–	–	–
	О–Б	–	100,0	–	–	–	–	–	–	–	–
	П–О	–	1,6	14,8	48,3	12,6	12,7	6,0	2,1	1,3	0,6
	ЗПВ	–	81,2	16,1	2,2	0,3	0,16	0,04	–	–	–
2014	Тат. пр.	29,7	31,5	32,8	6,0	–	–	–	–	–	–
	Б–З	–	–	100,0	–	–	–	–	–	–	–
	О–Б	–	–	40,0	15,0	36,0	9,0	–	–	–	–
	П–О	–	–	6,0	27,3	24,3	30,9	10,6	0,9	–	–
	ЗПВ	–	1,0	61,4	24,0	10,0	27,3	24,3	30,9	10,6	0,9
2015	Зап. Сах.	–	0,2	19,8	21,8	26,7	15,3	12,2	3,7	0,3	–
	Тат. пр.	–	85,32	14,41	0,13	0,06	0,05	0,02	0,01	–	–
	Б–З	–	99,6	0,2	0,16	0,03	0,01	–	–	–	–
	О–Б	–	99,82	0,125	0,015	0,01	0,011	0,015	0,004	–	–
	П–О	–	18,5	13,3	26,9	18,6	15,2	7,0	0,5	–	–
	ЗПВ	–	78,4	17,4	2,7	10,0	0,49	0,01	–	–	–
2016	Тат. пр.	9,4	5,4	45,7	32,8	5,0	1,7	–	–	–	–
	Б–З	–	31,6	52,2	13,0	–	3,2	–	–	–	–
	О–Б	–	10,4	84,5	3,3	1,0	0,5	0,24	0,06	–	–
	П–О	–	30,5	49,6	6,5	4,5	8,1	0,8	–	–	–
	ЗПВ	–	26,5	60,1	12,8	0,5	0,1	–	–	–	–

Примечание: районы: Тат. пр. — материковая часть Татарского пролива, Б–З — от м. Белкина до м. Золотого; О–Б — от б. Ольги до м. Белкина; П–О — от м. Поворотного до б. Ольги; ЗПВ — зал. Петра Великого; Зап. Сах. — воды северо-западного побережья о. Сахалин

нереста в близлежащие районы, находится в основном в рассредоточенном состоянии в слое воды 3–25 м, то к осени формируются локальные скопления, распределяющиеся от 20 до 493-метровой глубины. Зимой сельдь в Татарском проливе отмечается над глубинами 15–805 м (Ившина, 2008). В водах Северного Приморья сельдь проходит вдоль нижней кромки шельфа из южных участков в более северные, затем перемещается в северо-восточном направлении на свал глубин и зимой группируется в районах материкового склона на глубинах до 300 м; в период нагула скопления сельди мигрируют от 43°30′ до 48°30′ с. ш. (Гаврилов, 1998б). В центральной части Татарского пролива в зимний период наблюдаются смешанные скопления рыб декастринской и сахалино-хоккайдской популяций, а также отмечены их совместные районы нагула в летний сезон у побережья Западного Сахалина (Веденский, 1957; Румянцев и др., 1958; Дружинин, 1960, 1962; Пушникова, 1996).

Перемешивание в нагульный период приводит к тому, что часть производителей (а вместе с ними и молоди) может перемещаться на нерестилища других популяций. Было показано, что усредненная оценка параметров миграции для тихоокеанской сельди, обитающей в Японском и Охотском морях, составляет порядка 10^4 особей в год (Рыбникова, 1999). Причем при равном уровне генетического дифференцирования в небольших популяциях существует более высокий темп миграций, чем в многочисленных (Beacham et al., 2002).

Учитывая материалы съемок 2009–2016 гг. и данные предыдущих исследований, можно констатировать, что кроме зависимости величины биомассы от урожайности поколений в каждой из рассматриваемых популяций сельди, влияние на нее оказывают взаимные миграции в сопредельных районах обитания.

Популяции рыб, связанные друг с другом посредством миграций, функционируют на уровне метапопуляции. У атлантической сельди и в некоторых стадах тихоокеанской сельди было обнаружено, что в метапопуляции миграции оказывают некоторый эффект на динамику локальной популяции, но ее биологические особенности и устойчивость во времени сохраняются (McQuinn, 1997; Gustafson et al., 2006). К признакам метапопуляции также относят явление «исчезновения–реколонизации» в некоторых локальностях (Hay, McCarter, 2004), при этом восстановлению численности способствуют не только взаимные миграции или урожайные поколения в каждой из составляющих частей, иногда высокочисленное пополнение в одной из них распространяется по всему региону (Huse et al., 2002). Важной составляющей формирования метапопуляции, согласно гипотезы «принятого мигранта», является вовлечение части особей после нагула на нерестилища других популяций (McQuinn, 1997; Gustafson et al., 2006).

Для сельди, обитающей в северо-западной части Японского моря — от зал. Петра Великого до материкового побережья Татарского пролива, также обнаруживаются следующие черты, характерные для метапопуляции. Если производители подходят на нерест к определенным прибрежным районам, то в период нагула эти сельди связаны миграциями, приводящими к появлению мигрантов и на нерестилищах. При существующем уровне миграций сельди зал. Петра Великого и декастринская сохраняют свойственную им динамику численности. Пластуно-нельминская сельдь испытывает наибольшее влияние мигрантов, проявляющееся в ее периодическом исчезновении и возобновлении; источниками восстановления являются как соседние популяции сельди — зал. Петра Великого и декастринская, так и сахалино-хоккайдская.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам донных съемок 2009–2016 гг. установлено, что в подзоне Приморье распределение запасов сельди происходит неравномерно по районам в межгодовом аспекте, что связано с наличием здесь трех популяций сельди с различающейся динамикой численности: южной, в зал. Петра Великого, и более северных — пластуно-нельминской и декастринской.

Наибольшие оценки биомассы были получены в 2009 и 2015 гг. в западной части Татарского пролива, где в эти годы были обнаружены скопления молоди. В 2010–2014 и 2016 гг. основные запасы были сосредоточены в зал. Петра Великого в связи с формированием относительно многочисленных генераций. Район от м. Поворотного до м. Золотого в исследуемые годы характеризовался наименьшей величиной биомассы сельди; сравнительный анализ возрастного состава показал как наличие демографического влияния соседних популяций на численность сельдей этого района, так и появление также относительно урожайных местных поколений.

Несмотря на то, что рассматриваемые нами популяции располагают нерестилищами в определенных прибрежных районах, они связаны миграциями. Смешиваясь в нагульный период, часть производителей может подходить на нерестилища соседних популяций. Существующий уровень миграций позволяет сельдям зал. Петра Великого и декастринской популяции сохранять свойственную им динамику

численности. Пластуно-нельминская сельдь испытывает наибольшее влияние мигрантов, проявляющееся в периодическом исчезновении и возобновлении этого стада; источниками восстановления являются как соседние популяции сельди — зал. Петра Великого и декастринская, так и сахалино-хоккайдская.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аксютина З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-сть. 289 с.

Амброз А.И. 1931. Сельдь (*Clupea harengus pallasi* C. V.) залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. Т. 6. 313 с.

Варварин И.А. 1946. Жирующая сельдь южной части Татарского пролива // Изв. ТИНРО. Т. 22. С. 3–34.

Веденский А.П. 1957. Наблюдения над поведением сельди в Татарском проливе // Изв. ТИНРО. Т. 45. С. 17–28.

Гаврилов Г.М. 1998а. Состав, динамика численности и промысел рыб в экономической зоне России и прилегающих водах Японского моря // Изв. ТИНРО-Центра. Т. 124. С. 271–319.

Гаврилов Г.М. 1998б. Сезонная и межгодовая изменчивость в распределении сельди Северного Приморья // Изв. ТИНРО-Центра. Т. 124. С. 758–764.

Дружинин А.Д. 1960. О распределении и поведении нагульной сельди в водах Сахалина // Сб. работ по биологии, технике рыболовства и технологии. Южно-Сахалинск: СахТИНРО. Вып. 1. С. 3–14.

Дружинин А.Д. 1962. Биологическая характеристика нагульной сельди в водах Сахалина. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Калининград. 32 с.

Ившина Э.Р. 2008. Основные черты биологии и современное состояние запасов сельди (*Clupea pallasii* Valenciennes, 1847). Автореф. дис. …канд. биол. наук. Южно-Сахалинск. 19 с.

Измятинский Д.В. 2005. Характеристика сообщества рыб элиторали залива Петра Великого (Японское море) в период гидрологического лета // Вопр. ихтиологии. Т. 45. № 3. С. 315–323.

Кагановский А.Г. 1938. К вопросу о состоянии сельдевых стад Приморья // Изв. ТИНРО. Т. 14. С. 19–34.

Калчугин П.В., Вдовин А.Н. 2000. Некоторые аспекты внутривидовой дифференциации тихоокеанской сельди (*Clupea pallasi*) в водах Приморья // Изв. ТИНРО-Центра. Т. 127. С. 166–170.

Нагульная сельдь. 2010. Путинный прогноз. Владивосток: ТИНРО-Центр. 60 с.

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

Пискунов И.А. 1947. Некоторые данные о состоянии стада сельди зал. Декастри // Изв. ТИНРО. Т. 25. С. 230–236.

Пушникова Г.М. 1996. Промысел и состояние запасов сельди присахалинских вод // Науч. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз. Вып. 8. С. 34–43.

Румянцев А.И., Фролов А.И., Козлов Б.М. 1958. Миграции и распределение сельдей в водах Сахалина. М.: ВНИРО. 44 с.

Рыбникова И.Г. 1999. Популяционная структура тихоокеанской сельди *Clupea pallasi* (Valenciennes) Японского и Охотского морей. Автореф. дис. …канд. биол. наук. Владивосток. 23 с.

Beacham T.D., Schweigert J.F., MacConnachie C., Le K.D., Labaree K., Miller K.M. 2002. Population structure of herring (*Clupea pallasi*) in British Columbia determined by microsatellites, with comparisons to southeast Alaska and California. Fisheries and Oceans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat.

Gustafson R.G., Drake J., Ford M.J., Myers J.M., Holmes E.E., Waples R.S. 2006. Status review of Cherry Point Pacific herring (*Clupea pallasii*) and updated status review of the Georgia Basin Pacific herring distinct population segment under the Endangered Species Act. Seattle, WA, Northwest Fisheries Science Center: 182.

McQuinn I.H. 1997. Metapopulations and the Atlantic herring // Rev Fish Biol Fisher 7(3): 297–329.

Hay D.E., McCarter P.B. 2004. Herring spawn areas of British Columbia: a review, geographic analysis and classification. Revised edition 2004 (HTML format). Retrieved December 2004, from http://www.pac.dfompo.gc.ca/sci/herring/herspawn/pages/project_e.htm.

Huse G., Railsback S., Ferno A. 2002. Modelling changes in migration pattern of herring: collective behaviour and numerical domination // J. Fish Biol. 60(3): 571–582.

УДК 597.587.9 (265.54)

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ КАМБАЛ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ

З.Г. Иванкова

Ст. н. с., к. б. н.; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, Шевченко, 4
Тел./факс: (423) 240-03-07, 240-07-30. E-mail: zoya.ivankova@tinro-center.ru

КАМБАЛЫ, ЗАПАСЫ, ВИДОВОЙ СОСТАВ УЛОВОВ, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, СЕВЕРНОЕ ПРИМОРЬЕ

Проанализированы видовой состав, динамика численности и состояние запасов камбал в зал. Петра Великого и водах Северного Приморья в 2000–2016 гг. Отмечено, что запасы камбал в водах Северного Приморья выше, чем в зал. Петра Великого.

THE POPULATION DYNAMICS AND THE STATE OF FLATFISH STOCKS IN THE NORTHWEST PART OF THE SEA OF JAPAN

Z.G. Ivankova

Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Pacific Research Fisheries Center
690091, Vladivostok, Shevchenko, 4
Tel., fax: (423) 240-03-07, 240-07-30. E-mail: zoya.ivankova@tinro-center.ru

FLATFISH, STOCKS, SPECIES COMPOSITION OF CATCHES, PETER THE GREAT BAY, NORTHERN PRIMORYE REGION

Species composition, population dynamics and state of flatfish stocks in Peter the Great Bay and in the waters of Northern Primorye region for the period 2000–2016 were analyzed. The stocks of flatfish in the waters of the Northern Primorye region are higher comparing stocks in Peter the Great Bay.

Камбаловые (Pleuronectidae) — традиционный объект промысла в северо-западной части Японского моря. Промысел камбал стал развиваться в зал. Петра Великого с первой половины XX века (с 1929 г.), когда на Дальнем Востоке появились первые паровые траулеры (Моисеев, 1953). Одновременно началось изучение их биологии, распределения, динамики численности, а также влияния промысла и естественных факторов на численность и структуру их популяций (Моисеев, 1953; Минева, 1967; Иванкова, 1979, 1988, 2000, 2012).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В водах Северного Приморья (от м. Поворотного до м. Золотого), в отличие от зал. Петра Великого, планомерных исследований не проводилось, и промысел велся нерегулярно. Наша цель — изучение динамики численности и состояния запасов камбал в зал. Петра Великого и Северном Приморье в начале XXI века (в 2000–2016 гг.). Сообщение основано на материалах, собранных в период проведения ежегодных донных траловых съемок по оценке запасов рыб в указанных районах. Для характеристики структуры популяций привлечены и материалы, собранные с промысловых уловов.

Траловые съемки выполнялись на МРТК «Янтарь», НИС «Профессор Кизеветтер» и РК МРТ «Бухоро» с применением донных тралов в основном двух модификаций (ДТ/ТВ 21.3 и 27.1-метровым), вооруженных мягким грунтропом, с ячеей 30 мм. Обследовались глубины от 20 до 800 м в весеннее время, в период продвижения камбал с мест зимовок с больших глубин на мелководье, и от 5 до 340 м в летний (нерестово-нагульный) период, когда камбалы находятся в процессе нереста и нагула и распределяются на обширной акватории. Всего проанализировано 1750 тралений в зал. Петра Великого и 2000 в Северном Приморье. Биомассу камбал определяли методом площадей (Аксютина, 1968). Вылов взят из данных ССД ФГБУ «Центр системы мониторинга и связи» с использо-

ванием системы «Рыболовство». Коэффициенты уловистости для всех видов камбал, кроме колючей: с массой тела более 100 г — 0,5, с массой 30–100 г — 0,4. Учитывая, что колючая камбала по своим биологическим показателям несколько отличается от других видов камбал, для нее были приняты коэффициенты уловистости при тех же показателях массы тела 0,4 и 0,3.

В настоящее время отмечено некоторое снижение запасов камбал в водах Приморья.

За весь период наблюдений в водах Приморья зарегистрировано до 24 видов камбаловых (Новиков и др., 2002; Фадеев, 2005), но в уловах, как правило, встречаются 10–12 видов. По численности и биомассе обычно преобладают 3, реже 4–5 видов. Многовидовая структура скоплений позволяет в течение длительного периода осуществлять промысел рыб даже при значительном уменьшении их численности. В северо-западной части Японского моря обитают камбалы, которые являются как прибрежными, так и сравнительно глубоководными объектами промысла, и имеют значительные различия в условиях нереста, питании и в распространении (Моисеев, 1953).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристику состояния запасов камбал рассмотрим отдельно по зал. Петра Великого и Северному Приморью. В 60-е годы XX века начал развиваться отечественный промысел камбал в Северном Приморье. Вылов в этом районе совместно с японским в первой половине 1980-х годов достигал 8,0–9,0 тыс. т в год, хотя японский промысел здесь развивался с 1930-х годов довольно успешно, и их уловы были сопоставимы с отечественными (Гаврилов, 1998).

В зал. Петра Великого в начале организации промысла, когда популяции камбал находились в естественном состоянии, запасы их оценивались в 30–35 тыс. т (Моисеев, 1953). В дальнейшем, в связи с развитием интенсивного промысла, особенно с начала сороковых годов XX века, к середине шестидесятых промысловый запас уменьшился приблизительно в 5 раз (1967 г.) и составил 5,7 тыс. т (Минева, 1967). Запрет промысла, действовавший в течение 8 лет (1967–1974 гг.), оказал положительное влияние на состояние запасов и привел к их увеличению до 25–28 тыс. т (Иванкова, 1979). В период запрета осуществлялся контрольный лов камбал двумя судами типа МРС-80. Дальнейшее регулирование промысла оказало положительное влияние на восстановление запасов, и на протяжении длительного периода промысловый запас всех видов камбал в зал. Петра Великого сохранялся на уровне 20–25 тыс. т. С 1980 по 1986 гг. наблюдался дальнейший рост запасов с 25,0 до 31,9 тыс. т — это были максимальные цифры запасов камбал. Начиная с 1988 г., отмечалось некоторое сокращение запасов, которые колебались от 19,4 до 23,1 тыс. т и были ниже среднемноголетнего значения (в 1980–1997 гг. составляло 23,9 тыс. т (Иванкова, 2000)).

Рациональное ведение промысла камбал после восстановления запасов позволяло сохранять их численность в XX веке на относительно высоком уровне довольно долгое время. Рациональное ведение промысла помимо ежегодного соблюдения ОДУ включало также ведение промысла с 1 июля, когда основная масса рыб отнерестится, и есть разбивка ОДУ по районам промысла в зависимости от состояния запасов, а также запрет промысла согласно Правил рыболовства (1980) на «Аскольдовской банке» в районе зимовки камбал. Такие меры регулирования промысла оказали положительное влияние на численность и структуру популяций камбал зал. Петра Великого и привели к стабилизации их запасов. В наступившем столетии отмечается значительное сокращение запасов камбал в зал. Петра Великого, на наш взгляд, вызванное наряду с другими причинами и слаборегулируемым промыслом. Ослабление регулирования промысла в 90-е годы, можно сказать нерегулируемый бесконтрольный браконьерский промысел, в том числе и на зимовальной «Аскольдовской банке», в период начавшейся перестройки, отрицательно сказались на всем сообществе камбал залива (Иванкова, 2012).

Как уже неоднократно отмечалось, промысел камбал является многовидовым. В динамике видового состава камбал в зал. Петра Великого можно выделить несколько периодов. Основным промысловым видом здесь в начальный период промысла была желтоперая камбала (*Limanda aspera,* до 70%), в 50–60-е преобладала малоротая (*Glyptocephalus stelleri,* до 30%) (Моисеев, 1953; Минева, 1967; Иванкова, 1979, 1988). В последующие годы, в связи с возникшим переловом и вследствие этого уменьшением численности и установлением запрета промысла камбал на 8-летний период (1967–1974 гг.), произошли существенные изменения и в соотношении видов: наблюдалось увеличение доли желтоперой камбалы с одновременным уменьшением малоротой. Нами отмечалось положительное влияние 8-летнего запрета промысла на численность и структуру популяций камбал в зал. Петра Великого (Иванкова, 1979). Восьмидесятые годы можно назвать периодом расцвета желтоперой камбалы, когда она составляла до 50% от численности всех видов камбал. В 90-е годы отмечалось

некоторое уменьшение численности этого вида и увеличение малоротой и японской (*Pseudopleuronectes yokohamae*). В начале XXI века отмечались изменения как в соотношении видов в промысловых уловах, так и в структуре популяций.

Нами проанализирована динамика численности наиболее значимых в промысловом отношении в настоящее время видов камбал в зал. Петра Великого. По биомассе на первом месте стоит малоротая камбала. С 2001 г. по настоящее время запасы ее изменялись от 0,7 тыс. т (2003 г.) до 7,0 тыс. т (2015 г.) (табл. 1). За 16-летний период исследований среднемноголетнее значение запасов составило 2,7 тыс. т. Четкой динамики в состоянии запасов малоротой камбалы не прослеживается, несмотря на то, что съемки ежегодно проводились по стандартной сетке станций и в один и тот же сезон, нерестово-нагульный. На втором месте по запасам — желтополосая камбала (*Pseudopleuronectes herzensteini*). Биомасса ее изменялась от 1,1 тыс. т (2009 г.) до 3,7 тыс. т (2016 г.), составив в среднем 2,5 тыс. т. Третье место по биомассе за анализируемый период занимает японская камбала. Наибольшая ее биомасса (5,4 тыс. т) отмечена в 2014 г., наименьшая (0,5 тыс. т) — в 2006 г., среднее значение составляло 2,1 тыс. т. Из глубоководных видов следует отметить колючую (*Acanthopsetta nadeshnyi*) и палтусовидную (*Hippoglossoides dubius*) камбал, средние значения биомасс которых были равны 2,3 и 1,7 тыс. т.

Следует остановиться на желтоперой камбале зал. Петра Великого, мониторинг которой осуществляется с момента организации камбального промысла, принимая во внимание, что это был самый многочисленный вид в заливе, периодически занимающий доминирующее положение в промысловых уловах. В 2001–2007 гг. наблюдалось пониженное состояние запасов этого вида (менее 1,0 тыс. т). Начиная с 2008 г., наметилось некоторое их повышение (с 1,0 тыс. т до 1,5 тыс. т), а с 2015 г. снова их снижение. Средняя численность составила 1,0 тыс. т.

Как уже отмечалось (Иванкова, 2000, 2009; Ivankova, 1995), численность желтоперой и малоротой камбал находится в противофазе: при увеличении численности желтоперой уменьшается численность малоротой, и наоборот: при увеличении численности малоротой отмечается уменьшение численности желтоперой. Противофазную природу формирования численности желтоперой и сахалинской камбал западнокамчатского шельфа отмечал Ю.П. Дьяков (1991). Установлена 7–8-летняя цикличность в чередовании урожайных и неурожайных поколений. Эта закономерность подтверждается и в настоящее время. Оставшиеся пять видов (полосатая *Liopsetta pinnifasciata,* остроголовая *Cleisthenes herzensteini*, длиннорылая *Limanda punctatissima*, звездчатая *Platichthys stellatus* и белобрюхая *Lepidopsetta mochigarei* камбалы) постоянно присутствовали в уловах, но запасы их были невелики, за исключением полосатой и остроголовой камбал, средние значения биомасс которых составили 1,2 тыс. т и 1,1 тыс. т соответственно (табл. 1).

В целом запасы камбал в зал. Петра Великого в 2001–2016 гг. изменялись от 8,3 тыс. т (2006 г.) до 25,6 тыс. т (2011 г.), составив в среднем 16,3 тыс. т, что несколько ниже среднемноголетних значений — 23,9 тыс. т (Иванкова, 2000) (рис. 1). Можно констатировать, что в наступившем столетии запасы камбал в зал. Петра Великого уменьшились в сравнении с 80–90-ми годами XX века. В зал. Петра Великого траловые съемки проводились в основном в летнее время в период воспроизводства и нагула камбал, когда они полностью облавливаются в территориаль-

Таблица 1. Биомасса камбал (тыс. т) в зал. Петра Великого по результатам донных траловых съемок

Годы	G.s.	A.n.	H.d.	P.y.	P.h.	C.h.	L.a.	L.p.	P.s.	L.m.	L.p.*	Итого
2001	2,9	1,2	1,1	5,3	1,5	1	0,9	0,9	0,5		0,6	15,9
2002	5,6	1,8	2,2	3	2,5	1,1	1,3	0,7	0,7		1,4	20,3
2003	0,7	1	0,6	2,1	2,4	1,6	0,3	0,5	0,1		2,1	11,4
2004	1,5	1,4	0,9	0,8	2,1	1,2	0,5	0,5	0,1		1,3	10,3
2005	1,6	1,5	0,6	1,2	1,5	0,9	0,5	0,4	0,2		0,8	9,2
2006	1,5	2,5	1,1	0,5	1,1	0,3	0,4	0,2	0,1		0,6	8,3
2007	1,3	3	1,3	0,8	1,9	1	0,7	0,6	0,2		0,7	11,5
2008	2,3	2,3	2	1,6	2,4	3,8	1	1	0,2		1,3	17,9
2009	2,4	1,2	1,3	2,2	2,3	1,1	1,1	1	0,3		1,7	14,6
2010	1,9	1,3	1,7	2,3	2,4	0,7	0,8	0,7	0,3		2,1	14,2
2011	4,4	2,8	2,7	3,6	3,7	2,1	1,3	1,1	0,4		3,5	25,6
2012	3	3,1	2,5	4,8	3,6	1	1,4	3	0,3		1,3	24
2013	2,5	4,1	2,2	3,2	2,7	1	1,3	0,7	0,2	0,1	1,1	19,1
2014	3	3,1	2,5	4,7	3,6	1	1,5	3	0,3		1,3	24
2015	7	6,6	1,4	0,4	4,7	0,4	0,8	0,5	0,2	0,1	0	22,1
2016	1,2	1,9	1,1	1,8	3,7	0,8	0,6	0,8	0,3		0	12,2
Средн.	2,7	2,3	1,4	2,1	2,5	1,1	0,9	0,8	0,3	0,1	1,2	16,3

Примечание: G.s. — малоротая камбала; A.n. — колючая; H.d. — палтусовидная; P.y. — японская; P.h. — желтополосая; C.h. — остроголовая; L.a. — желтоперая; L.p. — длиннорылая; P.s. — звездчатая; L.m. — белобрюхая; L.p. — полосатая

ном море и соответственно отражают истинную картину состояния запасов.

В Северном Приморье, как уже отмечалось, планомерных исследований, в отличие от зал. Петра Великого, не проводилось. В прошедшем столетии рейсы выполнялись нерегулярно, особенно в 1990-е годы, в связи с трудным экономическим положением в стране. Исследования биологии камбал начались гораздо позже, чем в зал. Петра Великого. В литературе имеются отрывочные сведения о камбалах этого района (Фадеев, 1971; Борец, 1990; Иванкова, 2002; Антоненко, 2007). В 1967 г. в зимнее время в период рейса в уловах здесь преобладали малоротая (78%) и колючая (18%) камбалы. В 1983–1984 гг. было отмечено 11 видов также с доминированием камбал колючей (54%), малоротой (21%) и палтусовидной (16%). На долю остальных семи видов пришлось всего 9%. Эпизодические съемки с середины 80-х годов по 2004 г. показали наличие в уловах 12 видов камбал с преобладанием колючей (51,2–69,4%) и малоротой (18,9–32,3%), доля палтусовидной составляла 2,8–7,2%. Анализируя динамику соотношения видов в наступившем столетии, отметим, что в траловых уловах в период выполнения донной траловой съемки из зарегистрированных 11–12 видов камбал доминирующим видом остается колючая камбала. Биомасса ее изменялась с 5,3 тыс. т (2002 г.) до 17,7 тыс. т в 2016 г., средняя биомасса за анализируемый период составила 24,9 тыс. т (табл. 2). Биомасса малоротой камбалы, занимающей второе место, была невысокой в первой половине 2000-х годов, затем отмечалось ее повышение, средняя биомасса составила 8,4 тыс. т. Из оставшихся 10 видов следует отметить палтусовидную, желтополосую и японскую камбалы, средняя

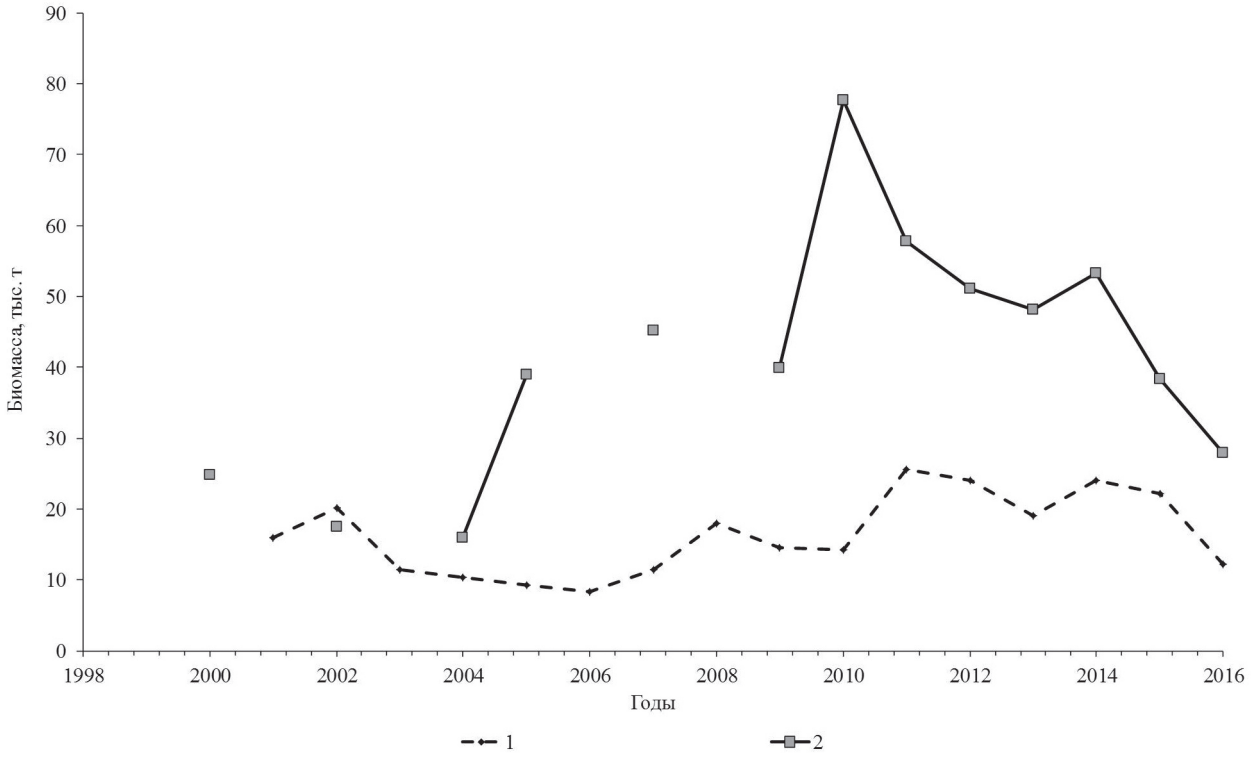


Рис. 1. Биомасса камбал в водах Приморья в 2000–2016 гг. 1 — зал. Петра Великого, 2 — Северное Приморье

Таблица 2. Биомасса камбал (тыс. т) в Северном Приморье по результатам донных траловых съемок

Годы	G.s.	A.n.	H.d.	P.y.	P.h.	C.h.	L.a.	L.p.	P.s.	L.m.	P.g.	Итого
2000	6	7,8	3,5	2,1	3,1	1,2	0,9	0	0	0,2		24,8
2002	6,8	5,3	1,4	2,5	1	0,21	0,2	0,1	0,1	0,1		17,7
2004	0,7	12,3	1,2	1	0,6	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	16
2005	2,7	28,6	2,7	3,7	0,9	0,03	0,03	0,03	0,2	0,01		38,9
2007	3,1	39	1,9	0,9	0,1	0,05	0,02	0,05	0,05	0,03		45,2
2009	9,4	24,6	1,3	0,9	2,4	0,3	0,5	0,2	0,2	0,1		39,9
2010	22,8	29,5	5,4	9,3	7,1	1,9	1,1	0,2	0,2	0,1		77,6
2011	14,4	38,6	1,4	1,1	1,8	0,1	0,1	0,1	0,1			57,7
2012	7,9	28,9	3,3	1,8	5,6	0,6	1,9	0,9	0,1	0,1		51,1
2013	11,8	30,1	2	0,6	2,7	0,1	0,6	0,1	0,1	0,1		48,2
2014	13,1	33,3	2,2	0,7	3	0,1	0,7	0,1	0,05	0,05		53,3
2015	4,9	28,3	1,5	1,7	1,6	0,1	0,2	0,05	0,05			38,4
2016	6	17,7	1,8	0,7	1,3	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05		27,9
Средн.	8,4	24,9	2,5	2,1	2,4	0,4	0,5	0,1	0,1	0,07	0,03	41,5

Примечание: Обозначения те же, что в табл. 1; P.g — желтобрюхая (*Pleuronectes guadrituberculatus*)

биомасса которых за анализируемый период составила 2,5, 2,4 и 2,1 тыс. т соответственно. Биомасса остальных видов камбал, хотя они и присутствуют в уловах, невелика (0,03–0,5 тыс. т) (табл. 2).

Биомасса камбал в Северном Приморье в 80–90-е годы находилась на стабильном уровне и не испытывала особых колебаний, изменяясь от 17,6 тыс. т (1983 г.) до 27,7 тыс. т (1998 г.). Биомасса камбал в 2000–2016 гг. в этом районе варьировала от 15,95 тыс. т (2004 г.) до 77,6 тыс. т (2010 г.). С 2011 г. отмечалось некоторое снижение запасов: до 27,9 тыс. т (2016 г., рис. 1). Средний запас за этот период составил 41,3 тыс. т (для сравнения: за последние 20 лет XX века эта величина была равна 22,6 тыс. т). Такое увеличение запасов можно объяснить, на наш взгляд, тем, что возросла глубина тралений до 700–800 м, тогда как в XX веке работы выполнялись, в основном, до 500 м. Сроки проведения съемок также не совпадают, чаще всего охватывая зимне-весенний период, когда камбалы находятся на зимовальных банках или на пути миграций для воспроизводства и нагула. К тому же, в связи с «Законом о государственной границе», нарушалась методика выполнения съемки: «открытие» и «закрытие» границы не позволяли выполнять разрезы последовательно, согласно рейсового задания, и поэтому одни и те же скопления могли облавливаться дважды. В связи с этим у камбал в Северном Приморье оценка биомасс значительно выше, чем в зал. Петра Великого. На это ранее указывали и А.Н. Вдовин с соавтором (2012). Проведение траловых съемок по сетке станций без «открытия» и «закрытия» границ повлияло на качество работ, и биомасса камбал в 2015 г. составила 38,4 тыс. т, а в 2016 г. — 27,9 тыс. т. Есть основание полагать, что эти цифры биомасс отражают истинную картину состояния запасов камбал в настоящее время.

Промысел камбал сейчас осуществляется средне- и малотоннажными судами типа МРС, РС, ММРС, ММРСР, ММТБ и др. В последние годы промыслом камбал, как и других рыб, заняты не более 10–12 судов с применением снюрреводов и тралов. Рекомендованный вылов в водах Приморья в 2000–2016 гг. варьировал от 13,6 тыс. т до 22,1 тыс. т. В последние годы в связи с напряженным состоянием запасов он снизился до 14–15 тыс. т. Фактический вылов гораздо ниже, и освоение составляло 25–35% (3,7–7,3 тыс. т).

При сравнении биомассы камбал зал. Петра Великого и Северного Приморья следует отметить, что во втором районе этот показатель значительно выше, но он складывается в основном из колючей и малоротой, тогда как в зал. Петра Великого он формируется четырьмя–шестью видами (табл. 1 и 2), но биомасса их невелика. Анализируя рисунок, можно заметить, что с 2011 г. отмечается некоторая синхронность в ходе изменения биомасс камбал зал. Петра Великого и Северного Приморья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Видовой состав уловов и структура популяций камбал в зал. Петра Великого и Северном Приморье различаются. Запасы камбал за анализируемый период в Северном Приморье выше, чем в зал. Петра Великого. Исходя из структуры популяций и состояния запасов рассмотренных видов рыб, есть основание полагать, что значительного увеличения запасов камбал в ближайшие годы не произойдет.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит зав. сектором изучения шельфовых донных рыб лаборатории ресурсов дальневосточных и арктических морей С.Ф. Соломатова, а также сотрудников этого сектора В.А. Нуждина, В.В. Панченко, М.И. Бойко, П.В. Калчугина за помощь в сборе и обработке материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аксютина З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-сть. 289 с.

Антоненко Д.В. 2007. Многолетняя динамика видового состава и обилия камбал в водах Приморья (Японское море) // Вопр. ихтиологии. Т. 47. № 2. С. 188–195.

Борец Л.А. 1990. Состав и биомасса донных рыб на шельфе Японского моря // Биология шельфовых и проходных рыб. Владивосток: ИБМ ДВО РАН. С. 59–65.

Вдовин А.Н., Соломатов С.Ф. 2012. Многолетняя динамика запасов рыб в морских водах Приморья // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Матер. III Всерос. науч.-практ. конф. (20–22 марта 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 178–182.

Гаврилов Г.М. 1998. Состав, динамика численности и промысел рыб в экономической зоне России и прилегающих водах Японского моря // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 124. С. 271–319.

Дьяков Ю.П. 1991. О выживаемости поколений западнокамчатских камбал // Исслед. биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: КО ТИНРО. Вып. 1. Ч. 1. С. 151–166.

Иванкова З.Г. 1979. Изменения структуры и воспроизводство популяций камбал залива Петра Великого в условиях регулирования их промысла: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Москва. 24 с.

Иванкова З.Г. 1988. Современное состояние запасов и перспективы промысла камбал залива Петра Великого / Изменчивость состава ихтиофауны, урожайности поколений и методы прогноза запасов рыб в сев. части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО. С. 56–63.

Иванкова З.Г. 2000. Биология и состояние запасов камбал залива Петра Великого. 1. Желтоперая и малоротая камбалы // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 127. С. 188–202.

Иванкова З.Г. 2002. Современное состояние запасов камбал северо-западной части Японского моря // Прибрежное рыболовство – XX1 век: Матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Южно-Сахалинск, 19–21 сентября 2001 г.). Труды СахНИРО. Т. 3. Ч. 1 и 2. С. 35–38.

Иванкова З.Г. 2009. Динамика численности основных промысловых видов камбал залива Петра Великого // Матер. III Междунар. науч-практич. конф. «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки» (Владивосток, 8–10 сентября 2008 г.). Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 30–37.

Иванкова З.Г. 2012. Современное состояние запасов и структура популяций основных промысловых видов камбал в заливе Петра Великого (Японское море) // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Матер. III Всерос. науч.-практ. конф. (20–22 марта, 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 199–202.

Минева Т.А. 1967. Некоторые изменения в стаде камбал залива Петра Великого под воздействием промысла // Тр. Дальрыбвтуза. Вып. 5. С. 143–155.

Моисеев П.А. 1953. Треска и камбалы дальневосточных морей // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 40. С. 119–227.

Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. 2002. Рыбы Приморья. Владивосток: Дальрыбвтуз, ИБМ ДВО РАН. 560 с.

Фадеев Н.С. 1971. Некоторые данные о камбалах, обитающих в Татарском проливе у побережья Северного Приморья // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 76. С. 45–61.

Фадеев Н.С. 2005. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр. 366 с.

Ivankova Z.G. 1995. Dynamics of the flounder populations in the northwest Japan Sea // Internat. Sympos. on North Pacific Flatfish. October 26–28, 1994. Anchorage, Alaska. P. 443–449.

УДК 595.384.12

СТРУКТУРА ПОСЕЛЕНИЯ ПРОМЫСЛОВОЙ КРЕВЕТКИ *PANDALUS LATIROSTRIS* (CRUSTACEA) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Л.Г. Седова, Л.Л. Будникова

Вед. н. с., к. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Тел., факс: (423) 230-07-51. E-mail: ludmila.sedova@tinro-center.ru, ludmila.budnikova@tinro-center.ru

PANDALUS LATIROSTRIS, РАЗМЕРНАЯ СТРУКТУРА, СООТНОШЕНИЕ ДЛИНЫ И МАССЫ ТЕЛА, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ

Изучен состав поселения *Pandalus latirostris* в июне–октябре 2014–2015 гг. в районе о. Рейнеке залива Петра Великого (Японское море). Промысловая длина креветок варьировала от 11 до 124 мм, масса особей достигала 28 г. Наибольшие средние размеры креветки имели в октябре, наименьшие — в июле–августе, что связано с естественным пополнением популяции молодью.

THE STRUCTURE OF THE SETTLEMENT OF *PANDALUS LATIROSTRIS* (CRUSTACEA) IN THE PETER THE GREAT BAY (THE SEA OF JAPAN)

L.G. Sedova, L.L. Budnikova

Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Senior Scientist, Ph. D. (Biology);
Pacific Scientific Research Fisheries Center (TINRO-Center)
690091, Vladivostok, Shevchenko Alley, 4
Tel.: (423) 230-07-51. E-mail: ludmila.sedova@tinro-center.ru, ludmila.budnikova@tinro-center.ru

PANDALUS LATIROSTRIS, SIZE COMPOSITION, RELATIONSHIP BETWEEN THE SPECIES SIZE AND BODY MASS, PETER THE GREAT BAY, THE SEA OF JAPAN

The structure of the *Pandalus latirostris* settlement near the Reineke Island of Peter the Great Bay (the Sea of Japan) in June–October 2014–2015 was studied. The commercial length of the shrimps varied from 11 to 124 mm, the individual weight reached 28 g. The highest mean length and weight of the shrimps was observed in October, the smallest – in July–August, what depended on recruiting the young shrimps into the adult stock.

Травяная креветка *Pandalus latirostris* Rathbun, 1902 населяет верхний горизонт сублиторальной зоны, от 0,5 до 12 м. В летнее время креветки держатся среди зарослей морской травы зостеры; холодный период времени проводят в малоподвижном состоянии, зарывшись в ее корневища на глубине 4–9 м (Дерюгин, 1939; Волова, Микулич, 1963; Паймеева, 1973, 1974). *P. latirostris* является протандрическим гермафродитом со сменой пола (Иванов, Стрелков, 1949; Табунков, 1973; Лысенко, 1987; Ковалева, Калинина, 2014; и др.). Все молодые креветки становятся вначале половозрелыми самцами в возрасте двух лет, а затем меняют пол и в начале 3-го года поздней осенью превращаются в самок.

В зал. Петра Великого до 1980-х годов насчитывалось до 55 поселений травяной креветки (Микулич, Ефимкин, 1982). Численность ее во многих районах залива была достаточно высокой, что позволяло вести промысел. В 1933–1938 гг. ежегодный вылов травяной креветки в прибрежной зоне зал. Петра Великого и других районов Приморья составлял около 45 т (Таранец, 1938). За 1972 и 1973 гг. было выловлено 10,2 и 8,4 т соответственно (Микулич, Ефимкин, 1982). Существовавшие скопления к 1977 г. утратили свое промысловое значение под влиянием различных факторов (неучтенного лова, неблагоприятных природных условий). В связи с этим в Приморском крае (южнее мыса Золотого) был введен запрет на ее специализированный промысел.

В настоящее время вылов травяной креветки осуществляется для научно-исследовательских целей и при любительском рыболовстве (Правила рыболовства.., 2016). В то же время местоположение основных ее скоплений в зал. Петра

Великого, в том числе и в районе о. Рейнеке, где заросли морской травы не нарушены, с 1960-х годов не претерпело значительных изменений (Микулич, Ефимкин, 1982; Состояние промысловых ресурсов, 2016).

Несмотря на достаточно большое количество работ, посвященных биологии травяной креветки, нет полного представления о современном состоянии и размерном составе ее поселений в зал. Петра Великого. Цель работы — исследование структуры поселения травяной креветки в зал. Петра Великого.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал для определения размерного состава поселения травяной креветки собирали в акватории о. Рейнеке (зал. Петра Великого) в июне–октябре 2014–2015 гг. Вылов креветки осуществляли сачками и специализированными ловушками в зарослях зостеры на глубине 1–9 м.

При проведении биоанализа измеряли биологическую и промысловую длину. Промысловая длина измерялась от заднего края глазной впадины до конца тельсона, биологическая — от конца рострума до конца тельсона (с точностью до 1 мм). Индивидуальная масса определялась на динамических или чашечных весах с точностью до 0,5 г. Проанализировано 925 особей травяной креветки. Соотношение между промысловой (Lpr, мм) и биологической (Lb, мм) длиной тела описывали линейной функцией: $Lpr = a + b \times Lb$; между индивидуальной массой (W, г) и Lpr (мм) — степенной: $W = a \times L^b$, где «a», «b» — константы уравнений (Алимов, 1989).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В районе о. Рейнеке травяная креветка встречалась размером от 11 до 124 мм (промысловая длина), при этом биологическая длина варьировала в пределах 22–162 мм, а индивидуальная масса достигала 28 г. Наибольшие средние размеры креветки имели в октябре: Lpr = 88,0±1,0 мм (2014 г.) и 73,4±3,0 мм (2015 г.), наименьшие — в июле 2014 г. (28,8±2,5 мм) и августе 2015 г. (34,1±1,2 мм) (рис. 1). В июне средние размеры креветок имели сходные значения, в июле и сентябре более крупные особи были отмечены в 2015 г., а в августе и октябре — в 2014 г. Такое же соотношение установлено для биологической длины и индивидуальной массы особей (рис. 1).

Промысловая длина (Lpr, мм) тела травяной креветки находится в прямой зависимости от биологической длины (Lb, мм) (рис. 2):

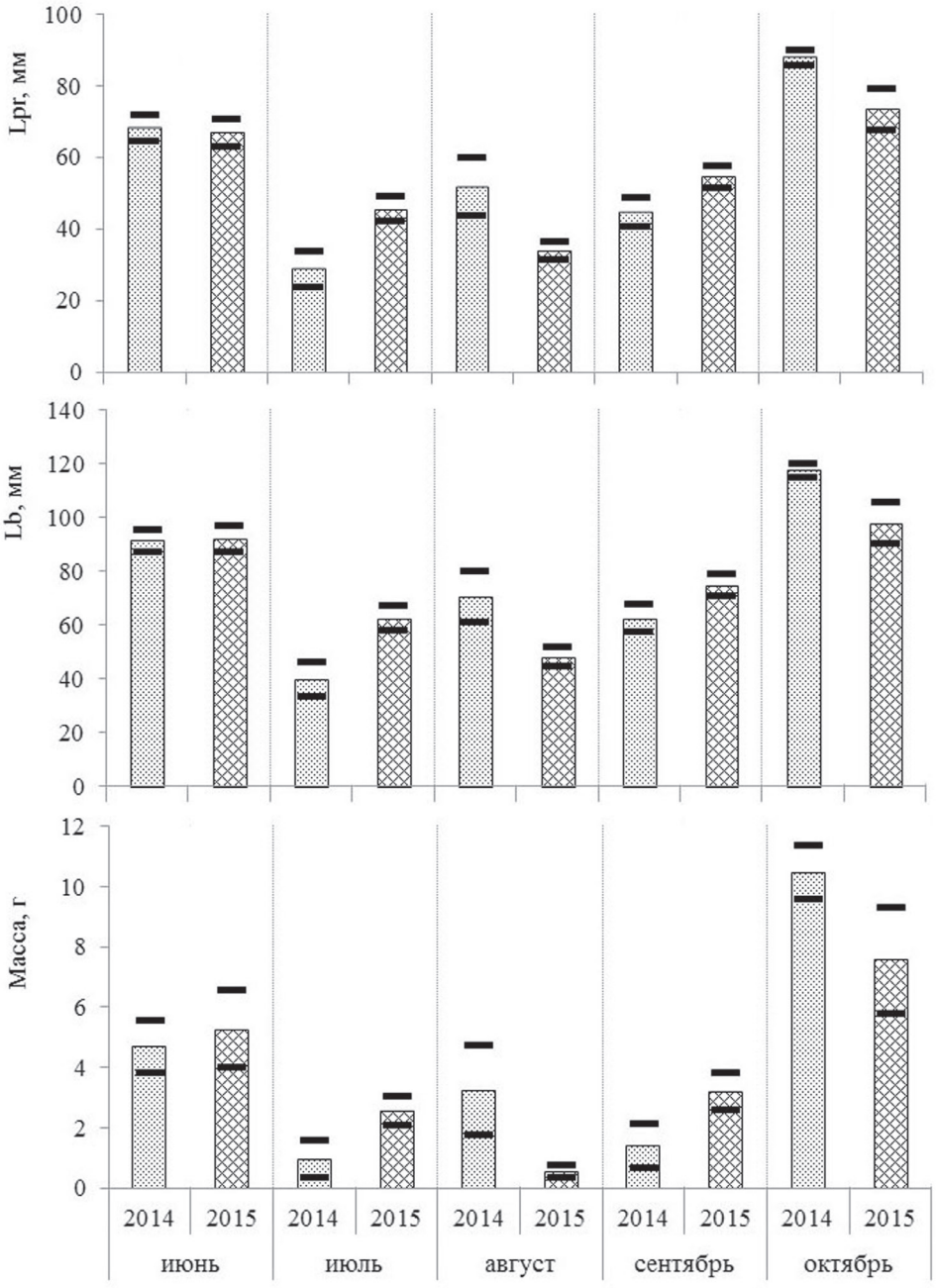


Рис. 1. Средние параметры травяной креветки в заливе Петра Великого в июне–октябре 2014–2015 гг.

Lpr = (– 2,893±0,167) + (0,744±0,002) × Lb (Correlation: r = 0,997).

Соотношение массы (W, г) и промысловой длины (Lpr, мм) креветок (рис. 3) аппроксимировано степенной функцией:

$W = (0{,}68 \times 10^{-5})\ Lpr^{3{,}16+0{,}02}$ (r = 0,987).

Значение коэффициента «b», равное 3,16, свидетельствует о положительной аллометрии ее роста и соответствует приводимым в литературе данным (b = 3,05–3,21) для различных популяций *P. latirostris* (Табунков, 1973; Лысенко, 1987).

В период с июня по октябрь 2014–2015 гг. размерная структура скопления претерпевала значительные изменения: в июле–августе превалировали мелкоразмерные особи, в июне и октябре — крупноразмерные (рис. 4, табл. 1). Преобладание сходных размерных групп в скоплении креветок, но в различных пропорциях, вероятно связано с гидрологическими условиями рассматриваемых лет. Доля непромысловой части скопления (промысловая мера — 80 мм (Lpr)) с июня по сентябрь варьировала от 84,1 до 100%, составляя в октябре 21,0% в 2014 г. и 54,7% в 2015 г.

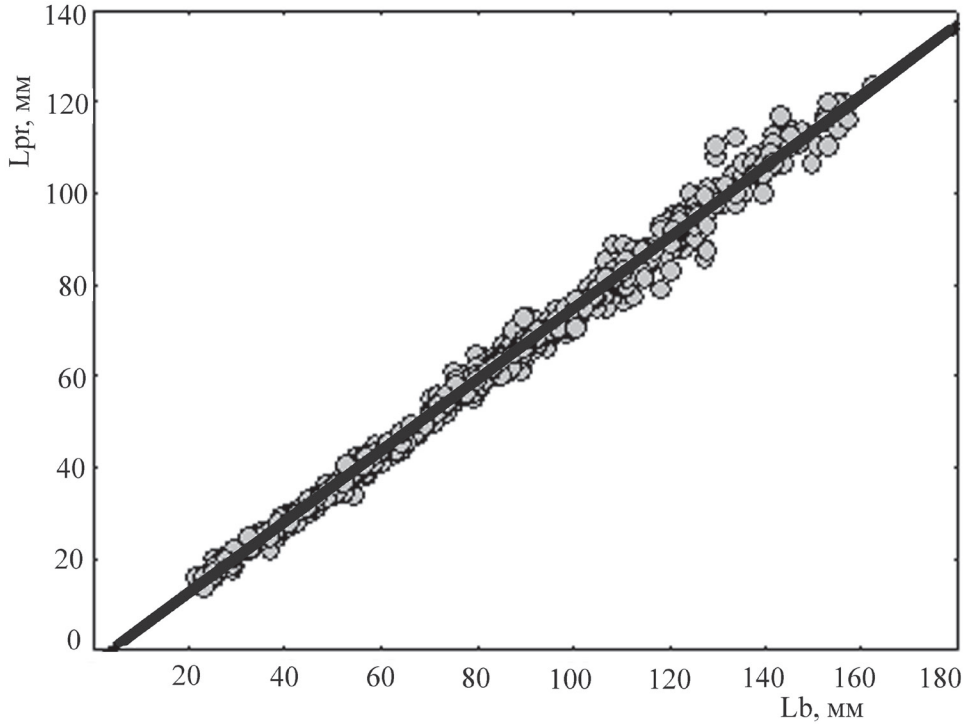


Рис. 2. Зависимость промысловой длины тела от биологической длины у травяной креветки

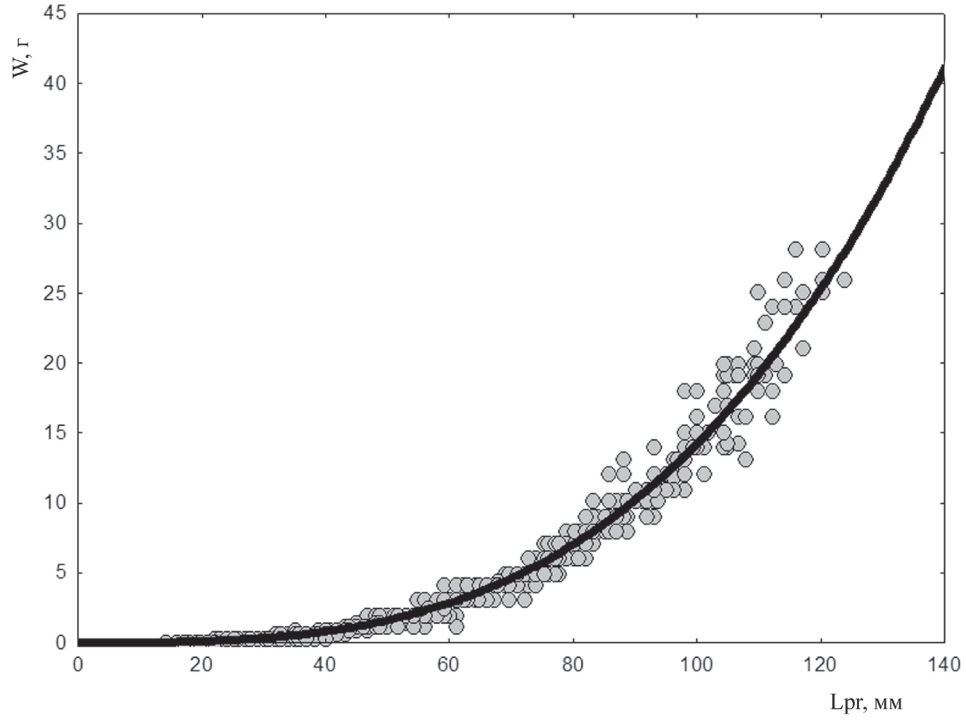


Рис. 3. Зависимость индивидуальной массы особи от промысловой длины у травяной креветки

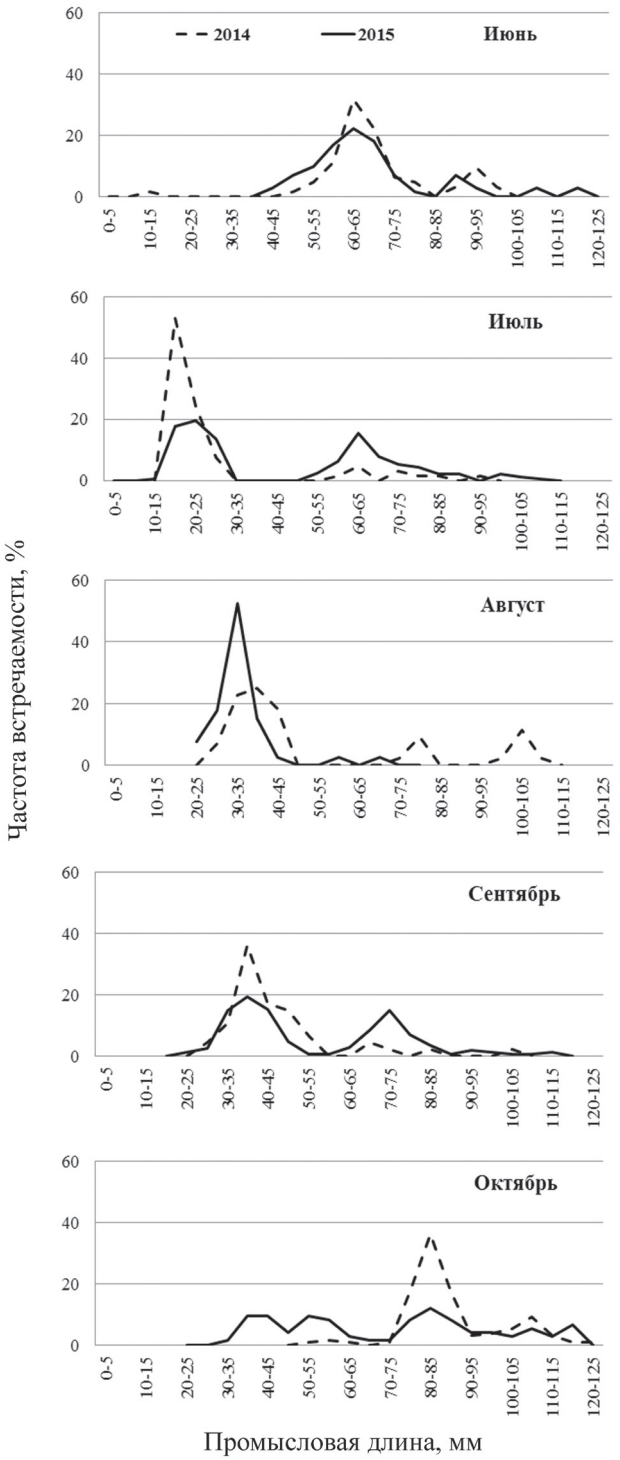


Рис. 4. Размерная структура поселения травяной креветки в заливе Петра Великого в июне–октябре 2014–2015 гг.

Увеличение средних размеров и массы тела в октябре связано как с ростом особей, так и с наличием в этот период самок с икрой, которые начинают попадаться с конца августа (Ефимкин, Микулич, 1985). В сентябре 2014 г. их доля от общей выборки равнялась 2,1%, в 2015 г. — 26,5%; в октябре — 98,5% в 2014 г. и 41,3% в 2015 г. Средний размер самок в октябре составлял 88,4±1,0 мм (пределы — 54–124 мм) и 98,7±2,4 мм (82–120 мм) соответственно в 2014 и 2015 гг.

В зал. Петра Великого спаривание креветок происходит после линьки самок в конце августа – начале сентября при температуре воды 19–20 ºС (Ефимкин, Микулич, 1985). Яйца при откладке проходят мимо комков сперматозоидов, оплодотворяются и приклеиваются к волоскам брюшных ножек самок, которые носят икру девять месяцев. Весной, с повышением температуры до 7 ºС, эмбриональное развитие возобновляется и продолжается до конца мая – начала июня, когда температура воды поднимается до 13–14 ºС, и из яиц вылупляются личинки (Иванов, Стрелков, 1949; Ефимкин, Микулич, 1985; Ковалева, Калинина, 2014). Длина выклюнувшихся креветок составляет около 10 мм, масса менее 5 мг (Табунков, 1973; Лысенко, 1987). Пройдя через многочисленные линьки, креветки увеличиваются в размерах и через месяц достигают 14 мм. После выпуска личинок большинство самок или погибает, или расселяется за пределы биоценоза морской травы (Лысенко, 1987). Этим можно объяснить незначительное присутствие самок (возрастной группы 3+) в размерной структуре поселения травяной креветки в июне. В этот период превалируют особи размером 55–70 мм и 85–95 мм (рис. 4, табл. 1), что, согласно литературным данным (Табунков, 1973; Лысенко, 1987; Буяновский и др., 2007), соответствует возрасту 1+ и 2+.

Для размерной структуры поселения креветки в июле характерно преобладание размерных групп 15–30 мм, что соответствует возрасту 0+ (рис. 4, табл. 1). Резкое увеличение численности этой группы вызвано естественным пополнением за счет особей,

Таблица 1. Процентное соотношение преобладающих размерных групп и доли непромысловой части* поселения в заливе Петра Великого в июне–октябре 2014–2015 гг.

Lpr, мм	%	Lpr, мм	%	Lpr, мм	%	Lpr, мм	%	Lpr, мм	%
Июнь, 2014		Июль, 2014		Август, 2014		Сентябрь, 2014		Октябрь, 2014	
до 80*	84,1	до 80*	95,4	до 80*	84,1	до 80*	95,7	до 80*	21,0
		15–30	84,8	25–45	72,7	30–50	78,7		
55–70	65,1	60–65	4,5	75–80	9,1	65–70	4,3	75–90	70,7
90–95	9,5			100–105	11,4			100–110	14,3
Июнь, 2015		Июль, 2015		Август, 2015		Сентябрь, 2015		Октябрь, 2015	
до 80*	84,7	до 80*	92,8	до 80*	100,0	до 80*	91,0	до 80*	54,7
		15–30	51,0	20–40	92,5	30–45	49,2	35–60	40,0
55–70	56,9	60–65	15,4			65–80	29,9	75–90	28,0
85–90	6,9							105–120	14,7

прошедших все личиночные стадии метаморфоза. Преобладание 0-возрастной группы в августе–сентябре связано как с элиминацией старших возрастных групп, так и с тем, что из-за высоких температур крупные особи уходят на более глубокие места и не облавливаются. Это ранее было выявлено для *P. latirostris*, обитающих у берегов Западного Сахалина (Табунков, 1973). Температура воды с начала августа до середины сентября превышает 23 ºС, затем постепенно снижается и до конца октября держится в пределах 14–15 °С.

В дальнейшем количество молоди снижается, что, очевидно, вызвано ее элиминацией, так как пополнение популяции сеголетками не происходит. В октябре 2014 г. превалировали особи размером 75–90 мм, в 2015 г. — 35–60 мм и 75–90 мм (рис. 4, табл. 1), соответствующие возрастным группам до 2+ лет и большей частью являющиеся самцами (Табунков, 1973; Лысенко, 1987; Буяновский и др., 2007). В это время в возрасте 2+ у *P. latirostris* начинается смена пола, и следующий возрастной класс (3+) уже представлен самками с промысловой длиной более 100 мм. В 2014 г. преобладали самки размером 100–110 мм, в 2015 г. — 105–120 мм, их доля составляла соответственно 14,3 и 14,7%. Доля самок в июне–сентябре была незначительной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование структуры поселения *P. latirostris* в июне–октябре 2014–2015 гг. в районе о. Рейнеке зал. Петра Великого показало, что популяция находится в стабильном состоянии. Промысловая длина креветок варьировала от 11 до 124 мм, масса особей достигала 28 г. Наибольшие средние размеры креветки имели в октябре, наименьшие — в июле–августе, что связано с естественным пополнением популяции молодью. В июне–сентябре преобладала молодь, в октябре отмечено повышение доли старших возрастных групп, которые преимущественно представлены самками. Промысловая длина тела травяной креветки находится в прямой зависимости от биологической длины, зависимость массы особей от промысловой длины тела аппроксимирована степенной функцией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алимов А.Ф. 1989. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеоиздат. 152 с.

Буяновский А.М., Огурцов А.Ю., Полонский В.Е. 2007. К функциональной структуре Южно-Курильских поселений травяной креветки *Pandalus latirostris* (Crustacea Decapoda, Pandalidae) // Тр. ВНИРО. Т. 147. С. 204–225.

Волова Г.Н., Микулич Л.В. 1963. Материалы по биологии и распределению травяного шримса в зал. Петра Великого. Владивосток: ДВГУ. Вып. 6. С. 147–158.

Дерюгин К.М. 1939. Зоны и биоценозы залива Петра Великого (Японское море) / Сб., посвящ. науч. деят-ти Н.М. Книповича. М., Л.: Пищепромиздат. С. 286–299.

Ефимкин А.Я., Микулич Л.В. 1985. Особенности размножения травяной креветки *Pandalus kessleri* Czernjawski в заливе Петра Великого // Гидробиол. журнал. Т. 21. № 5. С. 19–23.

Иванов А.В., Стрелков А.А. 1949. Промысловые беспозвоночные дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 102 с.

Ковалева В.И., Калинина Г.Г. 2014. Биология пола промысловой креветки *Pandalus latirostris* бухты Северная (Славянский залив, Японское море) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 33. С. 73–77.

Лысенко В.Н. 1987. Экология и продукция травяной креветки в заливе Посьета Японского моря // Биология моря. № 1. С. 21–27.

Микулич Л.В., Ефимкин А.Я. 1982. Распределение скоплений травяной креветки (*Pandalus kessleri* Czernjawski) в заливе Петра Великого // Изв. ТИНРО. Т. 106. С. 54–61.

Паймеева Л.Г. 1973. Распределение зарослей зостеры в заливе Петра Великого // Изв. ТИНРО. Т. 87. С. 145–148.

Паймеева Л.Г. 1974. Характеристика зарослей и состояние запасов зостеры в юго-западной части залива Петра Великого от бухты Бойсмана до бухты Сивучей // Изв. ТИНРО. Т. 92. С. 153–157.

Правила рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (с изменениями на 8 июля 2016 г.). 2016. 176 с.

Состояние промысловых ресурсов. 2016. Прогноз общего вылова гидробионтов по Дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на 2016 г. (краткая версия). Владивосток: ТИНРО-Центр. 390 с.

Табунков В.Д. 1973. Особенности экологии, роста и продукционного процесса креветки *Pandalus latirostris* (Decapoda, Pandalidae) у берегов Юго-Западного Сахалина // Зоологич. журнал. Т. 52. Вып. 10. С. 1480–1489.

Таранец А.Я. 1938. Морские и пресноводные промысловые богатства Дальневосточного края. Владивосток: ТИНРО. 48 с.

УДК 594.121

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ В АМУРСКОМ ЗАЛИВЕ

С.А. Ляшенко, О.Б. Гостюхина, Н.В. Щербакова

Н. с., к. б. н.; н. с.; н. с., к. б. н.; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Тел., факс: (423) 230-07-51. E-mail: svetlana.lyashenko@tinro-center.ru, olga.gostyuhina@tinro-center.ru, natalia.shcherbakova@tinro-center.ru

ТИХООКЕАНСКАЯ УСТРИЦА, ЛИЧИНКИ, ПЛАНКТОН, АМУРСКИЙ ЗАЛИВ, ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

Пополнение естественных скоплений тихоокеанской устрицы в Амурском заливе происходит в основном за счет нереста устрицы, обитающей на мелководье северной части залива. В северной части Амурского залива наблюдается стабильное раннее появление личинок, в середине июля. Отмечаются их высокие концентрации, ежегодный максимум от 1103 до 50 620 экз./м^3, продолжительный период массового развития и оседания — три–четыре недели. На остальной акватории сроки появления личинок, массового развития, оседания и их концентрация не стабильны.

THE CURRENT STATE OF THE NATURAL REPRODUCTION OF PACIFIC OYSTER IN AMURSKIY BAY

S.A. Lyashenko, O.B. Gostyukhina, N.V. Shcherbakova

Researcher, Ph. D. (Biology); Researcher; Researcher, Ph. D. (Biology); Pacific Scientific Research Fisheries Center
690091, Vladivostok, Shevchenko Alley, 4
Tel., fax: (423) 230-07-51. E-mail: svetlana.lyashenko@tinro-center.ru, olga.gostyuhina@tinro-center.ru, natalia.shcherbakova@tinro-center.ru

PACIFIC OYSTER, LARVAE, PLANKTON, AMURSKIY BAY, NATURAL REPRODUCTION

Replenishment of the natural Pacific oyster bins in Amurskiy Bay occurs mainly due to the spawning of this mollusk, inhabiting the shallow waters of the northern part of the bay. A stable early (mid-July) appearance of larvae is observed in the northern part of Amurskiy Bay. High larvae concentrations with an annual maximum from 1103 to 50 620 ind./m^3 are registered, and long periods of mass development and spatfall (three to four weeks) are recorded. In the rest area the time of larvae first occurence, mass development, spatfall and concentrations is unstable.

Тихоокеанская устрица *Magallana gigas* (Thunberg, 1793), известная до недавнего времени как *Crassostrea gigas*, у берегов Приморья образует наиболее крупные скопления в северной, мелководной части Амурского залива, и в зал. Посьета (бух. Новгородская и Экспедиции). Значительно менее крупные скопления расположены в Славянском заливе, в бух. Новик острова Русский (Раков, 2008). Небольшие группы встречаются в бухтах Нарва, Воевода, Алексеева. Мелкие скопления или отдельные взрослые особи также присутствуют в бухтах островов Рейнеке, Попова, в проливе Старка (Атлас.., 2000). Обитает устрица на литорали и верхней сублиторали, в основном в составе банок, в заиленных, опресненных, хорошо прогреваемых участках бухт и заливов, большей частью на глубине до 5 м (Раков, 2008).

Исследованию естественного воспроизводства тихоокеанской устрицы у берегов Приморья посвящено немало работ, в основном касающихся изучения планктонного периода ее развития. Большая часть исследований была проведена в 70–80-е гг. XX века в зал. Посьета, где разрабатывалась и проходила производственную проверку полуцикличная технология ее промышленного культивирования, основанная на сборе спата в природе (Инструкция.., 2011; Раков, 1984; Раков, Золотова, 1986; Раков, 1987а, б, 1989). В Амурском заливе изучение планктона в те годы проводили только в Славянском заливе (Раков, 1987а) и позднее в северо-восточной части Амурского залива, у побережья Владивостока (Куликова и др., 1999; Омельяненко и др., 2004).

В последние годы в нашей стране возрастает интерес к устрице как к объекту культивирования. Однако в настоящее время в Приморье устрицу культивируют только в одном хозяйстве, расположенном в бух. Троицы (зал. Посьета), урожай в 2013–2014 гг. составлял менее 5 т (Викторовская, Сухин, 2015). Актуальной задачей становится оценка ее естественного воспроизводства с целью выделения новых районов, природный потенциал которых позволяет собирать спат устрицы в промышленных масштабах. Необходимо иметь современные данные о сроках нахождения личинок в планктоне, периодах их массового развития, выделить районы концентрации личинок, определить сроки их оседания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В основу данной работы легли результаты планктонных исследований, проведенных с июня по сентябрь в 2000–2016 гг. в шести районах Амурского залива (рис. 1): I — бух. Перевозная, II — р. Барабашевка – м. Ограновича (п-ов Песчаный), III — м. Ограновича – м. Токаревского, IV — о. Русский (о. Уши – м. Рогозина), V — о. Попова (прол. Старка), VI — о. Попова (юго-запад). Во всех исследованных районах существуют донные скопления устрицы. Отбор и обработку проб проводили по методике, описанной В.А. Куликовой и Н.К. Колотухиной (1989). Раз в неделю облавливали слой воды от поверхности до глубины, не более 20 м. Во время отбора проб измеряли температуру воды у поверхности и у дна.

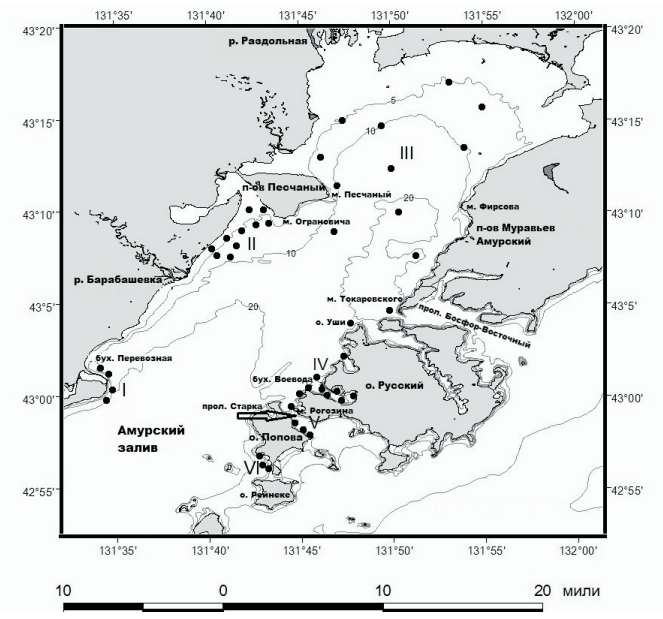


Рис. 1. Карта схема района исследований (римскими цифрами обозначены районы исследований; точками — планктонные станции)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты планктонных исследований показали, что личинки устрицы встречались в планктоне Амурского залива в те же сроки, что и в зал. Посьета, с третьей декады июня по сентябрь. Ежегодно они появлялись в период с третьей декады июня по вторую декаду июля, за исключением 2014 г, когда личинки начали встречаться уже во второй декаде июня (табл. 1). В районах II, III и IV они появлялись одновременно. На акватории I и V районов — в то же время, что и в более северных районах или на одну–две декады позднее. Только в VI районе появление личинок всегда отмечали позднее на одну–две декады.

Известно, что устрица в зал. Петра Великого начинает нереститься при температуре воды 17–18 °С. Оптимальная температура для нормального развития ее личинок от 20 до 22 ºС, неблагоприятная — ниже 18 и выше 24 ºС, летальная — ниже 15 и выше 27–28 ºС (Раков, 1987б).

В период появления личинок на акватории районов II и III температура воды у поверхности всегда была выше 17,5 °С, достигая максимум 22,7 °С. На остальной акватории температура воды не всегда имела благоприятные для развития личинок значения, она могла быть ниже на 1–4 °С. Таким образом, появление личинок в исследованных районах Амурского залива в основном происходило вследствие нереста устрицы, обитающей на мелководье северной

Таблица 1. Сроки появления личинок устрицы на акватории Амурского залива

Год	Район					
	I	II	III	IV	V	VI
2000	–	–	–	1 дек. июля	–	–
2001	–	1 дек. июля	–	1 дек. июля	–	–
2002	–	3 дек. июня	–	3 дек. июня	–	–
2003	–	–	–	1 дек. июля	–	–
2004	–	–	–	3 дек. июня	–	–
2005	–	–	–	1 дек. июля	–	–
2006	–	2 дек. июля	2 дек. июля	–	–	–
2007	–	–	1 дек. июля	–	–	–
2011	–	–	2 дек. июля	–	–	–
2012	–	–	2 дек. июля	–	–	–
2013	(1 дек. июля)[1]	–	–	1 дек. июля	2 дек. июля	2 дек. июля
2014	(3 дек. июня)[1]	–	–	2 дек. июня	3 дек. июня	2 дек. июля
2015	3 дек. июля	–	(1 дек. июля)[2]	1 дек. июля	3 дек. июля	2 дек. июля
2016	2 дек. июля	–	1 дек. июля	1 дек. июля	1 дек. июля	3 дек. июля

Примечания: 1 — Гостюхина, Кондратьева, 2015; 2 — Оценка.., 2015

части Амурского залива и у п-ва Песчаный, и разноса личинок течениями.

Массовое развитие личинок в Амурском заливе наблюдали в июле и в августе. В I районе массовое нахождение личинок в планктоне (200 экз./м^3 и выше) наблюдалось в июле – первой половине августа, обычно в течение одной или двух недель, реже трех (2013 г.). Позднее, до конца августа личинки присутствовали в планктоне в единичном количестве. Максимальная концентрация личинок в разные годы варьировала от 20 экз./м^3 до 2591 экз./м^3 (табл. 2).

Во II районе в массовом количестве (500 и более экз./м^3) личинок устрицы регистрировали в течение как минимум двух недель, максимум полтора месяца, наблюдался один или два пика их численности. В 2001 г. устойчивый прогрев водной толщи (глубина до 8 м) до благоприятных температур наблюдался уже в 3 декаде июня, первый пик концентрации личинок был отмечен в первой–второй декадах июля, с максимумом 27 667 экз./м^3, второй — в первой половине августа с максимумом 3250 экз./м^3. В другие годы устойчивый прогрев водной толщи отмечали только в третьей декаде июля. В 2002 г., несмотря на раннее появление личинок, их численность в основном колебалась в пределах нескольких десятков экземпляров в кубическом метре воды, и только в середине августа в течение двух недель зарегистрировали их высокие концентрации, максимум составил 3088 экз./м^3. В 2006 г. массовое развитие личинок в планктоне также отмечали не более двух недель, в конце июля, с максимальной концентрацией 1712 экз./м^2. Личинки в этом районе в небольших количествах, в пределах нескольких десятков экземпляров в кубическом метре воды, встречались до конца августа, единично до середины сентября.

В самом северном, III районе, период массового нахождения личинок в планктоне начинался в первой половине июля и продолжался три–четыре недели по первую–вторую декаду августа. Позднее, до середины сентября, их плотность оставалась невысокой, в пределах нескольких десятков экземпляров в кубическом метре воды. Концентрация личинок в период массового развития измерялась тысячами или десятками тысяч экземпляров в кубическом метре воды. В 2007 г. период массового нахождения личинок в планктоне был прерывистым, когда их численность снижалась до нескольких сотен экземпляров в одном кубическом метре воды. Падение концентрации личинок сопровождалось снижением температуры воды в придонном слое (в первой половине июля) уже на глубине 5–8 м до летальных значений. С прогревом вод отмечалось появление второго пика, образованного новой генерацией личинок. Самые высокие концентрации в этом районе регистрировали над глубинами не более 10 м севернее границы: м. Песчаный – м. Фирсова. Наиболее высокие значения были зарегистрированы в 2007, 2011 и 2012 гг. (табл. 2).

В IV районе массовое развитие личинок (более 200 экз./м^3) в большинстве лет наблюдалось в первой–второй декадах июля, иногда еще и в августе. В целом за сезон, с учетом перерывов, такие концентрации регистрировали в течение двух–трех недель, но не каждый год. В 2000 и 2015 гг. максимальная концентрация личинок была меньше 200 экз./м^3 (табл. 2). Особенно низкой она была в 2015 г., когда в первой половине июля в течение нескольких дней наблюдались штормовой ветер и сильное волнение. В 2003 и 2014 гг. максимальная плотность личинок была немногим больше 200 экз./м^3. В остальные годы она изменялась от 1300 до 6320 экз./м^3. Личинки в этом районе распределялись не равномерно. Часто на самой северной станции (о. Уши) и в куту бух. Воевода концентрация личинок была на порядок выше, чем на остальных станциях.

В пятом и шестом районах три года из четырех концентрация личинок в планктоне была менее

Таблица 2. Концентрация личинок устрицы на акватории Амурского залива (макс. конц. / макс. конц. на стадии оседания), экз./м^3

Год	Район					
	I	II	III	IV	V	VI
2000	–	–	–	145/–	–	–
2001	–	27 667/2514	–	1325/–	–	–
2002	–	3088/35	–	2258/5	–	–
2003	–	–	–	260/11	–	–
2004	–	–	–	6320/1	–	–
2005	–	–	–	1289/20	–	–
2006	–	1712/34	4518/90	–	–	–
2007	–	–	36 780/875	–	–	–
2011	–	–	50 620/1895	–	–	–
2012	–	–	11 067/171	–	–	1758/0
2013	(2591/414)[1]	–	–	2811/281	2100/12	107/14
2014	(432/81)[1]	–	–	216/19	147/60	144/24
2015	20/0	–	(1103/296)[2]	16/0	33/1	65/2
2016	483/299	–	3066/503	2790/210	103/15	–

Примечания: 1 — Гостюхина, Кондратьева, 2015; 2 — Оценка.., 2015

150 экз./м^3 (табл. 2). В пятом районе только в 2013 г. она достигала 2100 экз./м^3 во второй декаде июля, через неделю после появления личинок, но позднее она не превышала нескольких десятков экземпляров в кубическом метре воды. В шестом районе только в 2012 г. она достигала 1758 экз./м^3 в конце июля. Период относительно высоких плотностей личинок в планктоне, более 200 экз./м^3, продолжался одну–две недели.

Таким образом, постоянное место концентрации личинок в Амурском заливе — это его кутовая часть. Наиболее высокие плотности регистрировали вблизи крупных устричников, над глубиной не более 10 м. Этому способствовала круговая циркуляция вод в этой части залива, формирующаяся под действием умеренных ветров (антициклоническая при северных ветрах и циклоническая при южных) и стока р. Раздольной (Савельева, 1989). Южнее п-ова Песчаный личинки концентрировались благодаря тому, что в летний сезон в этом направлении идет поток поверхностных вод поперек залива, от пролива Босфор – Восточный (Иващенко, 1993). При усилении ветра водообмен с открытой частью залива увеличивался, и личинки разносились течениями, что объясняет их появление в более южных районах при неблагоприятных температурах, а также эпизодичность высоких концентраций. Судя по концентрации личинок, акватория III района более продуктивная, чем зал. Посьет, поскольку максимальная концентрация личинок в нем была не менее 1000 экз./м^3. В зал. Посьета максимальная плотность личинок в планктоне в благоприятные для воспроизводства годы, с хорошим оседанием спата на коллекторы (среднее значение — не менее 10 экз. на створку гребешка), варьировала от 500 до 13,5 тыс. экз./м^3 (Раков, Золотова, 1986).

Пики численности личинок, как правило, были образованы в большей степени великонхами размером 150–250 мкм. Почти 70% личинок погибает в период роста от среднего размера длины раковины около 150 мкм до 300 мкм (Раков, 1987б). Гибель личинок устрицы в основном происходит в результате резкого снижения температуры воды до неблагоприятных или летальных значений. Причиной этого могут быть суточная вертикальная конвекция, штормовое перемешивание, подток подповерхностных холодных вод. Большинство личинок, которые выносятся с мелководий, по меньшей мере до конца июля, вероятнее всего гибнет вследствие недостаточного прогрева водной толщи. Поэтому большую информативность в оценке состоянии воспроизводства будет иметь величина концентрации великонхов в стадии оседания (табл. 2). Наиболее высокую плотность оседающих великонхов также регистрировали в кутовой части Амурского залива. Несмотря на то, что она была на один–два порядка ниже общей максимальной концентрации, она не опускалась ниже 90 экз./м^3. В других районах часто нарушалось пропорциональное соотношение общей плотности личинок и оседающих великонхов.

При концентрации личинок в несколько тысяч экземпляров в кубическом метре воды плотность личинок на стадии оседания могла быть единичной, и наоборот, при концентрации в несколько сотен плотность оседающих личинок также измерялась сотнями экземпляров. Это еще раз говорит о том, что личинки на большей части Амурского залива в основном заносные, и величины их концентрации зависят от интенсивности их выноса с кутовой части залива.

Для устрицеводства большое значение имеет возможность раннего сбора спата, чтобы к осени получить более крупную жизнестойкую молодь. В зал. Посьета личинки устрицы на стадии оседания начинали встречаться в середине июля, наиболее интенсивное оседание происходило с середины июля до начала августа (Раков, 1987а). Только во II и III районах можно рассчитывать на ежегодное раннее начало сбора спата (1–2 декада июля), за редким исключением. Процесс интенсивного оседания, судя по концентрации личинок и их размерному составу, мог продолжаться от десяти дней до трех недель во втором районе и три-четыре недели в третьем районе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, подводя итог вышесказанному, можно заключить, что пополнение естественных скоплений тихоокеанской устрицы в Амурском заливе происходит в основном за счет нереста устрицы, обитающей на мелководье северной части залива. В северной части Амурского залива наблюдается стабильное раннее появление личинок, высокие концентрации, в том числе и на стадии оседания, продолжительный период массового развития и оседания. Рекомендовать для сбора спата можно участки над глубинами до десяти метров. Менее стабильное воспроизводство, судя по вышеперечисленным показателям, наблюдается во втором районе, но в годы с благоприятным гидродинамическим режимом его потенциал не уступает более северной акватории.

На остальной акватории сроки появления личинок, массового развития, оседания и их концентрация не стабильны, что не позволяет рекомендовать эти районы для ежегодного промышленного сбора спата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Атлас двустворчатых моллюсков дальневосточных морей России. 2000. Сост. С.В. Явнов; науч. ред. С.Е. Поздняков. Владивосток: Дюма. 168 с.

Викторовская Г.И., Сухин И.Ю. 2015. Современное состояние и перспективы развития марикультуры на Дальнем Востоке / Международная морская научная школа по искусственному разведению гидробионтов. Сб. науч. тр. Южно-Сахалинск. С. 20–25.

Гостюхина О.Б., Кондратьева Е.С. 2015. Динамика численности личинок промысловых беспозвоночных в б. Перевозная залива Петра Великого (Японского моря) / Промысловые беспозвоночные. Матер. докл. VIII Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным. Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ». С. 220–222.

Иващенко Э.А. 1993. Циркуляция вод залива Петра Великого / Географические исследования шельфа дальневосточных морей. Владивосток: ДВГУ. С. 31–61.

Инструкция по культивированию тихоокеанской устрицы. 2011. Сост. А.В. Кучерявенко, А.П. Жук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 27 с.

Куликова В.А., Колотухина Н.К. 1989. Пелагические личинки двустворчатых моллюсков Японского моря. Методы, морфология, идентификация. Владивосток: ДВО АН СССР. 60 с.

Куликова В.А., Омельяненко В.А., Погодин А.Г. 1999. Годовая динамика мероплактона в северной мелководной части Амурского залива (залив Петра Великого Японского моря) // Биология моря. Т. 25. № 2. С. 131–132.

Омельяненко В.А., Куликова В.А., Погодин А.Г. 2004. Мероплактон Амурского залива (залив Петра Великого Японского моря) // Биология моря. Т. 30. № 3. С. 191–207.

Оценка современного состояния воспроизводства тихоокеанской устрицы в заливе Петра Великого для усовершенствования технологии ее товарного выращивания (годовой). 2015. Отчет о НИР ТИНРО № 27921. Владивосток. 49 с.

Раков В.А. 1984. Биологические основы культивироваия тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg) в заливе Петра Великого: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток. 24 с.

Раков В.А. 1987а. Биология и культивирование устриц / Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. М.: Агропромиздат. С. 72–84.

Раков В.А. 1987б. Экология промысловых донных беспозвоночных в морских лагунах, эстуариях и мелководных бухтах залива Петра Великого: Тез. докл. III Съезда советских океанологов. Секция «Биология океана». Ч. 3. Л.: Гидрометиздат. С. 49–51.

Раков В.А. 1989. Интенсивность оседания личинок тихоокеанской устрицы при различных условиях сбора спата на коллекторы / Сб. тез. Всесоюзн. конф. «Научно-технические проблемы марикультуры в стране». Владивосток. С. 116–117.

Раков В.А. 2008. Распространение и экология устричных рифов северной части Амурского залива / Современное состояние и изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. Отв. ред. д. г.-м. н. А.С. Астахов, к. г. н. В.Б. Лобанов. М.: ГЕОС. С. 278–291.

Раков В.А., Золотова Л.А. 1986. Многолетние изменения в динамике численности личинок тихоокеанской устрицы в заливе Посьета // Марикультура на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО. С. 48–57.

Савельева Н.И. 1989. Общая схема циркуляции вод Амурского и Уссурийского заливов по результатам численного моделирования. Владивосток. 29 с.

УДК 639.21

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОМАССЫ ПРОМЫСЛОВЫХ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ Р. АМУР ПО ОТДЕЛЬНЫМ РАЙОНАМ ПРОМЫСЛА

Н.Н. Семенченко

Вед. н. с., к. б. н.; Хабаровский филиал ФГБНУ «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр»
680000, Хабаровск, Амурский бульвар, 13А
Тел. (4212) 31-59-20. E-mail: n.semenchenko@mail.ru

РЕКА АМУР, ПРЕСНОВОДНЫЕ РЫБЫ, БИОМАССА, ИНДЕКС БИОМАССЫ, ПРОМЫСЛОВЫЙ ЗАПАС, ИНДЕКС ПРОМЫСЛОВОГО ЗАПАСА, УЛОВЫ

На основе анализа результатов контрольных обловов рыб наборами ставных и плавных сетей с шагом ячеи от 10 до 70 мм рассматривается подход к определению соотношения величин промысловых запасов пресноводных промысловых рыб в разных районах р. Амур. Для 18 видов пресноводных рыб, обитающих в пойменной системе р. Амур, рассматриваются такие параметры, как индекс биомассы, индекс промзапаса. Учитываются видовой состав рыб и площади водоемов, имеющие рыбохозяйственное значение в каждом районе промысла. Приводится пример распределения на основе полученных параметров величины ОДУ по административным районам Хабаровского края и ЕАО.

THE DISTRIBUTION OF THE BIOMASS OF COMMERCIAL FISHERY SPECIES IN AMUR RIVER BY THE DISTRICTS OF FISHING

N.N. Semenchenko

Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Khabarovsk Branch Pacific Research Fisheries Centre
680000, Khabarovsk, Amursky blvrd., 13A
Tel.: (4212) 31-59-20. E-mail: n.semenchenko@mail.ru

AMUR RIVER, FRESHWATER FISH, BIOMASS, BIOMASS INDEX, COMMERCIAL STOCK, COMMERCIAL STOCK INDEX, CATCHES

Analysis of the results of control fishing, using fixed and drift nets with the mesh size from 10 to 70 mm was used as an approuch to estimation of the ratio between the commercial stocks of freshwater fish species in different regions of Amur River. The biomass index and the commercial stock index were evaluated for 18 freshwater fish species, living in the Amur floodplain system. Species composition and square of water bodies playing commercial role in each region was considered. An example of distribution, based on the TACs calculated for the administrative districts of Khabarovsk Krai and the Jewish Autonomous Oblast, is demonstrated.

В пойменной системе р. Амур обитает 19 видов промысловых рыб. Исторически сложилось так, что запасы и ОДУ промысловых пресноводных рыб ХфТИНРО определяет для всей пойменной системы Амура, от г. Николаевска-на-Амуре до устья р. Биджан. Протяженность Амура на этом участке более 1300 км. Запасы жилых пресноводных промысловых видов рыб в настоящее время составляют 8 тыс. т, ОДУ — 2 тыс. т. По зоогеографическому районированию весь бассейн Амура относится к Амурской переходной области, ихтиофауна характеризуется смешанным обликом. Соответственно вероятным климатическим и географическим районам происхождения рыб различных групп (Черешнев, 1998), встречаемость и промысловые запасы видов распределены по районам пойменной системы неравномерно (Семенченко, 2011). Знание пространственной изменчивости видового состава и биомассы промыслового запаса необходимо для оптимизации промысловой нагрузки по участкам пойменной системы Амура в зависимости от их локализации. Цель работы — охарактеризовать распределение запасов пресноводных промысловых видов рыб по отдельным районам промысла.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работа основана на данных контрольных обловов сетными орудиями лова пресноводных рыб р. Амур. Рыб ловили в период нереста и нагула (май–октябрь) с 2007 г. по 2016 г. До 2012 г. экспедиции проходили на НИС «Профессор Солдатов», что позволяло за 30–40 дней облавливать все контрольные точки р. Амур во всех административных районах Хабаровского края и Еврейской автономной области (ЕАО), прилегающих к руслу Амура. Полученные в эти годы материалы стали основой исследований пространственной дифференциации промысловой ихтиофауны. В последние 4 года исследования сократились и проводятся ежегодно только в двух–трех административных районах.

В работе рассматриваются 18 видов пресноводных рыб Амура: сазан *Cyprinus rubrofuscus* Lacepède 1803; щука амурская *Esox reicherti* Dybowski, 1869; сом амурский *Silurus asotus* Linnaeus, 1758; толстолобик белый *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844); белый амурский лещ *Parabramis pekinensis* (Basilewsky, 1855); верхогляд *Chanodichthys erythropterus* (Basilewsky, 1855); сиг амурский *Coregonus ussuriensis* Berg, 1906; краснопер монгольский *Chanodichthys mongolicus* (Basilewsky, 1855); амурский плоскоголовый жерех *Pseudaspius leptocephalus* (Pallas, 1776); змееголов *Channa argus* (Cantor, 1842); желтопер крупночешуйный *Xenocypris macrolepis* Bleeker, 1871; конь-губарь *Hemibarbus labeo* (Pallas, 1776); конь пятнистый *Hemibarbus maculates* Bleeker, 1871; язь амурский *Leuciscus waleckii* (Dybowski, 1869); уклей *Culter alburnus* Basilewsky, 1855; косатка-скрипун китайская *Tachysurus fulvidraco* (Richardson 1846); косатка-плеть *Tachysurus ussuriensis* (Дыбовский, 1872); серебряный карась *Carassius gibelio* (Bloch, 1784).

За период исследований в 1357 постановках и сплавах сетей с шагом ячеи от 10 до 70 мм поймано 55 тыс. рыб общей массой 25,6 т. В улове каждой сети определяли число рыб каждого вида, их длину и массу тела. Для определения относительной промысловой биомассы пресноводных рыб в разных районах Амура использовали методику Ю.Т. Сечина (1969), обосновывающую вылов рыб каждого размера сетью с определенным шагом ячеи.

Объем обловленной воды (V, м^3) определяли по формулам А.И. Трещева (1974):

$V = h \times L \times S$, где L — длина сети (м), h — высота сети (м), S — длина сплава (м) (для сплавных сетей);

$V = 3{,}14 \times L^2 / 4 \times h$, где L — длина сети (м), h — высота сети (м) (для ставных сетей).

В качестве показателя биомассы запаса конкретного вида в точке съемки принимали суммарную биомассу рыб промыслового размера этого вида в 1000 м^3 воды за час работы набора сетей, которыми облавливается данный вид.

Сведения по вылову пресноводных рыб р. Амур поступают подразделенными на административные районы, эти же районы мы использовали в качестве условных районов промысла. Вследствие большой протяженности Амура, районы промысла различаются по продолжительности периода с температурой выше +10 °С, высоте снежного покрова, длительности ледостава, среднегодовой температуре, по наличию или отсутствию крупных нагульных озер пойменной системы Амура, что влияет на видовой состав и продуктивность ихтиоценоза.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показателем численности и биомассы рыб обычно является величина удельного улова, т. е. число или биомасса пойманных рыб на одно орудие лова. В русле Амура рыбу отлавливали плавными сетями, в местах лова, где течение отсутствует — ставными. Кроме того, сети различаются по длине, высоте, размеру ячеи. Уловы разных сетей стандартизовали приведением к биомассе улова в 1000 м^3, различия во времени работы сети нивелировали приведением к 1 часу застоя или сплава.

Применение набора сетей с шагом ячеи от 10 до 70 мм позволяет облавливать рыб всех размерно-возрастных групп. Относительную биомассу рыб одного вида, или индекс биомассы вида (Wi, кг), в каждом районе определяли как сумму индексов биомасс этого вида рыб в наборе сетей. Так, индекс биомассы плоскоголового жереха, обитающего в Ульчском районе Хабаровского края, равен: Wi = 0,023 + 0,046 + 0,058 + 0,048 + 0,021 +0,006 + 0,003 = 0,205 кг (рис. 1).

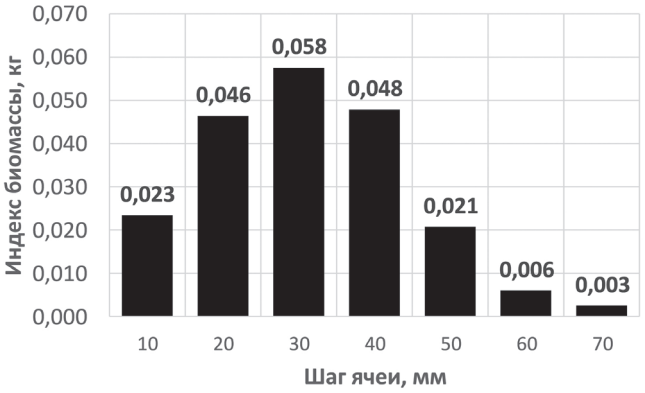


Рис. 1. Биомасса амурского плоскоголового жереха в уловах набором сетей с шагом ячеи 10–70 мм, в пересчете на 1000 м^3 воды за час лова в Ульчском районе

Аналогичным образом рассчитывали индексы биомасс прочих видов, анализ данных индексов дает представление о размерном и видовом составе рыбного населения рассматриваемого района (рис. 2).

Подобным образом рассчитывали индексы биомасс промысловых видов рыб для остальных административных районов. Учитывали только тех рыб, которые достигли промыслового размера, рассчитали индексы промыслового запаса. Сопоставление индексов промыслового запаса различных районов показало, что рабы различных видов распределены по пойме Амура неравномерно: доминирующие виды в одних районах могут составлять незначительную часть или вовсе отсутствовать в других районах (рис. 3).

Видовой состав рыб в различных районах зависит от специфики внешних условий, благоприятных или неблагоприятных для того или иного вида. Соотношение запасов различных видов рыб, помимо внешних условий, зависит от того, какая часть поймы входит в территорию района (табл. 1). Данный параметр определяли с помощью программы MapInfo.

Распределение прогнозного значения запасов жилых пресноводных рыб р. Амур на 2018 г., пересчитанные с учетом индексов биомассы и размеров районных участков поймы (табл. 2), свидетельствует о

Таблица 1. Индекс биомассы запасов, доля поймы р. Амур, входящая в район, и площадь участков, имеющих рыбохозяйственное значение в различных районах

Район	Индекс биомассы, кг	Доля поймы, занимаемая районом (%)
Николаевский	2,711	5,1
Ульчский	1,579	31,1
Комсомольский	0,526	9,5
Амурский	1,406	9,4
Нанайский	0,456	20,4
Хабаровский	0,282	8,4
ЕАО	0,181	16,1

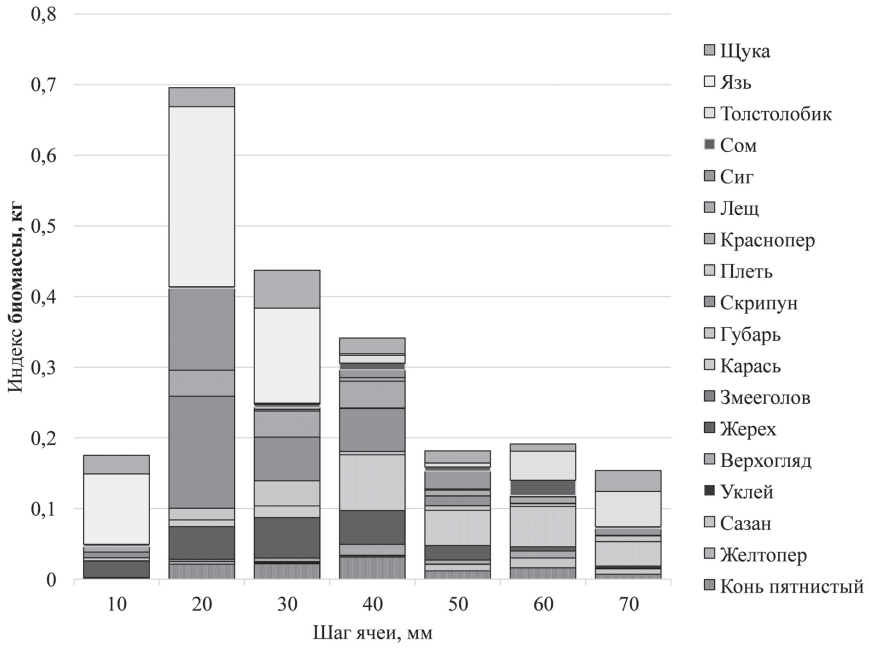


Рис. 2. Видовой состав и биомасса промысловых видов рыб в уловах набором сетей с шагом ячеи 10–70 мм, в пересчете на 1000 м^3 воды за час лова в Ульчском районе

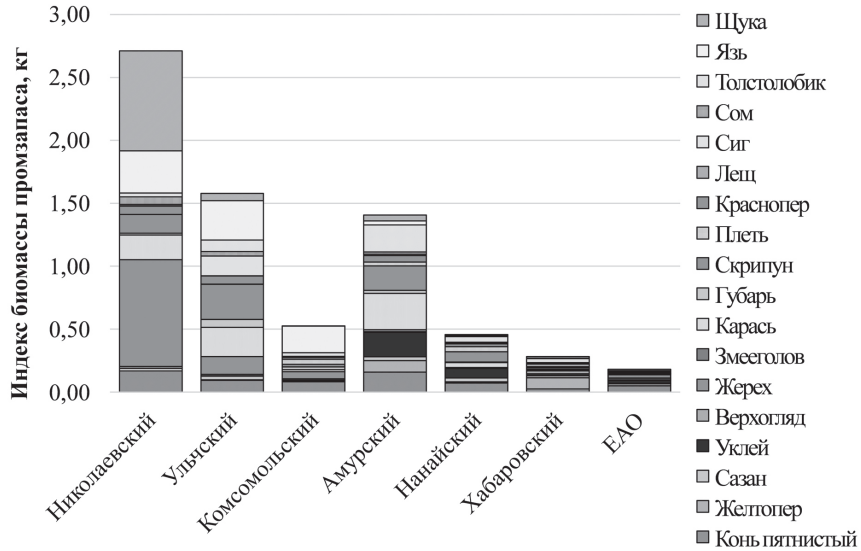


Рис. 3. Промысловый запас различных видов рыб сравниваемых районов в пересчете на 1000 м^3, за час лова

том, что основные запасы в 2018 г. будут сосредоточены в Ульчском районе Хабаровского края.

Интенсивный промысел жилых пресноводных рыб р. Амур начался в 30-е годы XX века. Рыболовецкие колхозы были распределены по всему Амуру. В настоящее время, как и прежде, промысловыми участками охвачен весь Амур, традиционно запасы жилых пресноводных рыб Амура определяются как для единого промыслового района. Создается впечатление о равномерной промысловой нагрузке по административным районам. Однако это не так: анализ уловов последних лет (2014–2015 гг.) свидетельствует, что основная промысловая нагрузка приходится на рыб в Нанайском районе (рис. 4). С 2009 г. квоты на лов пресноводных рыб в этом районе увеличились втрое (табл. 3), в целях промышленного рыболовства в 2015 г. было выделено 34,2% от ОДУ. Во всех остальных административных районах Хабаровского края и в ЕАО промышленный лов пресноводных рыб развит слабо, запасы используются только частично.

Как показывают наблюдения за состоянием запасов пресноводных рыб в Нанайском районе, промысловая нагрузка здесь действительно превышает допустимую. Во все годы исследований основным промысловым видом рыб в Нанайском районе являлся карась, его доля в уловах обычно близка к 35%. Однако соотношение в уловах ценных (сазан, щука, сом, белый лещ, белый толстолобик, верхогляд) и малоценных видов рыб (прочие промысловые виды) кардинальным образом изменилось: доля первых уменьшилась, вторых — увеличилась (рис. 5).

Уменьшение доли ценных промысловых видов и увеличение малоценных, невостребованных промыслом видов рыб — типичная картина влияния высокой интенсивности промысла, который приводит к подрыву запасов. Различия видового состава рыб в разных районах (рис. 3), а также относительно долго сохраняющиеся изменения структуры уловов под действием промысла, в отдельно взятом районе

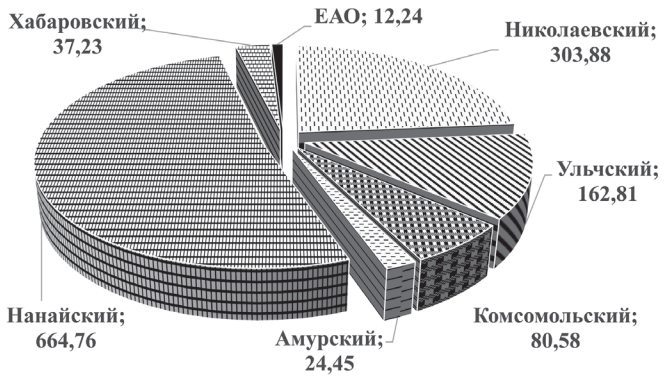


Рис. 4. Распределение годового улова (т) пресноводных промысловых рыб р. Амур по районам промысла в 2015 г.

Таблица 2. Распределение промыслового запаса (т) пресноводных промысловых рыб, обитающих в 6 административных районах Хабаровского края и в ЕАО, расположенных в русле и пойменной системе бассейна р. Амур, на 2018 год

Вид	Промысловый запас, т						
	Николаевский	Ульчский	Комсомольский	Амурский	Нанайский	Хабаровский	ЕАО
Крупный частик	540,9	1537	86,9	356,2	356	204,8	118,2
Амурский сазан	25,8	227,4	11,3	69,3	157,9	34,8	24,5
Амурская щука	311,8	140,9	2,1	33,5	14,7	7,7	14,2
Амурский сом	26,4	96,7	0,8	14,8	15,9	4,4	9,1
Белый толстолобик	10,2	194,3	0	138	62,6	18,5	10,1
Белый амурский лещ	5,2	16,3	18	28,2	18,6	41,8	4,5
Верхогляд	30,2	150,9	0	17,4	37,9	79,2	38
Сиг уссурийский	4,7	390,1	21,4	0,2	0	3,6	0,1
Краснопер монгольский	29,4	174,4	13,3	42,9	40,8	7	2,6
Жерех плоскоголовый	91,8	94,4	11,5	3,5	0	0	0
Змееголов	0	0	0	0	5,8	0,2	0,7
Налим	5,4	51,6	8,5	8,4	1,8	7,6	14,4
Карась	**157,3**	**1154,6**	**25,3**	**433,6**	**128,1**	**3,6**	**28**
Мелкий частик	**161,9**	**1059,3**	**208,7**	**297,2**	**184,9**	**147,8**	**97,1**
Крупночешуйный желтопер	0	26,6	8,5	150,4	32,5	128,7	40,6
Конь-губарь	5,0	126,4	14	14,2	6,5	1,7	3,6
Конь пятнистый	32,2	108,4	29,6	56,4	55,2	7,7	30,6
Амурский язь	111,0	637,0	131,1	20,2	8,7	2,6	7,7
Уклей	0	0,3	0,5	6,5	5,4	0,5	1,2
Косатка плеть	0	2,5	21,6	16,2	46,6	5,2	6
Косатка-скрипун	13,7	158,1	3,4	33,3	30	1,4	7,4
Всего частика	**860,2**	**3751**	**320,9**	**1087,0**	**669,0**	**356,1**	**243,3**

Таблица 3. Квоты на вылов и уловы (т) пресноводных рыб в Нанайском районе Хабаровского края

Квота и улов, т	Годы промысла						
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Квота	212,804	352,34	484,473	538,676	544,695	472,25	641,7
Улов	207,208	286,25	484,473	538,676	431,918	472,253	641,511

(рис. 5), свидетельствуют, что по крайней мере некоторые виды рыб ведут относительно оседлый образ жизни.

Следовательно, распределение квот на вылов рыб в том или ином районе должен учитывать видовой состав улова, однако в настоящее время это не так. Предприниматели часто получают квоты на виды рыб, отсутствующие или почти отсутствующие в данном районе. В результате рыб данного вида либо ловят в другом районе, либо квоты на вылов рыб данного вида осваивают за счет вылова рыб иных видов, что негативно сказывается на промысловой статистике. Так, например, в последние несколько лет на оз. Чукчагирское ежегодно закрывают квоты на амурского сазана, почти ежегодно квоты на лов крупночешуйного желтопера и уклея распределяют на Николаевский район, где рыб данных видов нет. В том же Нанайском районе основной вылов рыб приходится на амурского язя и крупночешуйного желтопера, запасы которых недостаточны для ведения промысла. В промышленных масштабах здесь «вылавливают» и амурского плоскоголового жереха, амурского сига, которые в уловах встречаются единично. Для того, чтобы закрыть полученные квоты на несуществующие на данном участке виды рыб, предприниматели скупают рыбу в других районах, в том числе и у лиц, не имеющих законных оснований на вылов.

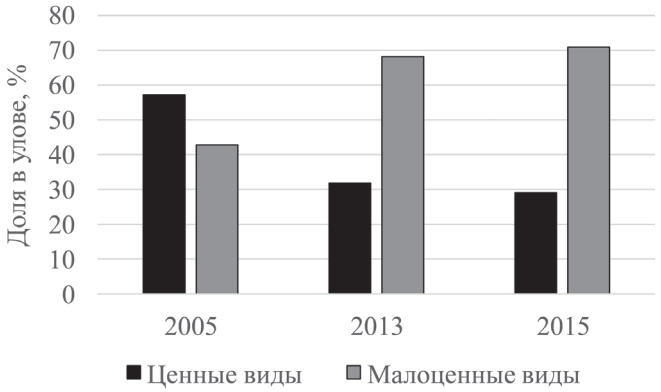


Рис. 5. Изменение доли (%) ценных промысловых рыб в уловах в период с 2005 г. по 2015 г. (Нанайский район)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Запасы пресноводных рыб Амура за всю историю их промысла были подорваны как минимум три раза. В настоящее время после значительного снижения запасов пресноводных рыб в конце 80-х гг. прошлого века, запасы этих рыб медленно восстанавливаются. Восстановление запасов проходит в период вновь начавшего развиваться промысла. Первоочередная задача – сохранение и восстановление подорванных ранее запасов пресноводных рыб. Для того, чтобы не подорвать запасы пресноводных рыб в каком-либо районе, необходимо, чтобы промысловая нагрузка была равномерно распределена по районам промысла с учетом видового состава уловов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Семенченко Н.Н. 2011. Распространение и обилие пресноводных промысловых рыб р. Амур // Всерос. конф. «Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России: Матер. Дальневост. регионал. конф., посвящ. памяти А.П. Васьковского и в честь его 100-летия (Магадан, 22–24 ноября 2011 г.). С. 161–162.

Сечин Ю.Т. 1969. Оптимальный ассортимент сетей для водохранилищ // Тр. Саратовского отделения ГОСНИОРХ. Т. 9. С. 8–63.

Трещев А.И. 1974. Научные основы селективного рыболовства. М.: Пищ. пром-сть. 446 с.

Черешнев И.А. 1998. Биогеография пресноводных рыб Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука. 131 с.

УДК 597.552.3

ПРОМЫСЛОВО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЫКНОВЕННОЙ МАЛОРОТОЙ КОРЮШКИ *HYPOMESUS OLIDUS* (PALLAS, 1814) Р. АМУР

Е.В. Островская

Н. с.; Хабаровский филиал ФГБНУ «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр»
680000, Хабаровск, Амурский бульвар, 13А
Тел.: (4212) 31-53-96. E-mail: ostrovkhv@rambler.ru.

HYPOMESUS OLIDUS, Р. АМУР, МОРФОЛОГИЯ, ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА, ПРОМЫСЕЛ

Изучены морфология и биологические показатели малоротой корюшки р. Амур. Приведены различия в морфологии и биологии разных форм малоротой корюшки. Выявлены роли двух форм *Hypomesus olidus* в промысле в бассейне р. Амур.

FISHERIES AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF POND SMELT *HYPOMESUS OLIDUS* (PALLAS, 1814) IN AMUR RIVER

E.V. Ostrovskaya

Researcher, Khabarovsk Branch Pacific Research Fisheries Centre
680000, Khabarovsk, Amursky blvrd., 13A
Tel.: (4212) 31-53-96. E-mail: ostrovkhv@rambler.ru.

HYPOMESUS OLIDUS, AMUR RIVER MORPHOLOGY, POPULATION STRUCTURE, FISHERY

Morphology and biological parameters of pond smelt in Amur River were studied. Morphological and biological specifics of different morphs of pond smelt are described. The commercial fishery role each form of *Hypomesus olidus* plays in the Amur River basin is figured out.

В бассейне Амура малоротая корюшка (*Hypomesus* sp.) — один из наиболее важных промысловых объектов. В последнее время спрос на нее повышается. Еще в 50-е годы XX века считалось, что в р. Амур живет только жилая форма малоротой корюшки *H. olidus*, аналогичная европейскому снетку, всегда живущая в Нижнем и отчасти Среднем Амуре и его озерах (Ковшов, 1957). В настоящее время, как и прежде, вся малоротая корюшка бассейна р. Амур считается жилой (Приказ.., 2012). Однако в р. Амур присутствует не только жилая форма малоротой корюшки, но и проходная, мигрирующая на нерест из Амурского лимана вместе с азиатской зубастой корюшкой (*Osmerus dentex*), но данный факт не находит отражения ни в промысловой статистике, ни в журналах биологических анализов XX века. Отсутствие сведений о структуре популяции затрудняет ретроспективный анализ динамики ее состояния, что препятствует ведению рационального промысла.

Цель работы — сравнить морфологические и биологические характеристики малоротых корюшек из различных районов бассейна р. Амур для уточнения популяционной структуры.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал собран в разных участках бассейна р. Амур от р. Зея до с. Сусанино (табл. 1). Собранный материал обрабатывали по общепринятым методикам (Чугунова, 1959; Тюрин, 1963; Правдин, 1966; Зиновьев, Мандрица, 2003). Систематика приведена согласно Н.Г. Богуцкой и А.М. Насеке (2004). Средние значения признаков сравнивали по Т-критерию Стьюдента, значимыми считали различия на уровне менее 0,05.

По некоторым важным в систематическом отношении признакам выявлен половой диморфизм (табл. 2). Наибольшее количество признаков, по которым значимо различаются самки и самцы, наблюдалось у рыб в выборке из р. Зея.

Почти во всех выборках высота и длина основания парных и непарных плавников у самцов была больше, чем у самок. По причине различий в строении тела самцов и самок, данные по рыбам разного пола анализировали отдельно. Рыбы, пол которых установить не удалось, из анализа исключены.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе известных видовых признаков рыб из пяти станций сбора материала (табл. 3) установлено, что в бассейне р. Амур обитает два вида малоротой корюшки: в выборках из пр. Сий, р. Зея, р. Амур у пос. Владимировка и пос. Сусанино присутствовала обыкновенная малоротая корюшка *Hypomesus olidus*, а в выборке из оз. Кизи — *Hypomesus nipponensis*, японская малоротая корюшка. Данные виды хорошо различаются по характеру соединения ductus pneumaticus с плавательным пузырем, по расположению зубов на язычной кости, по количеству позвонков, поперечных рядов чешуй в боковой линии и некоторым другим признакам (табл. 3).

Четыре группировки обыкновенной малоротой корюшки неоднородны. Они значимо различаются по средним показателям упитанности, абсолютной и относительной плодовитости и некоторым другим признакам (табл. 3). Корюшка в выборке из русла Амура близ пос. Сусанино мигрирует в реку из Амурского лимана, она обычна в смешанных уловах с азиатской зубастой корюшкой, нерестится в его русле. Принадлежность данной корюшки к анадромной форме не вызывает сомнений, поэтому ее биологические и морфологические параметры можно использовать в качестве реперных для установления принадлежности малоротых корюшек из остальных выборок к жилой или проходной форме.

Обыкновенная малоротая корюшка проходной формы (пос. Сусанино) крупнее корюшки данного вида из трех остальных районов исследования (р. Зея, пр. Сий, р. Амур у пос. Владимировка). Она имеет наибольшую индивидуальную абсолютную плодовитость при наименьшей относительной плодовитости, более упитанная (табл. 3).

Обыкновенная малоротая корюшка из района пос. Сусанино отличается от корюшек данного вида из трех остальных районов сбора материала и по морфологическим признакам. Рыб сравнивали по относительным значениям 41 пластического признака и по 17 меристическим признакам (табл. 4).

Наиболее часто значимые различия наблюдались по длине верхней челюсти, длине нижней челюсти, антепектральному и антеанальному расстояниям, высоте спинного и брюшного плавников и пектовентральному расстоянию, выраженным в процентах от длины тела по Смитту, а также по высоте грудного плавника, выраженной в процентах от пектовентрального расстояния. Среди меристических признаков наиболее часто значимые различия наблюдались в количестве жаберных тычинок на верхней половине дуги и в числе пилорических придатков. По таким признакам, как длина основания спинного плавника,

Таблица 1. Районы и сроки сбора материала

Регион	Район	Водоемы	Дата	Кол-во рыб, отобранных на анализ, экз.
Хабаровский край	Хабаровский	Озеро-отстойник Осетрового рыбзавода у пос. Владимировка	Сентябрь, 2016	10
	Ульчский	Русло р. Амур у пос. Сусанино	Апрель, 2014	36
		Оз. Кизи у пос. Мариинское	Август, 2016	4
Амурская область	Амурский	Оз. Болонь, протока Сий	Февраль, 2014	29
	Зейский	Русло р. Зея, ниже водохранилища	Май, 2014	33

Таблица 2. Морфологические признаки малоротых корюшек из бассейна р. Амур, по которым выявлены значимые различия строения тела самцов и самок (обозначены знаком +)

Признак	Пр. Сий	С. Сусанино	Р. Зея	Пос. Владимировка	Оз. Кизи
Длина тела от рыла до конца чешуйного покрова		+			
Длина основания анального плавника	+	+	+		
Длина основания спинного плавника			+		
Длина основания грудного плавника		+	+		
Длина основания брюшного плавника					+
Длина основания жирового плавника			+		
Высота спинного плавника	+	+	+	+	
Высота грудного плавника	+	+	+	+	
Высота брюшного плавника	+	+	+		
Пектовентральное расстояние	+	+			
Вентроанальное расстояние	+		+		
Антеанальное расстояние		+		+	
Длина нижней челюсти			+		
Толщина хвостового стебля			+		
Количество пилорических придатков			+		
Количество жаберных тычинок	+				

количество неветвистых лучей в спинном, грудном, брюшном плавниках, количество ветвистых лучей в брюшном плавнике, различий не наблюдалось ни в одной сравниваемой паре группировок.

Полученный результат позволяет заключить, что обыкновенная малоротая корюшка из протоки Сий, реки Зея и русла Амура близ пос. Владимировка не может быть отнесена к проходной форме. Но рыбы этих группировок тоже не однородны по строению тела. Причина этого, видимо, связана с наличием локальных группировок, адаптированных к существованию в уникальных условиях мест обитания. Вероятно, рыбы данных группировок ведут относительно оседлый образ жизни. Миграции на большие расстояния, разделяющие группировки жилых корюшек от мест воспроизводства, маловероятны по причине раннего срока созревания.

Годовой вылов корюшки в последние годы достигает нескольких тысяч тонн (рис. 1). Однако в промысловой статистике не всегда выделяли не только жилую и проходную формы, но и виды. Статистические данные по величине официального вылова корюшки, полученные в разные годы в Бассейновом управлении «Амуррыбвод», Управлении Россельхознадзора по Хабаровскому краю и ЕАО, Амурском ТУ ФАР, приводятся с 30-х гг. XX века, но до 1950 г.

Таблица 3. Пределы варьирования (min–max) и средние значения биологических показателей (M) малоротой корюшки в бассейне р. Амур

Показатель	Пр. Сий	Р. Амур, пос. Сусанино	Р. Зея	Р. Амур, пос. Владимировка	Ооз. Кизи
	min–max/M	min–max/M	min–max/M	min–max/M	min–max/M
Длина тела Ac, см	6,7–8,1/7,3	8,96–11,5/10,4	6,5–8/7,1	6,85–7,8/7,3	5,9–9,8/8,4
Кол-во чешуй в боковой линии	53–58/55,5	54–59/56,8	53–57/55,06	51–57/54,5	54–58/56,5
Число пилорических придатков	2	2	2–4/2,8	2–3/2,3	2
Число позвонков	50–52/51,2	50–53/51,6	48–54/51	51–57/53,4	51–56/53,5
Количество жаберных тычинок	30–34/31,2	28–34/31,97	30–34/31,5	30–36/32,8	31–35/33
Прикрепление ductus pneumaticus к плавательному пузырю	На расстоянии от переднего конца плавательного пузыря	На расстоянии от переднего конца плавательного пузыря	На расстоянии от переднего конца плавательного пузыря	На расстоянии от переднего конца плавательного пузыря	К переднему концу плавательного пузыря
Расположение зубов на язычной кости	Крупные зубы в центральной части язычной кости	Крупные зубы в центральной части язычной кости	Мелкие зубы в центральной части язычной кости	Зубы среднего размера в центральной части язычной кости	Зубы среднего размера в задней части язычной кости
Масса, г	2,24–4,29/3,06	5,78–13,03/9,54	1,1–4,01/2,54	3,4–4,75/3,84	1,47–9,26/6,16
Соотношение полов	1:1	1:3	1:1	1:1	1:1
Масса гонад, г	0,04–0,47/0,2	0,14–2,14/1,13	0,049–0,55/0,25	0,12–0,22/0,18	0,21
Стадия зрелости, балл	3–4/3,1	4	4	3–4/3,3	5–6/5,5
ИАП	2205,4–4272,9/ 3003,7	4728,4–12432,6/ 7951,69	1173,04–2778,8/ 1930,3	2302,89–4193,84/ 3124,2	
ОП	899,05–1795,95/ 1384,10	856,65–1507,98/ 1166,35	1021–1951/ 1517,9	1161,9–1584,4/ 1394,1	
ГСИ	2,09–18,26/9,3	2,08–25,63/16,87	3,05–32,15/16,35	4,7–8,6/6,5	4,01
Возраст	0–1/0,59	1–3/2,03	0–1/0,65	1	1–3/2
Количество внутреннего жира, балл	1–4/2,97	1–4/1,3	1–5/3,85	1–4/3,7	1–5/4
Наполнение желудка, балл	1	1	1	1–4/2,4	1–3/1,5
Коэффициент упитанности по Кларк	2,54–4,07/2,96	4,75–8,25/6,5	2,14–3,58/2,75	2,88–4,44/3,6	2,12–6,49/5,17
Коэффициент упитанности по Фультону	3,33–5,29/4,17	6,33–11,74/9,16	3,5–4,9/4,12	4,83–6,07/5,27	2,5–9,6/6,84

Таблица 4. Число признаков, по которым выявлены значимые различия строения тела малоротой корюшки различных группировок р. Амур

Самцы \ Самки	Протока Сий	Река Зея	Пос. Владимировка	Село Сусанино
	Пластические признаки			
Протока Сий	–	16	8	24
Река Зея	15	–	17	13
Поселок Владимировка	8	12	–	8
Село Сусанино	13	23	12	–
	Меристические признаки			
Протока Сий	–	5	6	6
Река Зея	5	–	4	8
Поселок Владимировка	5	6	–	2
Село Сусанино	3	7	5	–

малоротую корюшку в уловах объединяли с азиатской зубатой корюшкой — основным промысловым видом амурских корюшек.

Сведения о промысле проходной малоротой корюшки не полные и до 1967 г. имели фрагментарный характер. Ее промысел был сосредоточен на ограниченном участке Нижнего Амура, от г. Николаевска-на-Амуре до с. Сусанино, хотя она поднимается по Амуру до с. Мариинского (рис. 2). Ловят ее в период нерестовой миграции, которая проходит с первой декады февраля до середины мая. В последние годы проходная малоротая корюшка вызывает большой интерес рыбодобывающих организаций. С 90-х гг. прослеживается тенденция постепенного увеличения ее уловов. Начиная с 2011 г., уловы проходной формы малоротой корюшки выросли почти вдвое и не опускались ниже 1000 т. Ежегодный вылов за 2011–2015 гг. в среднем составил 1424 т.

Жилая малоротая корюшка по биологическим характеристикам и строению тела отличается от проходной. Полученные нами результаты позволяют дифференцировать малоротую корюшку на жилую и проходную формы по местам промысла (рис. 2). Уловы жилой формы малоротой корюшки отмечаются в отчетности Амуррыбвода редко. Первое упоминание об ее уловах приходится на 1962 г., тогда же



Рис. 1. Динамика уловов корюшки в р. Амур (по официальным данным)



Рис. 2. Районы промысла и станции сбора материала жилой и проходной форм малоротых корюшек в бассейне р. Амур (архивные данные ХфТИНРО, АТУ Амуррыбвод)

был отмечен максимальный улов этой корюшки — 84,5 т. Согласно официальным данным, за всю историю промысла было добыто 257 т жилой малоротой корюшки. В отдельные годы промысел велся в Амурском р-не Хабаровского края (оз. Болонь), в районе им. Полины Осипенко (оз. Чукчагирское) и Еврейской автономной области у пос. Головино и Нижнеленинское.

Вследствие укороченного жизненного цикла и сильной зависимости условий воспроизводства жилой корюшки от климатических факторов (Никольский, 1956), ее численность подвержена значительным флуктуациям, поэтому промысел рентабелен лишь в годы вспышек численности. В последние годы ее добывали на оз. Чукчагирском, но, например, в 2010 г. промысел не велся из-за низкой численности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты морфологического анализа позволяют заключить, что, судя по районам лова малоротой корюшки в бас. р. Амур, в последние годы она практически полностью представлена проходной формой. Как и у прочих видов анадромных рыб, прогноз ее численности не может быть достаточно надежным, а, как правило, запаздывающая статистическая отчетность по вылову способствует перелову. По этой причине полагаем, что в целях рациональной эксплуатации запаса вылов амурской малоротой корюшки должен регулироваться деятельностью Комиссии по вылову (добыче) анадромных видов рыб Хабаровского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Богуцкая Н.Г., Насека А.М. 2004. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. М.: Товарищество научных изданий КМК. 389 с.

Зиновьев Е.А., Мандрица С.А. 2003. Методы исследования пресноводных рыб: учебное пособие по спецкурсу. Пермь: Пермский ун-т. 113 с.

Ковшов В.А. 1957. Информационный отчет о работе Амурского отделения ТИНРО за второе полугодие 1957 года. АоТИНРО. № 288. Хабаровск. 12 с.

Никольский Г.В. 1956. Рыбы бассейна Амура. Итоги Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. М.: АН СССР. 551 с.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть. 376 с.

Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 16 октября 2012 г. № 548 с изменениями на 5 августа 2015 г. № 342.

Тюрин П.В. 1963. Биологические обоснования регулирования рыболовства на внутренних водоемах. М.: Пищепромиздат. 120 с.

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

УДК 597.2/5

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КАРАСЯ В РАЗЛИЧНЫХ ОЗЕРНЫХ СИСТЕМАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Г.А. Романенко

Мл. н. с.; Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр»
656043, Барнаул, Пролетарская, 113
Тел./факс: (3852) 63-96-90. E-mail: artemia@alt.ru, vesninal.v@mail.ru

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ, ОЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ, СЕРЕБРЯНЫЙ КАРАСЬ, ЗОЛОТОЙ КАРАСЬ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, СОСТОЯНИЕ ПРОМЫСЛА

На основе ретроспективных данных и материалов современных исследований осуществляется оценка состояния популяций двух видов рода карась (*Carassius* Jarocki, 1822): серебряного *C. auratus* (Linnaeus, 1758) и золотого карася *C. carassius* (Linnaeus, 1758) в озерных системах Алтайского края. Дается характеристика состояния промысла этих видов водных биоресурсов.

THE CURRENT STATE OF CARP SPECIES IN VARIOUS LAKE SYSTEMS OF ALTAI TERRITORY

G.A. Romanenko

Researcher; Altai branch of FSBI "Gosrybcenter"
656043, Barnaul, Proletarskaya, 113
Tel./fax: (3852) 63-96-90. E-mail: artemia@alt.ru, vesninal.v@mail.ru

ALTAI TERRITORY, LAKE SYSTEMS, PRUSSIAN CARP, CRUCIAN CARP, ECOLOGICAL SPECIFICS, STATUS OF FISHERY

The state of the populations of two carp species (*Carassius* Jarocki, 1822): Prussian carp *C. auratus* (Linnaeus, 1758) and Crucian carp *C. carassius* (Linnaeus, 1758) in the lake systems of Altai Territory was estimated on retrospective data and materials of modern researches. The state of fishery of mentioned aquatic resource species is evaluated.

В условиях постепенного развития рыбохозяйственной отрасли экономики в Российской Федерации все большую актуальность приобретают вопросы изучения современного состояния естественных популяций рыб, обитающих в разнотипных водных объектах страны. За последние полвека серебряный карась *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) существенно распространился по территории (от Европы до Сибири и Дальнего Востока) и увеличил свою численность во многих водных бассейнах (Цепкин, 2003а, б; Янкова, 2014; Сидорова, 2016). В то же время некоторыми авторами отмечается сокращение численности золотого карася *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) вследствие различных причин (Smartt, 2007; Щербуха, 2009; Ризевский и др., 2013; Таскаева и др., 2016).

На сегодня серебряный карась отмечен как один из наиболее распространенных представителей ихтиофауны Алтайского края (Романенко, Журавлев, 2014). Ареал этого вида на территории региона охватывает большинство равнинных озер и пойменных водоемов бассейна Верхней Оби, причем необходимо отметить, что караси составляют значительную долю в уловах из водоемов с богатым видовым составом ихтиофауны, а в заморных карасевых озерах являются единственными объектами промысла.

До настоящего времени в России рыбопромысловой статистикой золотой и серебряный караси не разделяются как виды и учитываются по одной группе — «карась», поэтому невозможно доподлинно установить динамику вылова того или иного вида.

Исторически промысел представителей рода карась (*Carassius* Jarocki, 1822) в Алтайском крае сложился на небольшом количестве материковых озер (Зеркальное Шипуновского района, Бахматовское Алейского района, Кривое Завьяловского района и Большое и Малое Островные Мамонтовского района). Их объединяли сходный состав ихтиофауны, значения биологической продуктивности, морфометрические показатели и в первую очередь близость к предпри-

ятию переработки — Мамонтовскому рыбокомбинату. Промысел осуществлялся круглый год и обеспечивал более 70% общего среднегодового улова карасей по Алтайскому краю. Остальные материковые озера и пойменные водоемы р. Обь облавливались нерегулярно (с периодичностью в несколько лет), тем не менее обеспечивали 20–25% уловов карася. Средняя динамика уловов в советское время такова: 60-е гг. XX века — 300,0 т, 70-е — 341,3 т, 80-е — 347,5 т (Петкевич, Никонов, 1974; Журавлев, 1989; Веснина и др., 1999). В 90-е годы произошел развал рыбодобывающей отрасли региона, объемы вылова максимально снизились.

В Алтайском крае исследователи выделяют шесть крупных озерно-речных систем: Кулундинскую, Барнаульскую, Касмалинскую, Бурлинскую, Бийско-Чумышскую и отдельно рассматривают группу пойменных озер рек Алей и Чарыш. Бийско-Чумышская система приурочена к правобережным приобским сосновым борам и березовым колкам, остальные системы располагаются преимущественно в степной зоне и приурочены к бассейнам древнего стока и реликтовым ленточным сосновым борам (Веснина и др., 1999).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал для настоящей статьи был собран в вегетационные сезоны 2010–2016 гг. Также использовались архивные материалы Алтайского филиала ФГБНУ «Госрыбцентр». Официальная промысловая статистика основана на данных Верхнеобского территориального управления Росрыболовства. Систематическое положение объектов ихтиофауны приведено согласно Атласу пресноводных рыб России (2003).

Сбор ихтиологического материала проводился методом контрольных обловов набором ставных жаберных сетей с ячеей 22,0–85,0 мм, длительность экспозиции — 12 часов. При сборе, обработке и анализе ихтиологического материала применялись методики (Правдин, 1958, 1966; Лакин, 1990; Романов и др., 2012). У серебряного карася измерялись абсолютная и промысловая длина с точностью до 1,0 мм и масса с точностью до 1,0 г.

Статистическая обработка, подготовка таблиц и графических изображений данных приведены на ЭВМ с использованием программ Microsoft Excel, Microsoft Word и Paint.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В среднем за последние 7 лет (2010–2016 гг.) в озерных системах Алтайского края ежегодно добывалось по 256,6±40,8 т рыбы, из них 205,7±36,3 т (80,2%) приходится на долю карася (рис. 1). Максимальная добыча (вылов) рыбы (и в том числе карася) в озерных системах была отмечена в 2012 и 2015 гг., минимальная — в 2014 г., вследствие того, что один из основных рыбозаготовителей столкнулся с экономическими проблемами при получении разрешительных документов и не смог начать промысел.

Максимальное освоение рыбных запасов на протяжении ряда лет характерно для Бурлинской и Кулундинской озерных систем (47 и 35% от общего освоения по озерам региона соответственно). Остальные водные объекты в настоящее время относительно слабо освоены в рыбохозяйственном отношении, промысел на них не регулярен, часто приурочен к одному-двум водоемам и в целом носит эпизодический характер (рис. 2).

Среднемноголетняя доля карася в уловах из всех озерных систем составляет 80,0–100,0%, за исключением Бийско-Чумышской, где основой промысла является добыча (вылов) плотвы *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) (рис. 3). Уловы Барнаульской и Касмалинской систем последние 7 лет представлены исключительно комплексом золотого и серебряного карася с подавляющим преобладанием последнего.

Следует отметить, что золотой карась в исследованных водоемах не отличается большой численно-

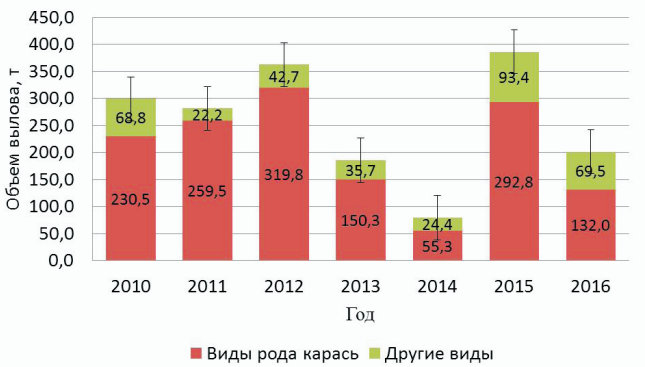


Рис. 1. Объемы добычи (вылова) видов рода карась в общих уловах по озерным системам Алтайского края, 2010–2016 гг.



Рис. 2. Среднемноголетний вклад каждой озерной системы в общий объем добытой озерной рыбы

стью и, скорее всего, не играет существенной роли в общих промысловых уловах. В то же время численность серебряного карася стабильно высока в подавляющем большинстве водных объектов, поэтому мы подробнее рассмотрим размерно-возрастную структуру этого вида для каждой озерной системы.

Кулундинская система включает 894 пресных озера общей площадью более 142,0 км^2. Наиболее крупные из них: оз. Мостовое (37,3 км^2), Горько-Ключевское (18,4 км^2) и Кривое (14,0 км^2) (Веснина и др., 1999). Оз. Мостовое Завьяловского района (единственный водоем системы, промысел на котором ведется постоянно в течение ряда лет) отличается наиболее богатым видовым составом ихтиофауны: здесь обитают речной окунь (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758), обыкновенная щука (*Esox lucius* Linnaeus, 1758), обыкновенный судак (*Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758)), серебряный карась, плотва (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)) и др. Другие водоемы системы преимущественно карасевые.

В 60-е годы основным промысловым видом в оз. Мостовом был речной окунь. С 1990 по 1998 гг. — серебряный карась, составляющий до 90% улова. В связи со значительными колебаниями гидрохимического и уровенного режима водоема, темпы роста серебряного карася здесь динамично колеблются в зависимости от периодов водности. В траловых уловах 1992 г. серебряный карась был представлен в возрасте от 3+ до 5+ лет с промысловой длиной тела и массой 170,0–260,0 мм и 180,0–610,0 г соответственно. За последние годы (2010–2016 гг.) возрастная структура промысловых уловов не изменилась: все также преобладают особи четырех–шести лет (табл. 1), однако средние промысловая длина и масса, по сравнению с 90-ми гг. XX века снизились.

Бурлинская система включает 258 пресных озера общей площадью более 114,0 км^2. Наиболее крупные из них: оз. Песчаное (27,0 км^2), Хомутиное (17,8 км^2) и Малое Топольное (13,6 км^2). Большинство водоемов системы стабильно осваиваются промыслом уже не одно десятилетие и считаются самыми продуктивными в регионе (Веснина и др., 1999). Ихтиофауна представлена плотвой (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)), обыкновенной щукой (*Esox lucius* Linnaeus, 1758), серебряным карасем, язем (*Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758)), обыкновенным судаком (*Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758)) и сазаном (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1759).

В контрольных уловах из оз. Песчаного Бурлинского района серебряный карась был представлен четырьмя возрастными группами (табл. 2). Основу промыслового стада составляют особи четырехлет-

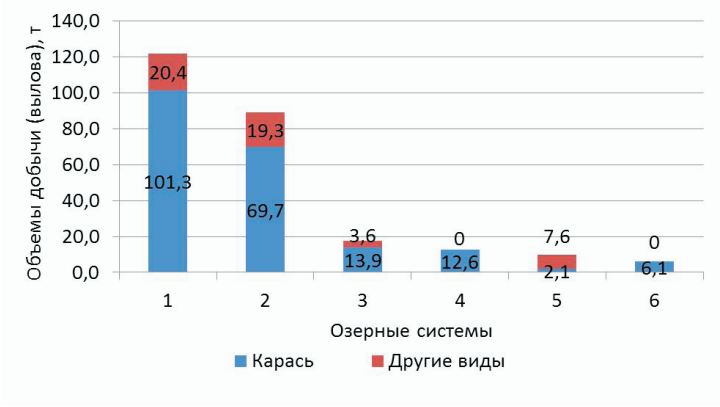


Рис. 3. Среднемноголетняя доля карася в уловах из озерных систем Алтайского края: 1) Бурлинская; 2) Кулундинская; 3) пойменные озера рек Алей и Чарыш; 4) Касмалинская; 5) Бийско-Чумышская; 6) Барнаульская

Таблица 1. Размерно-возрастная характеристика промыслового стада серебряного карася озера Мостовое Кулундинской системы Алтайского края, 2010–2016 гг.

Возраст, лет	Промысловая длина тела, мм		Масса рыб, г		Возрастные группы, %
	средняя	lim	средняя	lim	
3+	186,0±1,8	169,0–193,0	234,7±5,7	190,0–285,0	48,0
4+	206,0±3,5	191,0–218,0	334,5±4,3	270,0–410,0	36,0
5+	239,0±3,7	222,0–254,0	496,1±6,3	450,0–560,0	16,0

Таблица 2. Размерно-возрастная характеристика промысловых стад серебряного карася Бурлинской системы озер Алтайского края, 2010–2016 гг.

Возраст, лет	Промысловая длина тела, мм		Масса рыб, г		Возрастные группы, %
	средняя	lim	средняя	lim	
Оз. Песчаное Бурлинского района					
1+	177,3±1,7	167,0–187,0	186,7±7,6	164,0–202,0	3,3
2+	191,5±3,2	127,0–222,0	275,7±10,2	166,0–392,0	27,5
3+	213,6±4,8	178,0–246,0	357,3±11,3	206,0–482,0	42,5
4+	218,7±3,5	205,0–228,0	396,6±8,9	358,0–440,0	26,7
Оз. Малое Топольное Хабарского района					
1+	204,5±4,5	200,0–209,0	354,0±14,0	340,0–368,0	12,5
2+	221,5±1,9	214,0–231,0	392,9±9,0	332,0–436,0	68,8
3+	237,7±2,2	235,0–242,0	444,0±9,0	434,0–462,0	18,7

него возраста (42,5%) со средней массой 357,3 г и промысловой длиной 213,6 мм. В оз. Малое Тополь-ное Хабарского района из возрастного ряда выпадают пятилетки: в уловах серебряный карась представлен особями от 1+ до 3+, с преобладанием трехлеток (68,8%). Масса особей колебалась от 340,0 до 462,0 г, средняя промысловая длина — от 200,0 до 242,0 мм.

Касмалинская система включает 266 пресных озер общей площадью более 115,0 км^2. Наиболее крупные из них: оз. Большое и Малое Островные (28,6 км^2), Бычье (20,8 км^2) и Валовое (14,8 км^2) (Веснина и др., 1999). Водоемы обладают большим ресурсным потенциалом, тем не менее промысел на них практически не ведется. Ихтиофауна представлена серебряным и золотым карасем, озерным гольяном (*Phoxinus phoxinus* Linnaeus, 1758).

В последние годы нерестовое и промысловое стадо серебряного карася в оз. Большое Островное Мамонтовского района образовано пятью возрастными группами (от 1+ до 5+ лет) (табл. 3), причем стоит отметить увеличение темпов весового и линейного роста серебряного карася по сравнению с 90-ми гг. XX века (Веснина и др., 1997). Основу стада составляли 3–5-годовалые особи, масса которых колебалась от 44,0 до 386,0 г, средняя промысловая длина — от 115,0 до 225,0 мм. Подобный возрастной состав фиксируется в оз. Молоково Романовского района; также для водоема в настоящий момент характерен процесс увеличения темпов весового и линейного роста серебряного карася. Основу промыслового стада составляли 3–5-летние особи с массой от 47,0 до 445,0 г, средняя промысловая длина — от 110,0 до 230,0 мм.

Барнаульская система включает 248 пресных озер общей площадью более 209 км^2. Наиболее крупные из них: оз. Горькое-Перешеечное (45,4 км^2), Зеркальное (22,3 км^2) и Бахматовское (19,6 км^2) (Веснина и др., 1999). Ихтиофауна представлена преимущественно серебряным карасем, редко встречается речной окунь (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758).

Стадо серебряного карася оз. Горькое-Перешеечное Егорьевского района образовано тремя возрастными группами (3+…5+). В уловах преобладали пятилетки со средней промысловой длиной 179,8 мм и массой 173,8 г (табл. 4). В оз. Бахматовское Алейского района преобладали 4- и 5-летние особи тугорослой формы с массой от 70,0 до 126,0 г и средней промысловой длиной от 130,0 до 161,0 мм.

Бийско-Чумышская система включает 495 пресных озер общей площадью более 125 км^2. Наиболее крупные из них: оз. Большой Уткуль (10,0 км^2), Петровское (4,0 км^2) и Красиловское (1,9 км^2) (Веснина и др., 1999). Ихтиофауна представлена преимущественно плотвой, реже встречаются речной окунь (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758), серебряный карась и обыкновенная щука (*Esox lucius* Linnaeus, 1758).

Таблица 3. Размерно-возрастная характеристика промысловых стад серебряного карася Касмалинской системы озер Алтайского края, 2010–2016 гг.

Возраст, лет	Промысловая длина тела, мм		Масса рыб, г		Возрастные группы, %
	средняя	lim	средняя	lim	
Оз. Большое Островное					
1+	118,7±0,8	115,0–120,0	46,5±5,5	44,0–49,0	7,1
2+	126,6±1,3	115,0–140,0	59,7±4,7	44,0–82,0	55,4
3+	159,0±1,7	140,0–185,0	127,8±7,1	77,0–212,0	16,1
4+	197,1±2,1	165,0–225,0	258,1±5,8	176,0–386,0	17,8
5+	210,0±3,4	200,0–220,0	270,5±9,8	241,0–300,0	3,6
Оз. Молоково					
2+	127,7±3,5	110,0–180,0	62,5±7,1	47,0–170,0	34,5
3+	190,4±4,8	165,0–225,0	213,4±9,3	103,0–367,0	43,6
4+	210,5±4,9	195,0–230,0	310,4±4,7	206,0–445,0	18,2
5+	235,0±5,3	225,0–245,0	475,5±7,5	412,0–539,0	3,7

Таблица 4. Размерно-возрастная характеристика промысловых стад серебряного карася Барнаульской системы озер Алтайского края, 2010–2016 гг.

Возраст, лет	Промысловая длина тела, мм		Масса рыб, г		Возрастные группы, %
	средняя	lim	средняя	lim	
Оз. Горькое–Перешеечное Егорьевского района					
3+	168,0±0,6	125,0–182,0	145,0±12,4	96,0–164,0	12,0
4+	179,8±1,1	158,0–193,0	173,8±14,8	131,0–204,0	72,0
5+	194,0±3,2	167,0–221,0	178,0±9,6	156,0–219,0	16,0
Оз. Бахматовское Алейского района					
2+	128,0±1,8	125,0–165,0	52,5±14,5	38,0–67,0	9,5
3+	145,0±0,5	130,0–161,0	100,8±6,0	70,0–126,0	47,6
4+	146,0±0,3	134,0–158,0	103,2±3,4	90,0–111,0	42,9

Для карповых рыб этой системы характерен замедленный весовой и линейный рост, что объясняется слабым развитием кормовой базы (табл. 5). Стадо серебряного карася оз. Красилово Косихинского района представлено четырьмя возрастными группами (от 2+ до 5+), преобладают четырех- и пятилетки тугорослой формы со средней промысловой длиной от 101,0 до 135,0 мм и массой от 43,0 до 98,8 г.

Группа пойменных озер рек Алей и Чарыш включает 257 пресных озер общей площадью более 55 км^2. Наиболее крупные из них: оз. Большие Ракиты (8,0 км^2), Горькое (7,5 км^2) и Гусиное (6,5 км^2) (Веснина и др., 1999). Это разнородная группа озер с различным видовым составом ихтиофауны: часто встречаются речной окунь (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) и серебряный карась (*Carassius auratus* (Linnaeus, 1758)), реже — обыкновенная щука (*Esox lucius* Linnaeus, 1758), сазан (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1759), плотва (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)), ротан (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) и др.

В контрольных уловах из оз. Среднее Рубцовского района стадо серебряного карася было представлено пятью возрастными группами (табл. 6). Основу промыслового стада составляли особи 3–5-летнего возраста со средней массой от 47,0 до 219,0 г и промысловой длиной от 110,0 до 185,0 мм. Стадо серебряного карася оз. Травное Алейского района представлено тремя возрастными группами (от 3+ до 5+), где преобладают 4- и 5-летки со средней промысловой длиной от 200,0 до 312,0 мм и массой от 126,0 до 530,0 г.

Серебряный карась в озерных системах Алтайского края достигает половой зрелости на третьем–четвертом году жизни. Абсолютная плодовитость колеблется в пределах от 17,4 до 44,9 тыс. икринок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Алтайский край обладает достаточно крупным озерным фондом (около 1000 км^2), который на данный момент, в силу различных причин, используется малоэффективно.

Данные о размерно-возрастном составе промысловых стад серебряного карася свидетельствуют о низком темпе весового и линейного роста, т. е. в большинстве водоемов карась представляет собой малоценную в экономическом отношении тугорослую форму.

Водные объекты рассмотренных озерных систем требуют проведения комплекса мероприятий по рыбохозяйственной мелиорации, и в первую очередь сокращения численности мелкой тугорослой формы серебряного карася. Только при этом условии будет возможно развитие рыбной отрасли в регионе.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем искреннюю признательность коллективу Алтайского филиала ФГБНУ «Госрыбцентр» (Барнаул) за предоставленную информацию, использованную в данной работе.

Таблица 5. Размерно-возрастная характеристика промысловых стад серебряного карася оз. Красилово Бийско-Чумышской системы озер Алтайского края, 2010–2016 гг.

Возраст, лет	Промысловая длина тела, мм		Масса рыб, г		Возрастные группы, %
	средняя	lim	средняя	lim	
2+	89,0±1,5	81,0–99,0	21,0±6,8	18,5–25,5	9,7
3+	108,0±2,3	101,0–120,0	48,0±7,4	43,0–55,0	45,6
4+	128,0±3,1	121,0–135,0	88,0±9,4	75,1–98,8	33,9
5+	150,0±4,5	129,0–182,0	120,0±12,8	87,9–147,0	10,8

Таблица 6. Размерно-возрастная характеристика промысловых стад серебряного карася пойменных водоемов рек Алей и Чарыш Алтайского края, 2010–2016 гг.

Возраст, лет	Промысловая длина тела, мм		Масса рыб, г		Возрастные группы, %
	средняя	lim	средняя	lim	
Оз. Среднее Рубцовского района					
2+	124,0±0,7	110,0–130,0	62,6±7,3	47,0–71,0	29,7
3+	156,2±0,9	130,0–185,0	133,6±8,7	71,0–207,0	35,1
4+	178,0±1,4	175,0–185,0	182,1±12,5	158,0–219,0	27,0
5+	190,0±2,2	180,0–200,0	279,5±14,8	253,0–306,0	5,4
6+	225,0±2,4	200,0–232,0	367,0±17,3	302,0–408,0	2,8
Оз. Травное Алейского района					
3+	220,2±1,1	203,0–235,0	196,2±13,2	126,0–302,0	51,3
4+	247,7±2,3	200,0–312,0	279,4±11,5	123,0–530,0	39,0
5+	282,3±1,7	230,0–312,0	400,7±18,7	197,0–533,0	9,8

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Веснина Л.В., Журавлев В.Б., Новоселов В.А., Новоселова З.И., Ростовцев А.А., Соловов В.П., Студеникина Т.Л. 1999. Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования. Новосибирск: Наука. 285 с.

Веснина Л.В., Соловов В.П., Сивер В.М. 1997. Экосистема озера Островное в условиях антропогенного влияния (Алтайский край) // Биологическая продуктивность водоемов Западной Сибири и их рациональное использование: Матер. науч. конф. Новосибирск: СибНИИпроект. 356 с.

Журавлев В.Б. 1989. Биологические особенности карасей (род *Carassius* Cyprinidae) и перспективы их промысла в разнотипных озерах Алтайского края: Автореф. дис. … канд. биол. наук. М.: МГУ. 25 с.

Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М.: Высшая школа. 352 с.

Петкевич А.Н., Никонов Г.И. 1974. Караси Сибири: состояние запасов и рациональное их использование. Свердловск: Средне-Урал. кн. изд-во. 56 с.

Правдин И.Ф. 1958. Вопросы методики ихтиологических исследований и методы определения плодовитости рыб // Тр. Карел. фил. АН СССР. Вып. 13. С. 167–197.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) (Под ред. П.А. Дрягина и В.В. Покровского). М.: Пищ. пром-сть. 375 с.

Ризевский В.К., Зубей А.В., Ермолаева И.А. 2013. О вытеснении аборигенного карася золотого интродуцированным карасем серебряным // Вопр. рыбн. хозяйства Беларуси. Т. 29. С. 275–287.

Романенко Г.А., Журавлев В.Б. 2014. Морфоэкологические особенности серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) разнотипных водоемов бассейна среднего течения реки Алей // Тр. молодых ученых Алтайского гос. ун-та. Вып. 11. Барнаул: АГУ. С. 110–113.

Романов В.И., Петлина А.П., Бабкина И.Б. 2012. Методы исследования пресноводных рыб Сибири. Томск: ТГУ. 252 с.

Сидорова М.И. 2016. Современное состояние изученности генетической структуры популяции серебряного карася *Carassius auratus gibellio* (Bloch) в бассейне реки Тура // Молодой ученый. № 65. С. 156–158.

Таскаева К.Р., Бакина А.В., Янкова Н.В. 2016. Плодовитость двух видов карасей озера Большой Тараскуль // Проблемы современной науки и образования. № 37 (79). С. 27–30.

Цепкин Е.А. 2003а. *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) — серебряный карась / Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. Т. 1. Под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука. С. 221–223.

Цепкин Е.А. 2003б. *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) — золотой, или обыкновенный карась / Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. Т. 1. Под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука. С. 223–225.

Щербуха А.Я. 2009. Карась звичайний, Карась золотий / Червона книга України. Тваринний світ. К.: Глобалконсалтинг. С. 334.

Янкова Н.В. 2014. Нормирование роста серебряного и золотого карасей в озерах юга Тюменской области // Инновационное развитие современной науки. Уфа: Омега Сайнс. С. 95–98.

Smartt J. 2007. A possible genetic basis for species replacement: preliminary results of interspecific hybridisation between native crucian carp *Carassius carassius* (L.) and introduced goldfish *Carassius auratus* (L.) // Aquatic Invasions. Vol. 2, Issue 1: p. 59–62. Doi: http://dx.doi.org/10.3391/ai.2007.2.1.7.

УДК 574.6

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ПРИБРЕЖНЫХ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ СОКРАЩЕНИЯ ИХ ФИНАНСИРОВАНИЯ

А.А. Дуленин

Вед. н. с., к. б. н.; Хабаровский филиал Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра
680019, Хабаровск, Амурский бульвар, 13а
Тел./факс: (4212) 31-54-47, (42138) 4-00-59. E-mail: dulenin@mail.ru

ПРИБРЕЖНАЯ ЗОНА, ПРОМЫСЛОВО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД, МАЛОМЕРНЫЕ СУДА

Проанализированы материалы учетных съемок по оценке запасов водных биоресурсов прибрежной зоны в северо-западной части Татарского пролива. Установлено, что оптимальный способ организации НИР в прибрежной зоне — выполнение комплексных исследований с борта маломерных судов с привязкой к точкам берегового базирования. В течение одной экспедиции возможен сбор данных по рыбам, макрофитам, донным животным, кальмару, и т. п. на протяжении сотен километров прибрежной зоны. Использование маломерных судов большего размера и дооснащение их современными техническими средствами способно значительно расширить возможности НИР. Стоимость проведения НИР минимальна. Учетные съемки следует строить на основании анализа и в дополнение к материалам, получаемым на больших НИС. Организация таких съемок перспективна во множестве районов Дальнего Востока России.

COMPLEX APPROACH TO ORGANIZATION OF COASTAL FISHERIES RESEARCH IN TERMS OF FUNDING CUTS

A.A. Dulenin

Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Khabarovsk branch of the Pacific Research Fisheries Center
680019, Khabarovsk, Amursky boulevard, 13a
Tel./fax: (4212) 31-54-47, (42138) 4-00-59. E-mail: dulenin@mail.ru

COASTAL ZONE, FISHERIES AND BIOLOGICAL RESEARCHES, INTEGRATED APPROACH, SMALL VESSELS

Data of surveys carried in order to estimate stocks of aquatic bioresources in the coastal zone of the northwestern Tatar Strait were analyzed. It is found that the way which is optimal to provide research of this kind is making complex assessments on small vessels in terms when shore-based reference points are used. It is possible to collect data on fish, macroalgae, bottom invertebrates and squids, etc. all over several hundred kilometers in the coastal zone. Using larger vessels and retrofitting them with modern technical equipment can enhance fisheries and biological research efficiently. The cost of the research on the small vessels is minimal. Small fleet should provide additional materials to the data pool collected by big fleet. Using small fleet is promising for many parts of Russian Far East.

Основной проблемой рыбохозяйственных исследований в последние годы является значительное сокращение их финансирования. В таких условиях естественно, что средства большей частью расходуются на исследования приоритетных объектов (лососей, сельди и т. д.), вылов которых составляет от тысяч до десятков и сотен тысяч тонн. Гораздо хуже ситуация с объектами прибрежного рыболовства (рыбы прибрежного комплекса, морская капуста, двустворчатые моллюски, тихоокеанский кальмар и т. п.), объемы добычи которых много меньше и составляют, как правило, от нескольких десятков до нескольких тысяч тонн. По объективным причинам, их исследования всегда финансируются по остаточному принципу, в весьма небольших объемах. В связи с этим большие специализированные съемки до прибрежной зоны доходят редко. Например, в западной части Татарского пролива (Хабаровский край) водолазные гидробиологические съемки проводятся, в среднем, раз в 10 лет со времени изобретения акваланга (Дуленин, 2008, 2016а). Между тем промысловые объекты прибрежного комплекса составляет основу функционирования малых

предприятий и любительского рыболовства. Кроме того, даже при сокращении финансирования в силе остается необходимость разработки прогнозов ОДУ и РВ, требования к качеству которых повышаются. Эти обстоятельства создают необходимость организации максимально дешевых и эффективных НИР.

Цель настоящего сообщения — предложить для решения проблемы исследований прибрежной зоны подход, выработанный Советско-Гаванской лабораторией ХфТИНРО. Он отличается следующими особенностями:

– минимальная стоимость;

– простота организации;

– мобильность и оперативность;

– необходимость привлечения минимального числа сотрудников;

– комплексность;

– получение повторяемых репрезентативных данных.

Практика показывает, что самостоятельная выработка навыков рациональной организации любых новых исследований требует значительного времени, а их логика далеко не всегда самоочевидна. В связи с этим автор постарался показать, как формировался обозначенный подход — от первых экспедиций до настоящего времени.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводили сотрудники Советско-Гаванской лаборатории ХфТИНРО в прибрежной зоне северо-западной части Татарского пролива, как правило, на 300-километровом участке от бухты Нельма на юге (47,6º с. ш.) до мыса Сюркум на севере (50º с. ш.) (рис. 1).

Работы выполняли силами трех человек с борта катера (далее МС, маломерное судно) длиной 6,5 м (Yamaha Fish-22), оснащенного четырехтактным подвесным мотором мощностью 90 л. с. (Suzuki-90). МС было снабжено эхолотом и спутниковым навигатором. Для выполнения НИР применяли сети с разным размером ячеи, небольшие закидные невода (как правило, длиной 30 м), трал для лова травяной креветки, удебные снасти для ловли кальмара, водолазное снаряжение, орудия для сбора материала под водой (дночерпатели, рамки и т. п.). Кроме того, использовали стандартные крабовые ловушки японского образца в порядках по 3–5 ловушек. Применяли средства фото- и видеосъемки, в т. ч. подводной (цифровые фотоаппараты в подводных боксах). Использовали комплексы подводного видеонаблюдения с поверхности. Для наблюдений на мелководьях, до глубин 6–8 м, применяли водяной фонарь-бентовизор кустарного изготовления.

За 10 лет существования Советско-Гаванской лаборатории проведено 9 экспедиций вдоль побережья, во время которых выполнено около 400 водолазных станций, около 300 удебных станций для учета тихоокеанского кальмара, не менее 400 сетных и неводных станций для учета рыб прибрежного комплекса, не менее 100 станций подводного видеонаблюдения, не менее 100 станций наблюдения с поверхности за поясом растительности при помощи водяного фонаря, около 50 тралений травяной креветки. В окрестностях Советской Гавани выполнено не менее 20 ловушечных станций для сбора данных по прибрежным видам крабов. Материалы собирали и обрабатывали по общепринятым методикам (Блинова и др., 2005; Правдин, 1966; Родин и др., 1979; и др.).

Ежегодно суммарная продолжительность экспедиций составляла 20 дней. Водолазные разрезы и визуальные осмотры пояса растительности выполняли на расстоянии от 1 до 5 км друг от друга на основании типизации побережий (Фадеев, Лукин, 1982). Сбор данных по кальмарам, рыбам прибрежного комплекса, травяной креветке выполняли в окрестностях точек берегового базирования (ТББ), расположенных на расстоянии 25–30 км одна от другой.



Рис. 1. Карта-схема организации типичной прибрежной съемки с борта МС в северо-западной части Татарского пролива

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Советско-Гаванская лаборатория ХфТИНРО организована 10 лет назад, в 2007 г. С момента создания перед ее сотрудниками была поставлена задача организации систематических наблюдений биоресурсов прибрежной зоны. Изначально предполагалось, что исследования будут ограничены окрестностями залива Советская Гавань. Для этих целей приобрели МС с необходимым оборудованием. Материалы по прибрежной зоне западной части Татарского пролива в целом предполагалось получать традиционным способом, т. е. во время больших специализированных съемок (траловых, водолазных и т. п.) на специально оборудованных НИС (прежде всего, БИФ ТИНРО-Центра).

Тем не менее уже во второй год работы стало очевидно, что наличие МС позволяет не ограничивать исследования выездами в суточном режиме, но организовывать полноценные полевые экспедиции на значительном удалении от Советской Гавани. Затруднение состояло в том, что МС имеет ограниченную мореходность (эксплуатация при волнении до 3 баллов, на удалении не более 1,5 км от берега). Кроме того, он лишен необходимых бытовых условий для проживания научной группы (каюты с оборудованными спальными местами, камбуза и т. п.): его кубрик пригоден только для временного размещения людей и складирования оборудования. Это накладывало весьма серьезные ограничения на возможность проведения удаленных экспедиций. В связи с этим было принято решение организовывать экспедиции с опорой на ТББ. В качестве ТББ были выбраны относительно защищенные бухты или устья рек на побережье, желательно с наличием населенных пунктов, расположенные на расстоянии не более часового перехода друг от друга, что позволяло при ухудшении погоды быстро достичь ближайшей из них. К югу от Советской Гавани в качестве ТББ были намечены бухты Иннокентия, Андрея, Аджима, Гроссевича и Нельма, а к северу — бухты Датта, Чумы-Дуа, защищенные участки у мысов Бычий и Аукан.

Первая удаленная экспедиция состоялась в июле 2008 г. Было проведено водолазное обследование 200-километрового участка от залива Советская Гавань до бухты Нельма. Экспедиция заняла 12 дней, из которых в течение 6 выполняли водолазные работы, остальное время при неблагоприятных погодных условиях МС отстаивалось в ТББ, а научная группа занималась обработкой полученных материалов. Были получены весьма вдохновляющие результаты. Поставленные задачи — оценка промысловых ресурсов ламинарии японской (*Saccharina japonica*) и описание ценотической структуры макрофитобентоса — научная группа успешно выполнила (Дуленин, 2008; Дуленин и др., 2010). Фактически состоялась экспедиция, аналогичная первым работам, проведенным пионером водорослехозяйственных исследований на Дальнем Востоке Г.И. Гайлом в 1927–1929 гг. (Гайл, 1930), с той разницей, что современные технические средства позволили выполнить ее в течение 2 недель, а не 2 месяцев. Таким образом, выбранная стратегия оказалась верной: выяснилось, что проведение научно-исследовательской съемки на протяжении сотен километров прибрежной зоны с борта МС — вполне выполнимая задача.

В то же время первая экспедиция показала и ограничения выбранного подхода. Условия нашего МС не позволяют выполнять «большие» экосистемные водолазные съемки, связанные со сбором, фиксацией и камеральной обработкой значительных объемов материала. Поэтому учетные съемки с МС могут успешно дополнять комплексные водолазные съемки с борта специализированных НИС, но не заменяют их полностью. Далее стало очевидно, что следует принимать меры к сокращению времени и объема водолазных работ. В районе исследований летом благоприятная погода держится, как правило, только до полудня. В связи с этим необходимо максимально быстрое проведение работ. Поэтому оконтуривание поселений гидробионтов и общие оценки их обилия следует выполнять с использованием водяных фонарей и систем подводного видеонаблюдения. Водолаза следует отправлять под воду целенаправленно, только на участках плотных поселений учитываемых видов, для отбора необходимых проб и выполнения подробных описаний донной биоты. Разрезы необходимо выполнять на основе типизации побережий и только на участках, где возможно нахождение учитываемых организмов (Фадеев, Лукин, 1982). Непродуктивные спуски в случайных местах, как и траты времени на регулярный отбор большого числа однородных проб, должны быть исключены (Дуленин, 2017).

Эти соображения были учтены при организации следующей экспедиции на север района осенью 2008 г. В ее задачи, в частности, входила оценка запасов приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis*. При помощи системы подводного видеонаблюдения выполняли осмотры дна и оконтуривали поселения; водолаз спускался под воду только для отбора материала на биоанализ. В результате, в течение трех дней было обследовано около 80 км протяженности прибрежной зоны. Такая скорость немыслима для традиционной водолазной съемки по регулярной сетке

разрезов с расстоянием 2 км друг от друга. Полученные данные послужили для разработки прогнозов ОДУ по приморскому гребешку и для описания сообществ макробентоса района (Дуленин и др., 2010, 2013). Таким образом, комбинированное использование видеонаблюдения и водолазных сборов позволило решать задачи, технически не выполнимые средствами стандартной водолазной съемки. Несколько позднее выяснили, что промысловые поселения приморского гребешка к югу от Советской Гавани отсутствуют, и выявили основные участки формирования его скоплений на 140-километровом участке от Советской Гавани до мыса Сюркум (Дуленина, Дуленин, 2012; Дуленин и др., 2013), что позволило заранее планировать работу на участках наиболее вероятного нахождения промысловых концентраций вида.

Анализ полученного опыта позволил в течение последующих лет рационализировать проведение экспедиций за счет ряда технических и организационных усовершенствований. Был приобретен четырехтактный подвесной мотор, который отличается в 2 раза меньшим расходом топлива по сравнению с ранее использовавшимся двухтактным (200 л бензина против 400 л на обследование 200-километрового участка соответственно). Это позволило брать с собой значительно большее количество снаряжения и оборудования, чем в первых экспедициях. Пребывание на ТББ в бухтах привело к мысли, что эти участки с их окрестностями благоприятны для сбора данных о рыбах прибрежного комплекса посредством сетных и неводных обловов. Наблюдения пояса макрофитов позволили выявить участки поселений морских трав (*Zostera* spp., *Phyllospadix iwatensis*), к которым приурочены скопления травяной креветки (*Pandalus latirostris*). Кроме того, результаты удебного лова тихоокеанского кальмара (*Todarodes pacificus*) в окрестностях Советской Гавани привели к идее о возможности проведения кальмарных съемок вдоль побережья. Однако выполнение отдельных регулярных исследований этих объектов требовало дополнительных средств и было вряд ли возможно технически, поэтому было решено организовать комплексные исследования, включающие сбор данных по основным объектам прибрежного рыболовства в течение одной экспедиции.

С 2009 по 2016 гг. экспедиции проводили в два этапа. Как правило, сначала делали выезд на север от Советской Гавани. Вернувшись, пополняли запасы топлива и продовольствия, после чего, при наступлении благоприятной погоды, делали выезд на юг. В зависимости от рабочих обстоятельств, порядок выездов мог меняться. В связи с выполнением кальмарной съемки, проведение экспедиций было сдвинуто на более позднее время (со второй половины августа до начала октября), в соответствии со сроками массовой миграции тихоокеанского кальмара в воды северо-западной части Татарского пролива (Dulenin, Dulenina, 2011). Как правило, работа строилась в следующем порядке. МС достигало наиболее удаленной намеченной ТББ, и далее экспедиция, по мере выполнения работы, постепенно перемещалась к Советской Гавани. В случае ухудшения погоды останавливались в ближайшей ТББ и продолжали движение после нормализации погоды. Достигнув ТББ, ставили МС на якорь в безопасном месте (защищенном участке бухты или в приустьевой части реки), разбивали лагерь и готовились к предстоящей работе.

Главной задачей экспедиций, как правило, было выполнение кальмарной съемки. Для получения сопоставимых данных с любительскими удебными уловами, сбор данных по кальмару проводили при помощи любительских удебных снастей. Методика обработки полученных данных описана ранее (Дуленина, 2010). Было выяснено, что наибольшие удебные уловы, отражающие реальную плотность кальмара, приурочены к рассветным и закатным часам. В связи с этим мы отказались от сбора данных по кальмару в ночное и дневное время. По соображениям удобства станции кальмарной съемки выполняли вечером в течение 3 часов, с 17–18 до 20–21 часа. После заката, в условиях плохой видимости, ориентировались по записанным при помощи спутникового навигатора трекам движения МС и отмеченным точкам якорных стоянок. Далее выяснили, что величина удебных уловов в пределах 12-мильной зоны не зависит от удаления от берега. Поэтому, по соображениям безопасности и в соответствии с правилами мореплавания для нашего МС, работали вблизи берега. Как правило, делали 3 станции по 1 часу на удалении 0,5, 1 и 1,5 км перпендикулярно береговой линии. Кальмара ловили тремя снастями, что позволяло получить данные по 9 человеко-часам лова на каждом разрезе. При умеренном течении или его отсутствии на время выполнения станции ложились в дрейф, при сильном течении вставали на якорь. Если уловы падали до 0 и клев не возобновлялся в течение 30 минут, а также при ухудшении погоды, работу прекращали и возвращались в ТББ.

Анализ полученных материалов позволил установить, что тихоокеанский кальмар образует промысловые концентрации только на севере района. Это позволило оптимизировать проведение съемок, отказавшись от работ южнее крайней точки формиро-

вания промысловых концентраций (мыс Мапаца, 25 км к югу от Советской Гавани). Закономерности распределения и активности тихоокеанского кальмара, выявленные посредством удебных съемок, оказались полностью применимы к промышленной добыче: на основании полученных данных в 2016 г. был организован траловый промысел, показавший весьма обнадеживающие результаты.

Также было отмечено, что максимальные неводные уловы наблюдаются в темное время суток, после вечерних сумерек. Поэтому их выполняли совместно с кальмарной съемкой. Участки для работы неводом намечали заранее, в светлое время, на местах, где грунты не были задевистыми. После выполнения станций кальмарной съемки МС подходило к берегу, два человека высаживались, а третий с МС заводил невод. Оставшиеся на берегу вытягивали невод и разбирали улов. Как правило, в каждой точке базирования заметы выполняли в трех повторностях. Если погода не позволяла выполнить заметы невода совместно со станциями кальмарной съемки, работу неводом переносили на более благоприятное время. Кроме того, днем, как правило, в непосредственной близости от ТББ, выставляли сети, проверяя их через регулярные промежутки времени (в зависимости от уловов, обычно через 2–4 часа). На ночь сети в море не ставили из-за возможности их срыва при ухудшении погоды.

Траления травяной креветки выполняли преимущественно при переходе между ТББ. Поскольку луга морских трав с поселениями травяной креветки обычно приурочены к бухтам близ ТББ, то сначала выполняли траления на этих ближайших участках. Методика работ описана ранее (Дергачев, Дуленин, 2015б).

Учет промысловых ресурсов ламинарии японской был организован на основе анализа данных, полученных ранее, во время «больших» съемок на специализированных НИС (Дуленин, 2003, 2012; Дуленин, Гусарова, 2016). Отмечено, что 2/3 ее промыслового запаса сосредоточены на глубинах до 6 м и доступны для наблюдения с поверхности (непосредственного либо с использованием водяного фонаря). Также установлено, что визуальные оценки ее проективного покрытия (ПП) хорошо соответствуют удельным биомассам (R^2=0,8). Эти факты позволили с успехом использовать наблюдения с поверхности для оценки промыслового запаса и отказаться от проведения водолазных работ. Осмотры зарослей выполняли через каждые 4 км. Такой частоты точек наблюдения достаточно, чтобы получать репрезентативные данные. Методика учетных работ подробно описана (Дуленин, 2016а). Кроме того, анализ характера распределения промысловых ресурсов макрофитов и донной растительности в целом вдоль побережья позволил выявить участки, наиболее перспективные для организации добычи: от мыса Успения до Советской Гавани (80 км) на юге, и от мыса Датта до мыса Сюркум (100 км) на севере. Указанные участки были выделены в качестве мониторинговых, а от ежегодных водорослехозяйственных обследований остального побережья также решено отказаться. В результате такой оптимизации мы получили весьма высокую скорость работы: обследование каждого из участков занимает менее одного светового дня и делается в начале экспедиции попутно, при движении МС в конечную ТББ. Указанный подход позволяет оценить промысловый запас ламинарии японской в северо-западной части Татарского пролива за два дня. При традиционных водолазных съемках на это уходило 1–1,5 месяца (Дуленин, 2003, 2012).

Следует отметить, что в отдельные годы, при участии сотрудника ТИНРО-Центра М.К. Маминова, успешно проводили визуальный учет морских млекопитающих вдоль побережий. Продолжительность обследования 300-километровой прибрежной зоны при благоприятных погодных условиях также составляла два световых дня плюс два дня для возвращения из конечных ТББ в Советскую Гавань. Наблюдения за морскими млекопитающими легко совмещаются с оценкой ресурсов водорослей без дополнительных затрат времени.

Итак, у западных побережий Татарского пролива налажена система комплексных учетных съемок, позволяющая оценивать состояние ресурсов основных промысловых объектов прибрежной зоны и при необходимости собирать некоторые сведения экосистемного характера. Единообразная схема выполнения съемок вдоль побережья значительной протяженности позволяет ежегодно получать сравнимые репрезентативные данные.

Получаемые сведения используются для обоснования ОДУ/РВ по 10 прогнозным объектам, при разработке рыбохозяйственных характеристик отдельных участков, для оценок экологического ущерба от ведения хозяйственной деятельности на побережье и т. п. Результаты работ ежегодно докладываются на отчетных сессиях ХфТИНРО, Ассоциации НТО ТИНРО, на российских и международных конференциях и рабочих встречах и отражены в ряде публикаций (Дергачев, Дуленин, 2015а, б; Дуленин, 2008, 2012, 2016а, б, 2017; Дуленин, Гусарова, 2016; Дуленин и др., 2010, 2013, 2015а, б; Дуленина, 2010, 2013; Дуленина, Дуленин, 2012; Селин, Дуленина, 2012; Dulenin, Dulenina, 2011).

Основные преимущества подхода — комплексность, короткие сроки и минимальные затраты на проведение НИР. Продолжительность экспедиций, в зависимости от количества учитываемых объектов и погодных условий, составляет от 2 до 20 дней. Затраты на проведение отдельной экспедиции минимальны: это стоимость нескольких сотен литров бензина и командировочные для трех человек. Стоимость пластикового МС (Yamaha Fish – 22 или аналогичного) с подвесным мотором и необходимым научным, навигационным, промысловым и полевым снаряжением — 1,5–2 млн руб. При сроке эксплуатации оборудования порядка 10 лет такие затраты представляется вполне умеренными: они сравнимы со стоимостью автомобиля для полевых выездов.

Описанный подход имеет значительные перспективы развития. Прежде всего, при использовании имеющегося МС возможно дооснащение экспедиций современными средствами прибрежных исследований, такими как подводные роботы и мультикоптеры. Так, подводный робот с глубиной погружения не менее 50 м (например, RovBuilder или аналогичный, 300–500 тыс. руб.) позволит более качественно и оперативно выполнять учет донных гидробионтов (http://www.gnomrov.ru/application/fish/). Применение мультикоптеров (производства DJI или подобных, 100–150 тыс. руб.) с максимально возможным на сегодня радиусом управляемого полета в 6–7 км позволит повысить эффективность оценок площади пояса макрофитов, морских млекопитающих, а также выполнять учет подходящих к побережьям стайных рыб — лососей, сельди, мойвы и т. п. (Hodgson et al., 2010; Shpak, 2011). Особенную актуальность направление приобретает с увеличением численности сельди в Татарском проливе, для которой поля макрофитов служат естественными нерестилищами. Мультикоптеры в этом случае могут быть использованы для оценки их площади.

Основной проблемой наших экспедиций является ограниченность их протяженности и производительности в связи с малыми размерами МС. Оптимальным решением могло бы стать приобретение МС длиной 10–12 м (например, производства Yamaha, Nord Star, отечественного малого ярусолова и т. п.) с достаточной мореходностью, автономностью до 400–500 миль, снабженного закрытой отапливаемой рубкой, рабочей палубой и кубриками на 8–10 человек (1–2 члена команды, 2–4 члена научной группы, 3–4 водолаза). Подобные суда позволяют проводить съемки (включая экосистемные) вдоль побережий значительной протяженности. Большое их преимущество в том, что они не нуждаются в ТББ и используют бухты и приустьевые части рек только в качестве укрытий на случай шторма. На борту можно выполнять разбор, анализ и фиксацию материала. Оснащение портативной барокамерой (например, Hyperlite объемом 0,4 м^3 в сложенном состоянии и весом 75 кг, или аналогичной) позволит выполнять полноценные водолазные съемки с соблюдением действующих требований по безопасности водолазных работ (Межотраслевые.., 2007). При наличии лебедки с борта можно опускать разнообразные дночерпатели, гидрологические зонды, планктонные сети и т. п., выполняя соответствующие исследования. Кроме того, такие суда пригодны для выполнения ловушечных съемок с использованием небольших порядков из 3–5 стандартных крабовых ловушек японского образца. Опыт выполнения подобных ловушечных станций получен в окрестностях Советской Гавани в 2015–2016 г. Перспективно оснащение таких судов портативными сонарами высокого разрешения для выполнения гидроакустических работ (например, BioSonics либо подобными). Приборы способны определять типы грунта, биомассу и размерный состав рыб в толще воды, проективное покрытие, высоту покрова и удельную биомассу донной растительности и могут использоваться для выполнения целого ряда исследований.

Очевидно, что использование МС перспективно во множестве районов Дальнего Востока: в лимане Амура, у берегов Сахалина, Восточной Камчатки и Магаданской области, в юго-западной части Охотского моря (в частности, для проведения икорных съемок). Особенно удобный район — Южное Приморье с его большим количеством бухт и заливов. Съемки с борта МС могут успешно дополнять большие НИС, работая на мелководных прибрежных акваториях, где использование больших НИС нецелесообразно или невозможно. Кроме того, именно с борта МС следует проводить учетные работы по объектам прибрежного комплекса, которые осваиваются в небольших объемах, поскольку использование больших судов для учета этих объектов неоправданно в силу высокой стоимости НИР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, оптимальный способ организации НИР в прибрежной зоне — использование МС для выполнения комплексных учетных работ. Опыт Советско-Гаванской лаборатории показывает возможность выполнения учетных съемок ряда объектов прибрежного рыболовства на протяжении 300-километровой прибрежной зоны в короткие сроки в течение одной экспедиции. Ежегодное проведение съемок на одних и

тех же участках обеспечивает получение повторяемых репрезентативных материалов. Использование МС большего размера и дооснащение их современными техническими средствами способно значительно расширить возможности проведения НИР. Стоимость проведения таких НИР минимальна и позволяет успешно проводить учетные работы даже в условиях недостатка финансирования. Учетные съемки с борта МС следует строить на основании анализа и в дополнение к материалам, получаемым на больших НИС. Использование МС перспективно во множестве районов Дальнего Востока России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Блинова Е.И., Вилкова О.Ю., Милютин Д.М., Пронина О.А., Штрик В.А. 2005. Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне. М.: ВНИРО. 80 с.

Гайл Г.И. 1930. Очерк водорослевого пояса приморского побережья в связи с некоторыми общими вопросами его использования // Изв. ТИРХа. Т. 4. Вып. 2. 37 с.

Дергачев М.В., Дуленин А.А. 2015а. Лов и распределение прибрежных видов крабов на мелководьях северо-западной части Татарского пролива / VIII Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным: Сб. матер. Калининград: КГТУ. С. 59–61.

Дергачев М.В., Дуленин А.А. 2015б. Современное состояние ресурсов травяной креветки *Pandalus latirostris* Rathbun в северо-западной части Татарского пролива в пределах Хабаровского края / VIII Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным: Сб. матер. Калининград: КГТУ. С. 112–113.

Дуленин А.А. 2003. Промысловые макрофиты западной части Татарского пролива (по результатам исследований 1999 г.). Методические аспекты рыбохозяйственных исследований на Дальнем Востоке. Хабаровск: Хабар. кн. изд-во. С. 174–185.

Дуленин А.А. 2008. Распределение макрофитобентоса в условиях сублиторали северо-западной части Татарского пролива. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток. 20 с.

Дуленин А.А. 2012. Ресурсы и распределение промысловых макрофитов западной части Татарского пролива (в пределах Хабаровского края) // Изв. ТИНРО. Т. 170. С. 17–29.

Дуленин А.А. 2016а. О применимости визуальных наблюдений для оценки обилия макрофитов на примере сахарины японской северо-западной части Татарского пролива / Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование. Матер. VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Ч. 1. (22–24 марта 2016 г.). Петропавловск-Камчатский. С. 80–84.

Дуленин А.А. 2016б. Оценка промысловых ресурсов и возможностей эксплуатации водорослевого пояса у материкового побережья Охотского моря в пределах Хабаровского края // Вестник КамчатГТУ. № 37. С. 39–49.

Дуленин А.А. 2017. Некоторые методические проблемы водолазных гидробиологических учетных съемок и пути их разрешения // Изв. ТИНРО. Т. 170. С. 231–244.

Дуленин А.А., Гусарова И.С. 2016. Широтные изменения состава и структуры растительности в северо-западной части Татарского пролива // Биология моря. Т. 42. № 4. С. 272–279.

Дуленин А.А., Дергачев М.В., Дуленина П.А. 2015а. Современное состояние ресурсов приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1856) в северо-западной части Татарского пролива / VIII Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным: Сб. матер. Калининград: КГТУ. С. 224–226.

Дуленин А.А., Дуленина П.А., Дергачев М.В. 2015б. Ресурсы и промысел тихоокеанского кальмара *Todarodes pacificus* в северо-западной части Татарского пролива / VIII Всерос. науч. конф. по промысловым беспозвоночным: Сб. матер. Калининград: КГТУ. С. 180–182.

Дуленин А.А., Дуленина П.А., Рижийс Е.А. 2013. Новые сведения о макрозообентосе сублиторали западной части Татарского пролива / Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. (18–22 марта 2013 г.). Петропавловск-Камчатский. С. 149–151.

Дуленин А.А., Сидяков Ю.В., Черниенко И.С. 2010. Сообщества макробентоса сублиторали северо-западной части Татарского пролива и Охотского моря (в границах Хабаровского края) / Сб. науч. тр. Хабаровского филиала Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 115–137.

Дуленина П.А. 2010. Особенности биологии и промысла тихоокеанского кальмара (*Todarodes pacificus*) в северо-западной части Татарского пролива / Сб. науч. тр. Хабаровского филиала Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 106–114.

Дуленина П.А. 2013. Видовой состав двустворчатых моллюсков западной части Татарского пролива Японского моря (в пределах Хабаровского края) // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. Вып. 17. С. 27–78.

Дуленина П.А., Дуленин А.А. 2012. Распределение, размерный, возрастной состав и рост приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1856) (Bivalvia: Pectinidae) в северо-западной части Татарского пролива // Биология моря. Т. 38. № 4. С. 290–297.

Межотраслевые правила безопасности труда при проведении водолазных работ. 2007. Приложение к приказу Минздравсоцразвития России от 13 апреля 2007 г. № 269. М.: Минздравсоцразвития. 144 с.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть. 376 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 Decapoda дальневосточных морей: Монография. Владивосток: ТИНРО. 59 с.

Селин Н.И., Дуленина П.А. 2012. Рост и продолжительность жизни мидии Грея *Crenomytilus grayanus* (Bivalvia: Mytilidae в Татарском проливе Японского моря в связи с особенностями обитания у северной границы ареала // Биология моря. Т. 38. № 4. С. 298–304.

Фадеев В.И., Лукин В.И. 1982. К методике подводных гидробиологических исследований верхней сублиторали в условиях подвижных морских экспедиций / Подводные гидробиологические исследования. Владивосток: ИБМ ДВНЦ АН СССР. С. 21–34.

Dulenin A.A., Dulenina P.A. 2011. Some data on biology and fishing of pacific squid *(Todarodes pacificus)* in northwestern part of the Tartar Strait and their relations with hydrological processes / PICES-2011. Khabarovsk, Russia, October 14–23. P. 35.

Hodgson A.J., Noad M., Marsh H., Lanyon J., Kniest E. 2010. Using unmanned aerial vehicles for surveys of marine mammals in Australia: test of concept. Final report to the Australian marine mammal centre 30 April 2010. P. 76.

Shpak O. 2011. Testing a powered paraglider for abundance counts and photo ID of coastal beluga *(Delphinapterus leucas)* aggregations in the Western Sea of Okhotsk, Russia. ECS conference 2011. Abstract book. P. 92.

УДК 597.552.3

БИОЛОГИЯ АЗИАТСКОЙ ЗУБАСТОЙ КОРЮШКИ *OSMERUS MORDAX* В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ КАМЧАТСКОГО КРАЯ В 2014–2016 ГГ.

С.В. Липнягов, Ю.Н. Амельченко

Мл. н. с., н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: lipnyagov.s.v@kamniro.ru, amelchenko.u.n@kamniro.ru

АЗИАТСКАЯ ЗУБАСТАЯ КОРЮШКА, РАЗМЕР И МАССА ТЕЛА, ВОЗРАСТ, СООТНОШЕНИЕ ПОЛОВ, КАМЧАТКА

Обобщена информация о размерно-массовой, возрастной и половой структуре популяций азиатской зубастой корюшки западного и восточного побережий Камчатского полуострова за 2014–2016 гг. Показана широтная изменчивость биологических характеристик этого вида, характерная для обоих побережий. Антропогенному воздействию в большей степени подвержены популяции Восточной Камчатки.

BIOLOGY OF ASIAN RAINBOW SMELT *OSMERUS MORDAX* IN THE WATER BODIES OF KAMCHATKA TERRITORY IN 2014–2016

S.V. Lipnyagov, Yu.N. Amelchenko

Researcher, Researcher; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: lipnyagov.s.v@kamniro.ru, amelchenko.u.n@kamniro.ru

ASIAN RAINBOW SMELT, BODY LENGTH AND WEIGHT, AGE, SEX RATIO, KAMCHATKA

Data about the body length and weight, gender and age structure of Asian rainbow smelt population on the west and east coasts of Kamchatka peninsula are generalized for the period 2014–2016. Latitude changes in the biological characteristics of this species typical for two coasts are demonstrated. Higher vunberability to anthropogenic influence is demonstrated for East Kamchatkan populations.

Азиатская зубастая корюшка является типичным представителем ихтиофауны прибрежного комплекса дальневосточных морей, хозяйственно ценным, но сравнительно малоизученным видом рыб. Зубастая корюшка — проходная рыба (Андрияшев, Чернова, 1994). По данным П.М. Васильца (2000), на Камчатке существуют две группировки азиатской зубастой корюшки, которые различаются местами зимовки. Представители одной (морской) проводят зиму на шельфе, на значительном удалении от берега. Рыбы другой группировки (прибрежной или лиманной) в зимнее время находятся в солоноватоводных озерах, речных лиманах и прилегающих к ним прибрежных районах моря. Половая зрелость рыб наступает в возрасте от 2+ до 4+ (редко 5+) (Берг, 1948; Кириллов, 1972; Василец, 2000). Несмотря на то, что вид активно облавливается по всему камчатскому побережью, данные о его биологии до сих пор недостаточно полны.

Цель настоящего сообщения — систематизировать и обобщить результаты изучения биологии азиатской зубастой корюшки из локальных местообитаний восточного и западного побережий Камчатского края.

Лов рыб для биологического анализа провели в приустьевых зонах рек восточного (Ука, Карага, Тымлат, Авача) и западного (Хайрюзова, Ковран, Белоголовая) побережий Камчатки, в прибрежье бухт Оссора и Карага и в озерах Нерпичье и Большой Калыгирь (Восточная Камчатка) в 2014–2016 гг. В морском прибрежье и речных устьях корюшку вылавливали ставными сетями, в озерах и приустьевом участке р. Авачи вели удебный лов. Биологическому анализу, который включал определение длины (AC) и массы (P1) тела рыб, пола и возраста (Правдин, 1966) подвергнуто 3899 экз., выловленных у Западной Камчат-

ки, и 2308 экз., добытых у восточного берега полуострова.

Статистическую обработку полученных данных провели общепринятыми методами (Лакин, 1990).

Западная Камчатка. Основными водоемами воспроизводства азиатской зубастой корюшки на северо-западном камчатском побережье являются реки Ковран, Хайрюзова и Белоголовая. В 2014, 2015 и 2016 гг. средний размер азиатской зубастой корюшки в этом районе составил соответственно 26,9, 27,0 и 27,9 см; масса — 177,0, 190,0 и 209,4 г; средний возраст — 4,5, 4,5 и 5,1 года. В течение всех трех лет незначительно доминировали самки: в 2014 — 56%, в 2015 — 61,2%, в 2016 — 57,1%.

У юго-западного берега Камчатки азиатская зубастая корюшка воспроизводится в основном в реках Большая, Опала, Галыгина. Средние размеры рыб здесь в 2014, 2015 и 2016 гг. были соответственно 27,4, 26,4 и 26 см; масса — 168, 158 и 146,3 г; возраст — 4,6, 3,8 и 4,0 года. В уловах соотношение полов было близким к 1:1, с незначительным преобладанием самцов (2014 г. — 50,2%, 2015 г. — 50,8%, и 2016 г. — 50,8%).

Восточная Камчатка. У северо-восточного берега полуострова (Карагинская подзона) основные места воспроизводства азиатской зубастой корюшки — реки Ука, Карага, Тымлат. В 2014 и 2016 гг. средняя длина рыб этого района составляла соответственно 26,3 и 24,2 см; средняя масса — 144 и 125,3 г, а средний возраст — 3,5 и 4 года.

Южнее азиатская зубастая корюшка воспроизводится в основном в солоновато-водных озерах Нерпичье (Камчатский залив) и Большой Калыгирь (Кроноцкий залив) и в реках Авачинского залива. В этих районах в 2014, 2015 и 2016 гг. соответственно средняя длина рыб составила 23,6, 24,3 и 20,5 см; средняя масса — 106, 111 и 81,4 г, а возраст — 3,2, 3,5 и 3,2 года. Половая структура характеризовалась преобладанием самцов. Например, в 2014 г. доля самцов составила 73,9%. В последующие два года самцов в уловах стало значительно меньше: в 2014 г. — 63,4%, а в 2016 г. — 56,3%.

Для размерно-массовых характеристик зубастой корюшки прослеживается отрицательный широтный градиент с севера на юг для обоих побережий полуострова, что связано, вероятнее всего, с популяционными особенностями вида. В возрастной структуре также наблюдается широтная изменчивость. Рыбы северных популяций старше рыб, обитающих южнее.

Зубастая корюшка западного побережья в среднем крупнее и старше рыб, выловленных на востоке полуострова. Такие различия в размерной и возрастной структуре, а также преобладание самцов в восточно-камчатских популяциях корюшки, характеризуют степень антропогенного воздействия на группировки этого вида на западном и восточном побережьях Камчатки. Очевидно, что оно сильнее проявляется во втором случае.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андриашев А.П., Чернова Н.В. 1994. Аннотированный список рыбообразных и рыб морей Арктики и сопредельных вод // Вопр. ихтиологии. Т. 34. Вып. 4. С. 435–456.

Бугаев А.В., Амельченко Ю.Н., Липнягов С.В. 2014. Азиатская зубастая корюшка *Osmerus mordax* в шельфовой зоне и внутренних водоемах Камчатки: состояние запасов, промысел и биологическая структура // Изв. ТИНРО. Т. 178. С. 3–24.

Берг Л.С. 1948. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.-Л.: АН СССР. Ч. 1. 466 с.

Василец П.М. 2000. Корюшки прибрежных вод Камчатки: Дис. … канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 21–25, 143.

Кириллов Ф.Н. 1972. Рыбы Якутии. М.: Наука. 360 с.

Клюканов В.А. 1969. Морфологические основы систематики рода корюшек *Osmerus* // Зоологич. журнал. Т. 48. Вып. 1. С. 99–109.

Клюканов В.А. 1975. Систематика и родственные отношения корюшек родов *Osmerus* и *Hypomesus* и их расселение // Зоологич. журнал. Т. 54. Вып. 4. С. 590–596.

Куренков И.И. 2005. Зоопланктон озер Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 61.

Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М.: Высшая школа. 352 с.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть. 376 с.

УДК 597.552.511

ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* И КУМЖИ *SALMO TRUTTA* В РЕКАХ ЛИТВЫ

В. Кясминас

Ст. н. с., д. б. н.; Научный центр исследований природы, Институт Экологии
08412, Литва, Вильнюс, Академии, 2
Тел.: +370 5 2697653. E-mail: v.kesminas1@gmail.com

ЛОСОСЕВЫЕ РЕКИ И РЫБЫ ЛИТВЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОПУЛЯЦИОНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

В работе представлены результаты исследований и работ по восстановлению лососевых видов в реках Литвы, проведенных в рамках национальной программы «Балтийский лосось 1997–2010», а также обсуждаются результаты мониторинга, полученные в последующий период.

SPECIFICS OF MONITORING AND RESULTS OF REVIEW OF ATLANTIC SALMON *SALMO SALAR* AND BULLTROUT *SALMO TRUTTA* IN THE RIVERS OF LITHUANIA

V. Kyasminas

Senior Scientist, Dr. Sc. (Biology); Scientific Center for Nature Research, Institute of Ecology
08412, Lithuania, Vilnius, Akademii Str., 2
Tel.: +370 5 2697653. E-mail: v.kesminas1@gmail.com

SALMON SPECIES AND RIVERS OF LITHUANIA, ECOLOGICAL MONITORING, BIOLOGICAL AND POPULATION INDEXES

The article has demonstrated results of examination and recovery of salmon species in the rivers of Lithuania, carried out according to the national program "Baltic salmon 1997–2010", and provides discussion of the results of monitoring for the period since 2010.

Род *Salmo* в Литве представлен двумя близкими лососевыми видами: атлантическим лососем *Salmo salar* L. и кумжей *Salmo trutta* L., последняя может быть проходной и жилой формы. Динамика численности и состояние запасов лосося и кумжи имеет большое значение для большинства стран региона Балтийского моря, включая и Литву. В начале XX века оба вида регулярно нерестились в 80–120 реках Балтики. Естественная продукция ежегодно составляла приблизительно 8–10 млн инд. смолтов. В последнее время к нересту пригодны не более 20 существующих крупных лососевых рек в регионе Балтийского моря (Bengtsson et al., 1999).

Также в конце XX века численность популяции лосося и кумжи катастрофически снизилась в связи с ухудшением экологического состояния рек и потерей среды обитания в бассейне р. Нямунас. Оба вида были включены в Красную книгу Литвы. В 1997 г. была подготовлена национальная программа «Балтийский лосось 1997–2010», которая включала в себя следующие функции: искусственное воспроизводство молоди лосося и кумжи, улучшение экологического состояния рек, строительство рыбоходов, контроль и защиту нерестилищ, регулирование рыболовства в море, Куршском заливе, непрерывный экологический мониторинг.

Исследование лососевых рек. В начале выполнения программы было оценено экологическое состояние всех потенциальных лососевых рек. Установлены их потенциальная продуктивность, миграционные пути рыб, основные нерестово-выростные угодья (продуктивные площади), а также и негативные факторы. В результате проведенных экологических исследований выяснилось, что атлантический лосось в Литве обитает в 12 реках различного статуса. Естественная популяция лосося обитает в р. Жеймена, которая в настоящее время является индикаторной лососевой рекой в Литве. Смешанные (т. е. естественные и вы-

ращенные в неволе (на рыбзаводах)) популяции лосося обитают в основных реках бассейна Балтийского моря: Нерисе, Швянтойи, Вильне, а также Дубисе, Сесартисе, Ширвинте и в Воке. В последнее время происходит зарыбление некоторых потенциальных рек (Виринта, Юра, Миния) искусственно выращенной молодью лосося.

Проходная кумжа распространена в бассейнах 13 рек Литвы и обитает в 80 лососевых реках. Распределение и численность особей в значительной степени зависят от величины рек и количества существующих на них плотин.

Методы исследований. Прогнозирование, оценка состояния и управление водными экосистемами невозможны без проведения непрерывного экологического мониторинга. Мониторинг молоди лососевых рыб проводится каждый год в августе–сентябре в лососевых реках разной величины на 100–120 станциях. Молодь лососевых рыб в реках отлавливали электроловом для рыб (HANS GRASSL GmbH IG 200/2c, Germany). Численность и биомассу молоди рыб на стандартную площадь реки (100 м²) определяли по методам (Junge, Libosvarsky, 1965; Bohlin, Sundstrom, 1977), а возраст и возрастную структуру по методам (Thoresson, 1993, Правдин, 1966). Продуктивность рек и количество смолтов оценивали по данным электролова, т. е. численности молоди возрастных групп (0+, 1+ и 2+ года), и по коэффициентам выживаемости. Под потенциальной продукцией смолтов подразумевались определенная площадь реки, нерестово-выростные угодья (м²), в которых может выжить реальная численность и биомасса смолтов. В двух небольших реках, Мере и Сесартисе, ежегодно специальными ловушками проводились исследования весенней миграции смолтов лосося и кумжи и оценивались их численность и основные биологические параметры. В Куршском заливе ставными сетями исследовалась осенняя миграция нерестовых стад лосося и кумжи, мигрирующих в эстуарий р. Нямунаса, и определялись численность рыб и улов на одно стандартизированное усилие (CPUE).

Результаты исследований. Исследования показали, что в разные годы численность пестрянок и смолтов лосося сильно зависит от климатических, гидрологических и температурных условий воды. Ежегодно стремительно растущий интерес к спортивно-любительскому вылову лососевых рыб в реках Литвы и «тролинга» в Балтийском море также значительно влияет на запасы этих видов. В индикаторной/реперной р. Жеймяна обитает только дикая популяция атлантического лосося. В этой реке никогда не проводилось зарыбление искусственно выращенным лососем. В 2011 и 2015 гг. численность молоди лосося соответственно увеличилась до 6,9 и 9,2 экз./100 м², а средняя многолетняя численность составила 3,3 экз./100 м². Многолетние данные исследований показывают, что в основных лососевых реках средняя численность пестряток лосося составляет 3,5–4,5 экз./100 м². Только в двух лососевых реках отмечена более высокая средняя численность. В р. Сесартис средняя численность пестряток (сеголеток и двухлеток) составляет (0^+ — 7,3 и 1^+ — 2,8 экз./100 м²), а в р. Вильня соответственно (0^+ — 4,8 и 1^+ — 1,2 экз./100 м²). В самой большой и основной лососевой р. Нерис средняя численность пестряток была ниже и составила (0^+ — 1,9 и 1^+ — 0,1 экз./100 м²). Основные факторы, определяющие продуктивность лососевых рыб в этой реке, следующие: увеличение температуры воды в летний период, локальное загрязнение некоторых участков реки и спортивно-любительское рыболовство. Продукция смолтов лосося зависит от численности пестряток и изменяется в том же направлении, но с запаздыванием на один год.

Основная часть смолтов из рек Литвы мигрирует в море, достигнув возраста 1 года. Это подтверждают и ежегодные исследования миграции смолтов в р. Сесартис, где возрастная структура смолтов представлена следующим образом: 1 год — 74,5%, 2 года — 15,5%, 3 года — 10%. Соответственно, линейно-весовые показатели смолтов были следующие: 1 год (L — 13,8 см, Q — 23,0 г); 2 года (L — 18,0 см, Q — 49,2 г); 3 года (L — 21 см, Q — 76,8 г). Общая продукция смолтов лосося в реках Литвы начала увеличиваться в период с 2007 по 2010 гг. с 13 100 до 47 800 экз. В связи с изменением различных факторов среды и антропогенным воздействием в 2011, 2013 и 2014 гг., общая продукция смолтов снизилась и не превышала 15 000 экз. В последнее время продукция смолтов лосося возросла и составляет более чем 37 000 экз.

Проходная кумжа встречается во многих более мелких реках, ее численность варьирует от 1,0 до 65,9 экз./100 м². По обобщенным данным за последние 6 лет, средняя численность составляет 11,6 экз./100 м². По средней численности значительно выделяется бассейн р. Шиша: 32,4 экз./100 м². В бассейнах рек Литвы (Нерис, Швянтойи, Миния, Швянтойи, Дубиса) и в Акмена–Дане численность молоди кумжи составляет 10–15 экз./100 м², а в других исследованных бассейнах рек — значительно меньше, 5–9 экз./100 м². Самая высокая общая годовая продукция смолтов кумжи отмечена в бассейне р. Миния (12 700 экз.) и р. Нерисе (7800 экз.). В других бассейнах рек продукция смолтов кумжи составляет 2–4 тыс. экз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть. 375 с.

Bengtsson B.E. et al. 1999. Reproductive disturbance in Baltic Fish: A Synopsis of the FiRe Project. Ambio. V. 28. No 1. P. 2–8.

Mannerla Miia, Andersson Mikael, Birzaks Janis, Debowski Piotr, Degerman Erik, Huhmarniemi Alpo, Haggstrom Hakan, Ikonen Erkki, Jokikokko Erkki, Jutila Eero, Kesler Martin, Kesminas Vytautas, Kontautas Antanas, Petersen Stig, Persson Jens, Romakkaniemi Atso, Saura Ari, Shibaev Sergey, Titov Sergey, Tuus Herki, Tylik Konstantin, Yrjana Timo. 2011. Salmon and Sea Trout Population and Rivers in the Baltic Sea. Helsinki Commission. 79 p.

Bohlin T., Sundstrom B. 1977. Influence of unequal catchebility on population estimates using the Lincoln Index and the removal method applied to electrofishing. Oikos 28. P. 123–129.

Junge C.O., Libosvarsky J. 1965. Effects of size selectivity on population estimates based on succsesive removals with electrical fishing gear. Zool. Listy. 14. P. 171–178.

Thoresson G. 1993. Guidelines for coastal monitoring. Fishery biology. National Board of Fisheries Institute of Costal Research. Sweden. P. 1–35.

УДК 639.2.081.7:681.883.072

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ РЫБ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

М.Ю. Кузнецов, В.И. Поляничко, Е.В. Сыроваткин, И.А. Убарчук

Зав. лаб., к. т. н.; мл. н. с.; вед. инж.; вед. инж.;
Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Тел.: (4232) 40-13-56. E-mail: kuznetsovm@tinro.ru

АКУСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, НАУЧНЫЙ ЭХОЛОТ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ЗАПАС, СИЛА ЦЕЛИ, ВЕРТИКАЛЬНЫЕ МИГРАЦИИ, ШУМ СУДНА, ПОВЕДЕНИЕ РЫБ, УЛОВИСТОСТЬ, МЕТААРХИВ, АКУСТИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Анализируются возможные источники погрешности оценки запасов рыб тралово-акустическим способом. Приводятся методические аспекты и результаты использования гидроакустических и компьютерных технологий для их устранения.

IMPROVING THE METHODS OF THE FISH STOCK ASSESSMENT WITH USE OF HYDROACOUSTIC TECHNOLOGIES

M.Yu. Kuznetsov, V.I. Polyanichko, E.V. Syrovatkin, I.A. Ubarchuk

Head of Lab., Ph. D. (Engineering); Researcher; Leading Engineer; Leading Engineer;
Pacific Scientific Research Fisheries Center
690091, Vladivostok, Shevchenko Alley, 4
Tel.: (4232) 40-13-56. E-mail: kuznetsovm@tinro.ru

ACOUSTIC MONITORING, SCIENTIFIC ECHOSOUNDER, DISTRIBUTION, STOCK, TARGET STRENGTH, VERTICAL MIGRATIONS, VESSEL NOISE, FISH BEHAVIOUR, CATCHABILITY, META-ARCHIVE, ACOUSTIC IMAGES

Possible sources of errors in the fish stock assessment based on trawl-acoustic method are analyzed. Methodical aspects and results of the use of hydroacoustic and computer technologies to prevent these errors are discussed.

Гидроакустический эхоинтеграционный метод имеет ряд преимуществ по сравнению с другими инструментальными методами оценки водных биологических ресурсов (Кузнецов, 2013). Благодаря высокой скорости и непрерывности обзора, этот метод позволяет дистанционно обследовать большие площади водной среды за относительно короткий временной промежуток и измерять с высоким разрешением не только горизонтальное, но и вертикальное распределение гидробионтов.

Судовые гидроакустические комплексы регулярно калибруются, что позволяет соблюсти принцип преемственности и сопоставимости данных, полученных другими эхолотами.

Однако, несмотря на важные преимущества дистанционного акустического зондирования, есть все же несколько проблем, которые могут стать источником погрешности оценки запасов рыб с использованием гидроакустической техники. К ним относятся:

– корректность определения силы цели (отражающей способности) гидробионтов и зависимостей сил цели от длины особей в естественной среде обитания (*in situ*);

– не учитываемое влияние шумового поля судна и суточных вертикальных миграций рыб на распределение и оценки их плотности под судном и в зоне облова трала в процессе съемки;

– корректность определения видового и размерного состава (идентификация) регистрируемых эхолотом скоплений рыб.

В последние годы для решения вышеуказанных проблем появились новые возможности на основе использования современных гидроакустических при-

боров и компьютерных технологий сбора и постпроцессорной обработки информации.

Целью данной работы является исследование различных факторов, влияющих на количественные оценки запасов промысловых рыб в дальневосточных морях, выполняемые тралово-акустическим способом, для решения задачи повышения их точности и достоверности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Измерения силы цели рыб

Зависимость силы цели (TS) от длины рыб используется в алгоритме расчета их численности, и поэтому ее корректное определение непосредственно влияет на точность оценки запаса (Кузнецов, 2013). В связи с этим важным направлением работ по совершенствованию технологии тралово-акустических учетных съемок является исследование отражательных свойств и уточнение зависимостей силы цели от линейного размера рыб *in situ* с использованием калиброванных измерительных систем.

В качестве объекта исследований выбран минтай (*Theragra chalcogramma*) — наиболее распространенный и часто встречающийся в уловах промысловый вид северной части Тихого океана.

Для измерения силы цели минтая использовались данные комплексных экспедиций ТИНРО-Центра в Охотское море в 2002–2015 гг. Идеальная рыбная концентрация для исследования сил целей в естественных условиях обитания представляется как однородное разреженное скопление, состоящее из одного вида рыб с одномодальным размерным распределением. Важным моментом является наличие в скоплениях одиночных целей, разрешаемых эхолотом индивидуально. В процентном соотношении они должны превышать множественные цели (косяки рыб). Поэтому в программе постпроцессорной обработки SALTSE (Scattering Area Coefficient, Length and Target Strength Estimation) (Убарчук, Ермольчев, 2015) разработан дополнительный фильтр MultiPing. Этот фильтр исключает ошибочное детектирование одиночных целей от мелких объектов и импульсных помех (к обработке допускаются только те цели, которые выделены минимум на двух последовательных посылках). В результате на эхограмме достоверно выделяются только одиночные цели, и средние силы цели на гистограммах рассчитываются более корректно (рис. 1).

После обработки акустических данных строились гистограммы распределения сил цели, а по результатам промера уловов — соответствующие им гистограммы размерного распределения рыб. Полученные таким образом данные подвергались регрессионному и корреляционному анализу для нахождения эмпирической зависимости между средними значениями силы целей TS и средней длиной рыб в уловах. Регрессионные уравнения вычислялись по методике Рикера (Ricker, 1973).

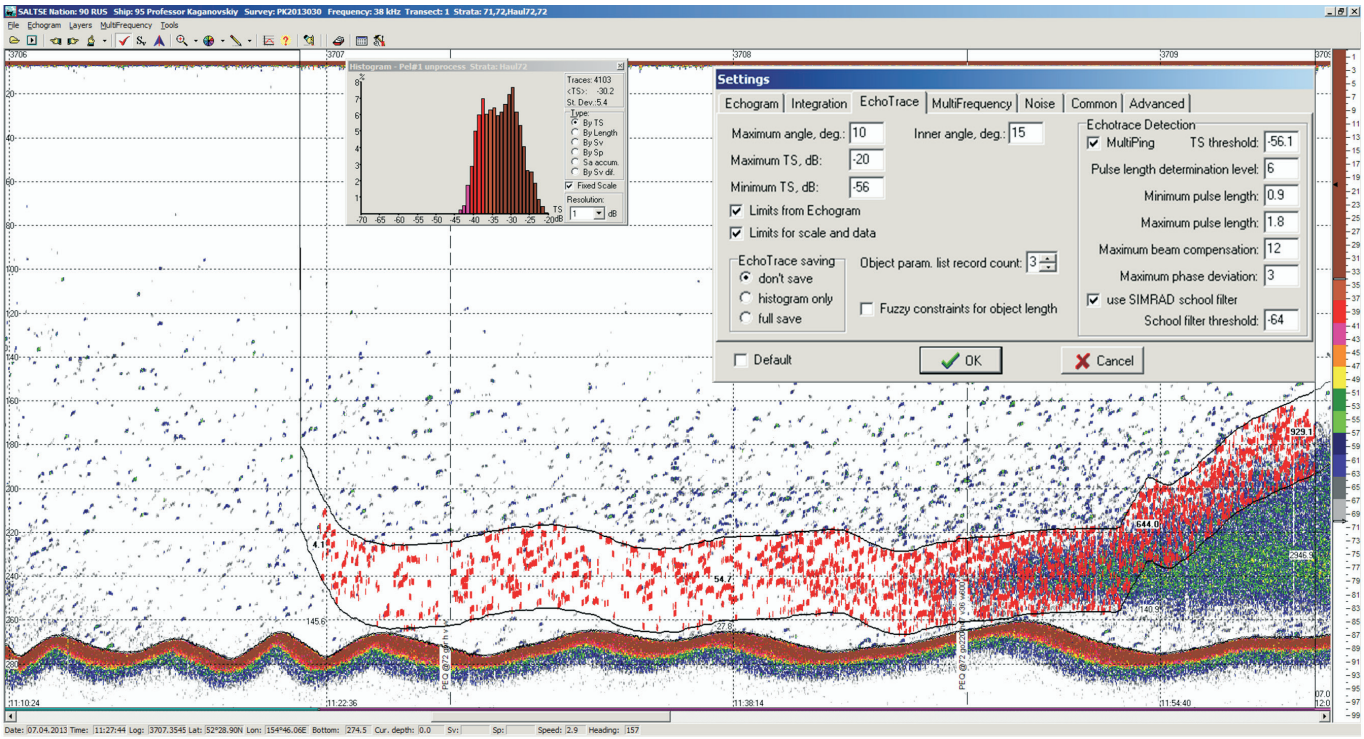


Рис. 1. Окно программы SALTSE с выделенными одиночными целями (красным цветом)

Экспериментальные исследования влияния шумового поля судна на эхоинтеграционные оценки запасов рыб

Реакция рыб в шумовом поле судна может существенно влиять на акустические и траловые оценки запасов (Кузнецов, 2011, 2013; De Robertis, Handegard, 2013). В процессе съемки, по мере приближения судна, происходит изменение распределения и плотности рыб на дистанциях реагирования, в т. ч. в объеме эхолоцирования под судном и в зоне облова трала. Чтобы повысить достоверность оценки обилия, влияние шумового поля судна на поведение и распределение рыб должно быть учтено в виде поправок, компенсирующих потери энергии эхосигнала при эхоинтеграционной оценке запасов и изменения плотности рыб в протраленном объеме при проведении траловых учетных съемок.

Поэтому целью данной работы являлось выполнение экспериментальных исследований влияния шумов научно-исследовательских судов на распределение и оценки плотности рыб с использованием гидроакустических технологий.

Для проведения экспериментов использовался специально разработанный автономный гидроакустический комплекс (АГК). АГК выполнен в виде плавучей платформы, внутри которой установлены: портативный научный эхолот EK-60 SIMRAD с вертикально направленной антенной 38 кГц, источник питания, система связи с судном и GPS-приемник. Реакция рыб на шум судна оценивалась по изменению плотности и глубины расположения рыб до и во время прохождения судна галсами мимо неподвижного относительно скопления рыб средства вертикальной эхолокации (АГК). В режиме постпроцессорной обработки эхограмм программным комплексом SALTSE измерялись коэффициенты обратного поверхностного рассеяния s_A ($м^2миля^{-2}$) и средневзвешенные глубины распределения рыб H (м): сначала их фоновые значения $s_{Aфон}$ и $H_{фон}$ — перед началом галса, и затем, во время галса, $s_{Aгалс}$ и $H_{галс}$ в течение 1- или 2-секундных интервалов интегрирования (~5 или 10 м горизонтального расстояния). Изменение плотности (рассеяние) и глубины расположения рыб при проходе судна мимо АГК оценивалось по отношению s_A и H на галсе к фоновому значению как коэффициенты избегания $К_{изб}$ и заглубления $К_{глуб}$:

$$К_{изб} = \frac{s_{Aгалс}}{s_{Aфон}} \text{ и } К_{глуб} = \frac{H_{галс}}{H_{фон}}$$

Для каждого галса строились зависимости коэффициента избегания $К_{изб}$ (изменения плотности скоплений минтая относительно исходной) в поддиапазонах глубин от дистанции до судна.

Оценка уловистости учетных тралов

Инструментальный метод оценки уловистости учетных тралов представлен ранее в работе (Кузнецов и др., 2015) и состоит в измерении плотности рыб в слое предполагаемого прохода трала под судном и сравнении ее с уловом трала (зона № 2 на рис. 2). Для

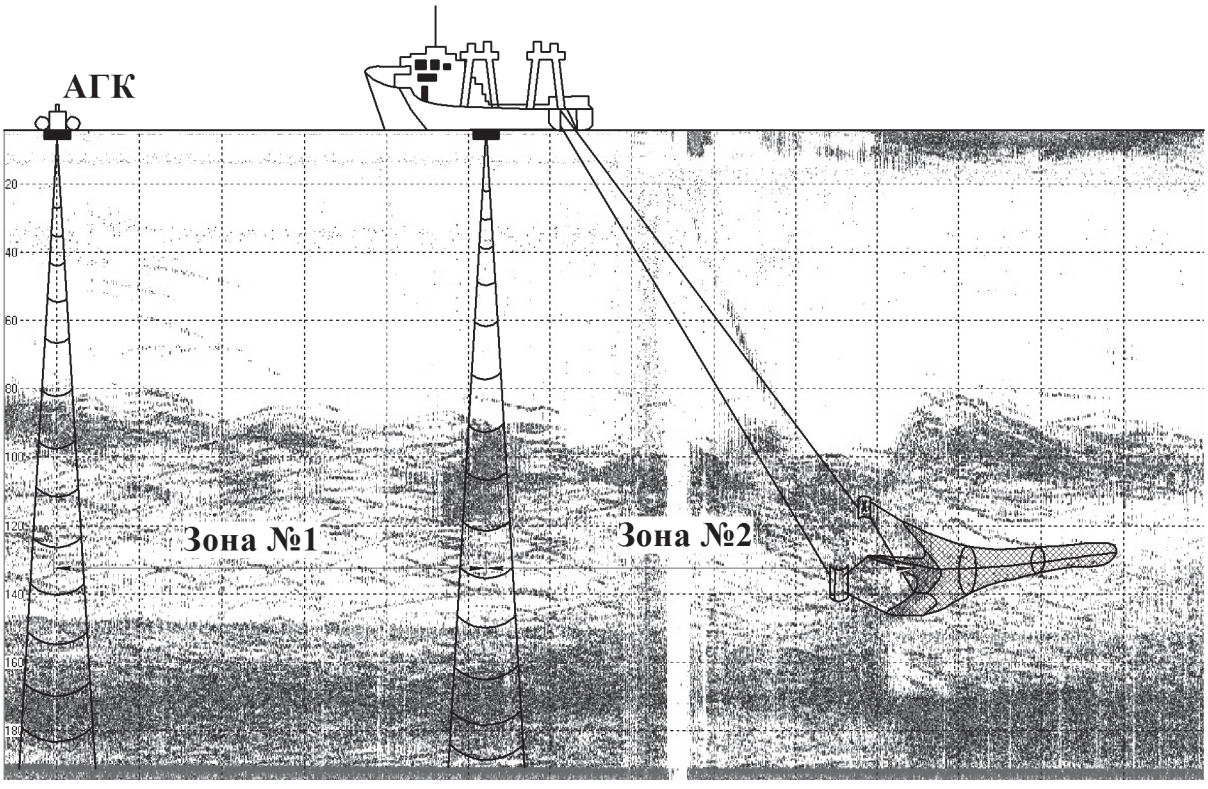


Рис. 2. Схема измерения уловистости учетной системы «судно–трал»

этого используются судовой научный эхолот EK-60 с подкильным расположением антенн и система контроля трала FS20/25 Simrad, позволяющие измерять плотность рыб в слое траления и параметры трала. Разработаны соответствующие программные средства обработки акустических данных. Методикой предусматриваются измерение плотности рыб под килем судна и пересчет фактического улова трала в эквивалентные акустические единицы плотности в протраленном (обловленном) объеме. Из отношения рассчитанной по улову и измеренной в слое траления под судном плотности рыб, получали искомые коэффициенты уловистости:

$$K_{улов} = \frac{s_{Атр}}{s_{Аак}}$$

При таком подходе устраняется методическая ошибка предыдущих исследований, поскольку измерения плотности рыб выполняются не в зоне действия тралового комплекса, а перед ним, т. е. до начала реагирования рыб на приближающиеся его элементы (Лапшин, 2009). Однако не учитываются реакция избегания и искажение за счет этого естественного распределения и концентрации рыб в шумовом поле впереди судна.

Поэтому коэффициенты уловистости ($К_{улов}$), рассчитанные по результатам измерений плотности в соответствующих слоях траления под судном (зона 2, рис. 2), умножали на коэффициенты избегания ($К_{изб}$), измеренные АГК в точке максимального сближения (ТМС) с судном (зона 1, рис. 2). В результате получали сквозные коэффициенты уловистости.

Суточное вертикальное распределение и миграции рыб

Существенное влияние на суммарные оценки численности и биомассы рыб имеют их суточные вертикальные миграции. Например, специалисты AFSC (Alaska Fisheries Science Center, США) для исключения влияния суточных вертикальных миграций на оценки запасов рыб проводят тралово-акустическую и донную траловую съемку в восточной части Берингова моря только в светлое время суток. Знание закономерностей проявления и характеристик суточных вертикальных миграций гидробионтов имеет важное значение при видовой идентификации объектов, организации рационального промысла и планировании учетных работ.

Основной целью является проверка возможности использования гидроакустических технологий для исследования вертикального распределения и параметров суточных вертикальных перемещений массовых видов гидробионтов на границе светлого и темного времени суток.

Исследования вертикального распределения и характеристик суточных вертикальных миграций минтая выполняли, объединяя массивы файлов обработки эхограмм на границе светлого и темного времени суток, полученных в ходе весенних рейсов в Охотское море. При построении карт вертикального распределения использовалась средневзвешенная по плотности s_A ($м^2$миля$^{-2}$) глубина местоположения рыб с интервалом интегрирования 0,1 мили и с шагом по глубине 1 м. Для расчета средневзвешенной глубины обитания рыб, на каждой i-й полумиле пути формировались два ряда данных: $f_i(x,y,z_j,t)$, $j = 1, \ldots n_i$ — плотность гидробионтов (усредненный по 1-метровым интервалам глубины коэффициент обратного поверхностного рассеяния s_A ($м^2$миля$^{-2}$)) и $H_i(z_j)$ — глубина, где x, y — координаты, z_j — интервал глубины, $j = 1, \ldots n_i$, n_i — число интервалов глубины, t — время. Средневзвешенная по плотности глубина местоположения рыб на i-й полумиле расстояния определялась как:

$$H_{i\,avr} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i}\left(f_j \cdot H_j\right)}{\sum_{j=1}^{n_i} f_j}.$$

Распределение средневзвешенных глубин аппроксимировалось степенной или полиномиальной зависимостью, по которой затем рассчитывались скорости подъема и спуска рыб.

Развитие программных средств визуализации и распознавания акустических изображений гидробионтов на эхограммах

Целью является развитие методов видовой и размерной идентификации (распознавания) гидробионтов на эхограммах для повышения оперативности и достоверности оценки запасов и эффективности их промысла с использованием гидроакустических технологий.

На основе материалов, хранящихся на сервере лаборатории и в интегрированной базе данных, сформирован метаархив акустических изображений основных промысловых объектов бассейна Охотского, Чукотского и Берингова морей и СЗТО (Кузнецов, Убарчук, 2013). Данные в метаархиве по заданным параметрам (условиям отбора) из общего массива акустических и сопутствующих данных (биологических, навигационных, гидрологических) сортируются в соответствующие папки по морям, по проценту содержания основного объекта в улове, по размеру и доле объекта в пределах размерной группы, сезону и

времени суток (рис. 3). В настоящее время метаархив содержит свыше 4500 фрагментов акустических изображений (эхограмм) минтая, сельди, сардины, скумбрии, мойвы, сайки и других видов и регулярно пополняется новыми данными.

Из метаархива отбирались типичные, устойчиво повторяющиеся фрагменты эхограмм, которые совместно с диаграммой размерного распределения и стадии зрелости рыб, данными о районе работ, времени суток, параметрах траления и географического положения эхограммы составили пополняемую библиотеку характерных (типовых) акустических изображений промысловых видов рыб и ее электронную версию — Атлас типовых акустических изображений основных объектов ресурсных исследований и промысла дальневосточных морей России и прилегающих тихоокеанских вод.

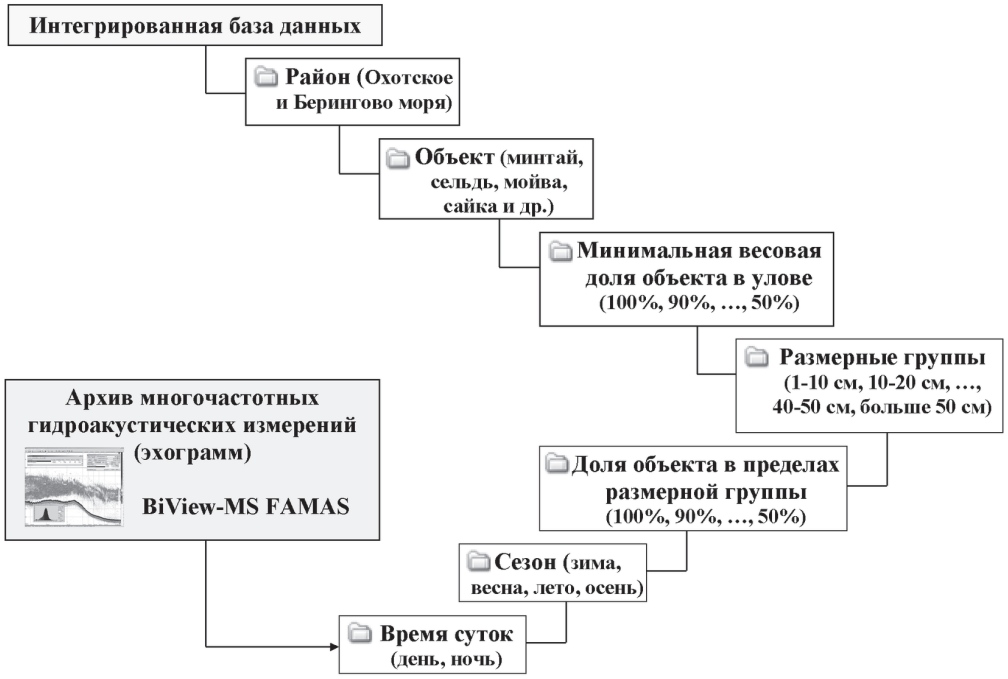


Рис. 3. Схема метаархива акустических изображений гидробионтов

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование отражательных свойств минтая в Охотском море *in situ*

До 2012 г. при проведении тралово-акустических съемок в Охотском море для расчета численности минтая использовалось выражение TS=20log(L)–66, полученное *in situ* американскими исследователями в Беринговом море (Traynor, 1996). Однако съемки минтая в Беринговом и Охотском морях проводятся в разное время и соответствуют различному физиологическому состоянию рыб. В Охотском море это преимущественно преднерестовый, нерестовый или только что отнерестившийся минтай, а в Беринговом — нагульный. Отражательная способность рыб при этом может сильно различаться, и различия эти связаны, в основном, с изменением размеров плавательного пузыря, объем которого, в свою очередь, зависит от степени наполнения желудка, размеров половых продуктов и других изменений внутренних органов, присущих рыбам в преднерестовом и нагульном состоянии (Foote, 1987).

В результате обработки удовлетворяющих условиям измерений исходных данных, получены уравнения для сил цели минтая Охотского моря *in situ* со средними размерами от 21,4 до 49,7 см. Линии регрессии и эмпирические зависимости между средними значениями силы цели TS и длиной рыб показаны на рис. 4.

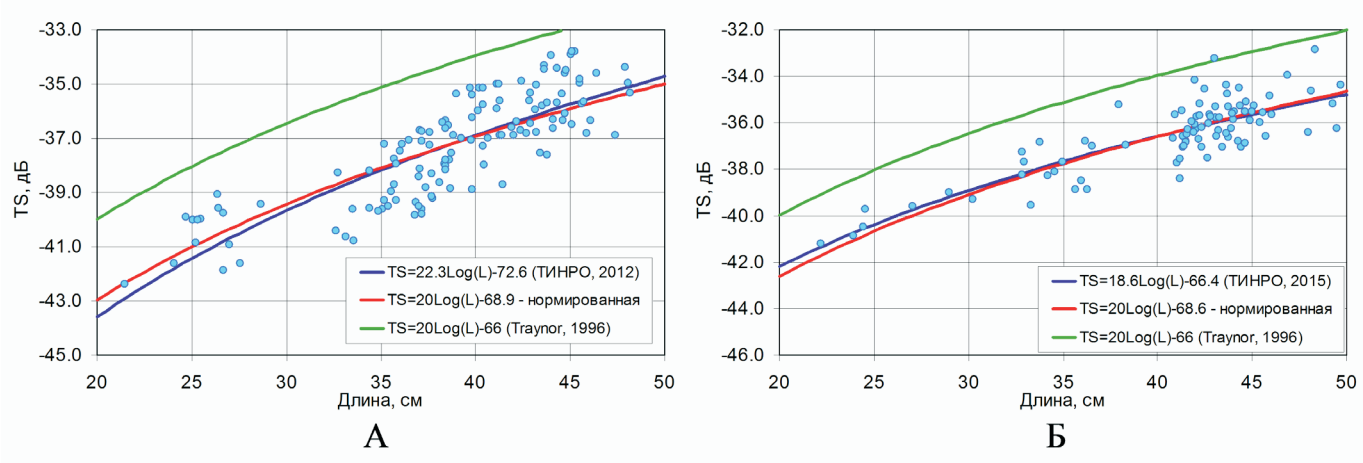


Рис. 4. Зависимости силы цели (TS) минтая от его длины (весна, Охотское море): А — 2006–2012 гг.; Б — 2013–2015 гг.

Для ряда лет 2006–2012 гг. уравнение прямой регрессии для силы цели минтая: TS=22,3log(FL)–72,6; r=0,83; p<0,05; R^2=0,70. Уравнение обратной регрессии: TS=33,2log(FL)–89,9. Обобщенная регрессия: TS=27,2log(FL)–81,3. Нормированная к 20log(FL) регрессия: TS=20,0log(FL)–68,9.

Для ряда лет 2013–2015 гг. уравнение прямой регрессии: TS=18,63log(FL)–66,4; r=0,83; R^2=0,68. Уравнение обратной регрессии: TS=27,1log(FL)–80. Обобщенная регрессия: TS=22,4log(FL)–73,2. Нормированная к 20log(FL) регрессия: TS=20log(FL)–68,6.

Существенное уменьшение силы цели у охотоморского минтая по сравнению с беринговоморским (на 2,9 и 2,6 дБ для рядов наблюдений) связано с преднерестовым состоянием рыб в периоды съемок в Охотском море. Увеличение размеров гонад вызывает уменьшение объема плавательного пузыря и, соответственно, отражающую способность особей минтая в весенний период. Получены уравнения регрессии для размерных групп минтая меньше и больше 30 см. Сила цели у молоди охотоморского минтая на 0,8–1,5 дБ выше, чем у крупных рыб, что, видимо, также вызвано различием в их физиологическом состоянии (нагульное и нерестовое).

Исследования влияния шумового поля судна на эхоинтеграционные оценки запасов рыб

В результате экспериментов установлено, что реакция рыб сопровождается снижением плотности скоплений и их заглублением при приближении судна относительно исходного распределения рыб. Реакция рыб на шум судна заметна на эхограммах с АГК даже визуально (рис. 5).

Обобщенные по всем экспериментам графики изменения плотности (коэффициента избегания) скоплений минтая в шумовом поле судна при его прохождении галсами мимо АГК с эхолотом показаны на рис. 6. На расстояниях до судна 180–140 м кривая суммарной плотности имеет тенденцию небольшого начального подъема (>1) и затем — устойчивого снижения при дальнейшем его приближении. Увеличение плотности, видимо, вызвано горизонтальными движениями реагирующих вперед по ходу судна и уже находящихся там рыб, за счет чего происходит эффект «толпления» минтая на дистанциях реагирования.

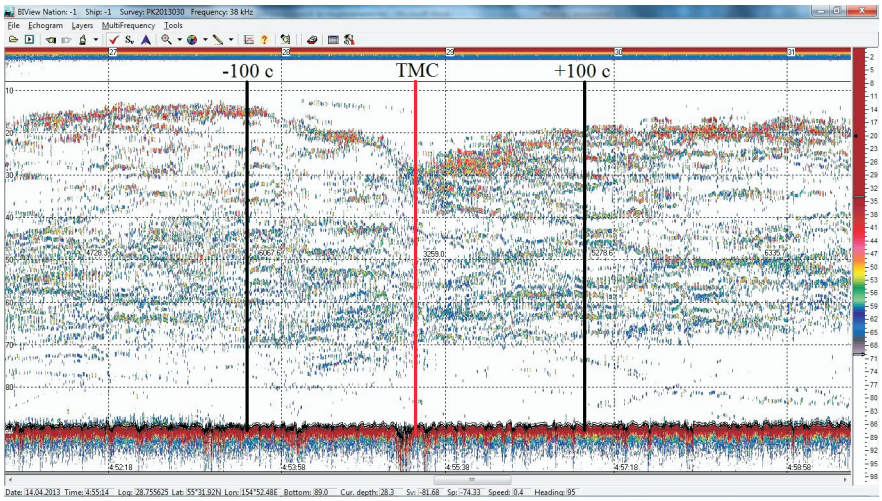


Рис. 5. Реакция минтая при прохождении судна мимо АГК (ТМС — точка максимального сближения с АГК)

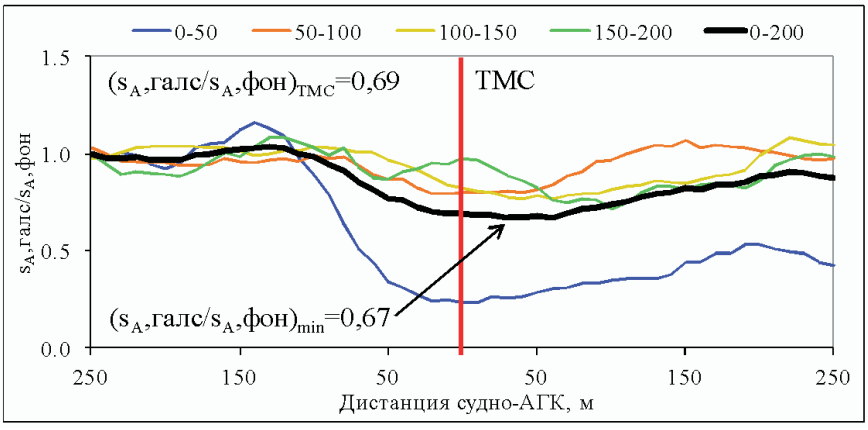


Рис. 6. Изменение плотности скоплений минтая в поддиапазонах глубин в зависимости от дистанции между судном и АГК (Охотское море, 2013–2016 гг.)

Наблюдается активное перераспределение плотности минтая по слоям глубины. Часть рыб на пути судна уходит в стороны (рассеивается). Характерным является более сильное уменьшение плотности рыб на меньших глубинах. Заглубление рыб при приближении судна вызывает последовательное увеличение их плотности в более глубоком слое. Практически во всех экспериментах уменьшение суммарной плотности во время прохода судна происходило за счет сокращения плотности рыб в верхних горизонтах, а ее рост — за счет увеличения плотности минтая в более низких слоях глубины.

Коэффициент избегания в момент прохода судна мимо АГК на глубинах до 100 м по обобщенным данным составил 0,56. Это означает, что плотность минтая на минимальном расстоянии от судна сократилась более чем на 40% относительно исходной, измеряемой при естественном (невозмущенном) состоянии рыб впереди

судна до начала действия шумового поля (рис. 7А). То есть, по сути, во время съемки происходит занижение численности в слое 0–100 м в 1,44 раза. В диапазоне глубин от 100 до 200 м (рис. 7Б) тенденция начального подъема и последующего уменьшения суммарной плотности скоплений в ТМС, за счет заглубления рыб, была менее значима: = 0,86. То есть недоучет численности минтая гидроакустическим эхоинтеграционным методом в диапазоне глубин 100–200 м не превысил 15%. Отношение суммарной плотности рыб к фоновой в ТМС во всем диапазоне глубин 0–200 м составило 0,69 (рис. 6).

Оценка уловистости учетного трала РТ/ТМ 57/360 (минтай Охотского моря)

Из отношения рассчитанной по улову и измеренной в слое траления под судном плотности рыб получали коэффициенты уловистости в поддиапазонах, соответствующих среднему вертикальному раскрытию учетного трала РТ/ТМ 57/360 30 м с шагом по глубине 10 м: 10–40 м, 20–50 м и т. д. (рис. 8А). Значения коэффициента уловистости имеют тенденцию относительного роста с глубиной и снижения на краях диапазона измерений (при тралениях в приповерхностных горизонтах и на глубинах более 200 м). Полученные результаты хорошо согласуются с моделью двигательного поведения рыб в шумовом поле судна (Кузнецов и др., 2015). Согласно модели, уменьшение плотности минтая в трале относительно исходной и, соответственно, снижение его уловистости на небольших глубинах наблюдается за счет избегающей реакции рыб в шумовом поле судна. С ростом глубины избегательная реакция, связанная с заглублением косяков, находящихся выше верхней подборы трала на глубинах меньших, чем дистанция реагирования рыб на шум судна, вызывает эффект уплотнения (концентрации) минтая в зоне облова трала и увеличения его уловистости.

Поскольку измерения плотности рыб, находившихся на обловленной площади, выполнялись эхолотом под судном, влияние шума судна на уловистость про-

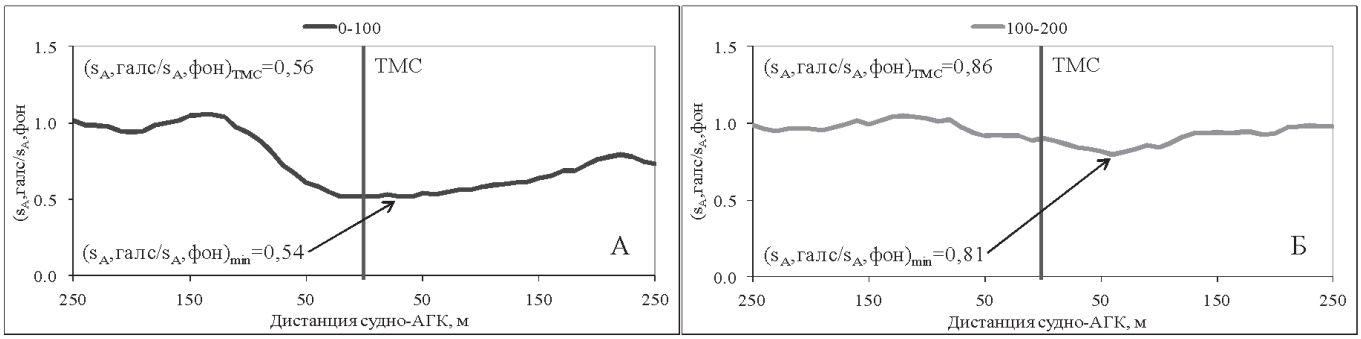


Рис. 7. Изменение плотности скоплений минтая в зависимости от дистанции между судном и АГК в диапазонах глубин: А — 0–100 м; Б — 100–200 м

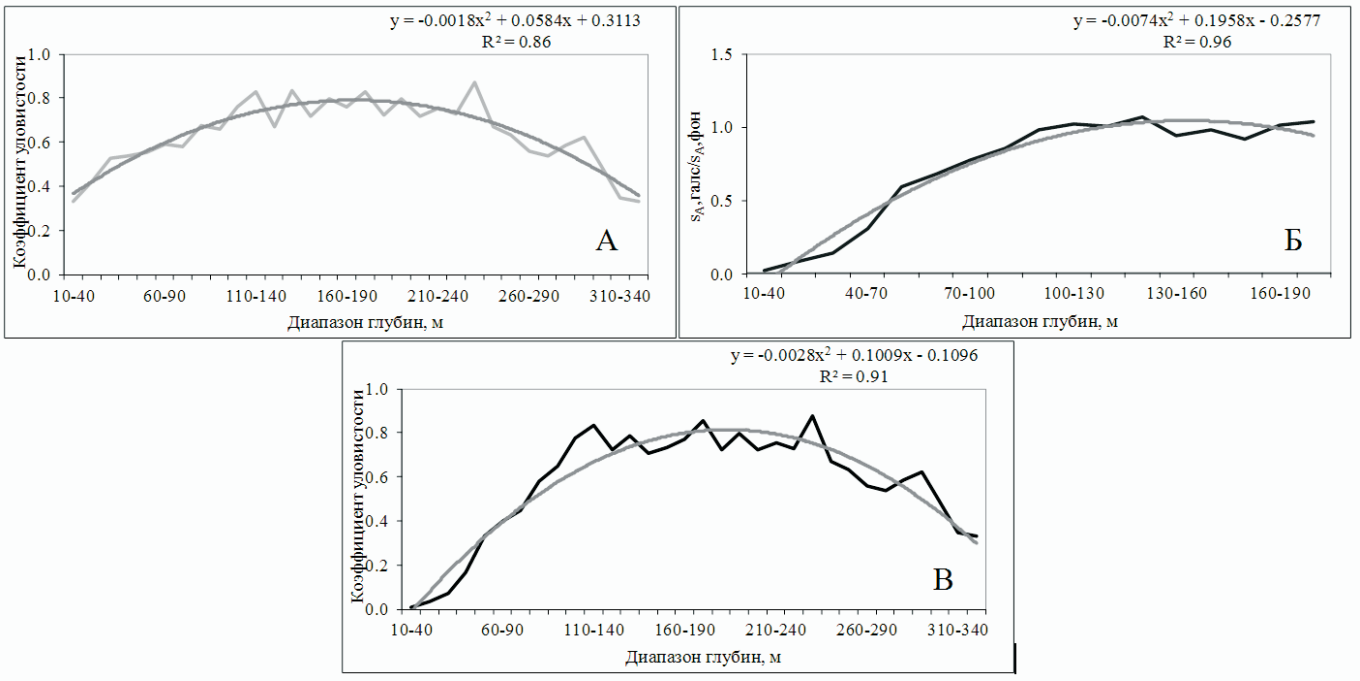


Рис. 8. Зависимости от глубины хода трала: А — коэффициента уловистости между судном и тралом (зона № 2), Б — коэффициента избегания судна (зона № 1), В — сквозного коэффициента уловистости

мысловой системы судно-трал в зоне № 2 учтено лишь частично. В результате обобщения экспериментальных данных с использованием АГК получен график изменения суммарной плотности скоплений минтая относительно исходной в ТМС с судном в тех же поддиапазонах глубин (рис. 8Б). Данный график отражает влияние шумового поля впереди судна на акустические оценки плотности рыб под судном (зона № 1).

Таким образом, имеются оценки уловистости учетного трала РТ/ТМ 57/360 как отношения количества пойманных рыб в трале к количеству рыб в обловленном объеме под судном в соответствующих слоям траления поддиапазонах глубин и значения коэффициентов избегания как отношения плотности скоплений минтая в ТМС к исходной впереди судна. Умножая измеренные в ТМС с судном коэффициенты избегания (зона 1) на коэффициенты уловистости, рассчитанные по результатам измерений плотности под судном (зона 2), вычислены результирующие или сквозные коэффициенты уловистости по слоям глубины, в которых учитывается как избегание рыбами шумового поля судна, так и уловистость самого трала (рис. 8В).

Суточное вертикальное распределение и миграции минтая Охотского моря

Высокое разрешение научных эхолотов по глубине (18 см при длительности посылки 1 мс) и возможности программного обеспечения SALTSE позволяют оценивать структуру вертикального распределения и параметры суточных вертикальных миграций рыб, которые могут повлиять на результаты оценок запаса (рис. 9).

Обобщены характеристики суточных вертикальных миграций минтая в зависимости от глубины дна в различных районах Охотского моря в весенний период (рис. 10). Как видно, наиболее значительные вертикальные перемещения минтая зарегистрированы в северной части Охотского моря, где амплитуда миграций (средневзвешенных глубин обитания) достигала более 40 м.

На изобатах меньше 200 м диапазон вертикальных миграций минтая составил в среднем 5,7 м. На

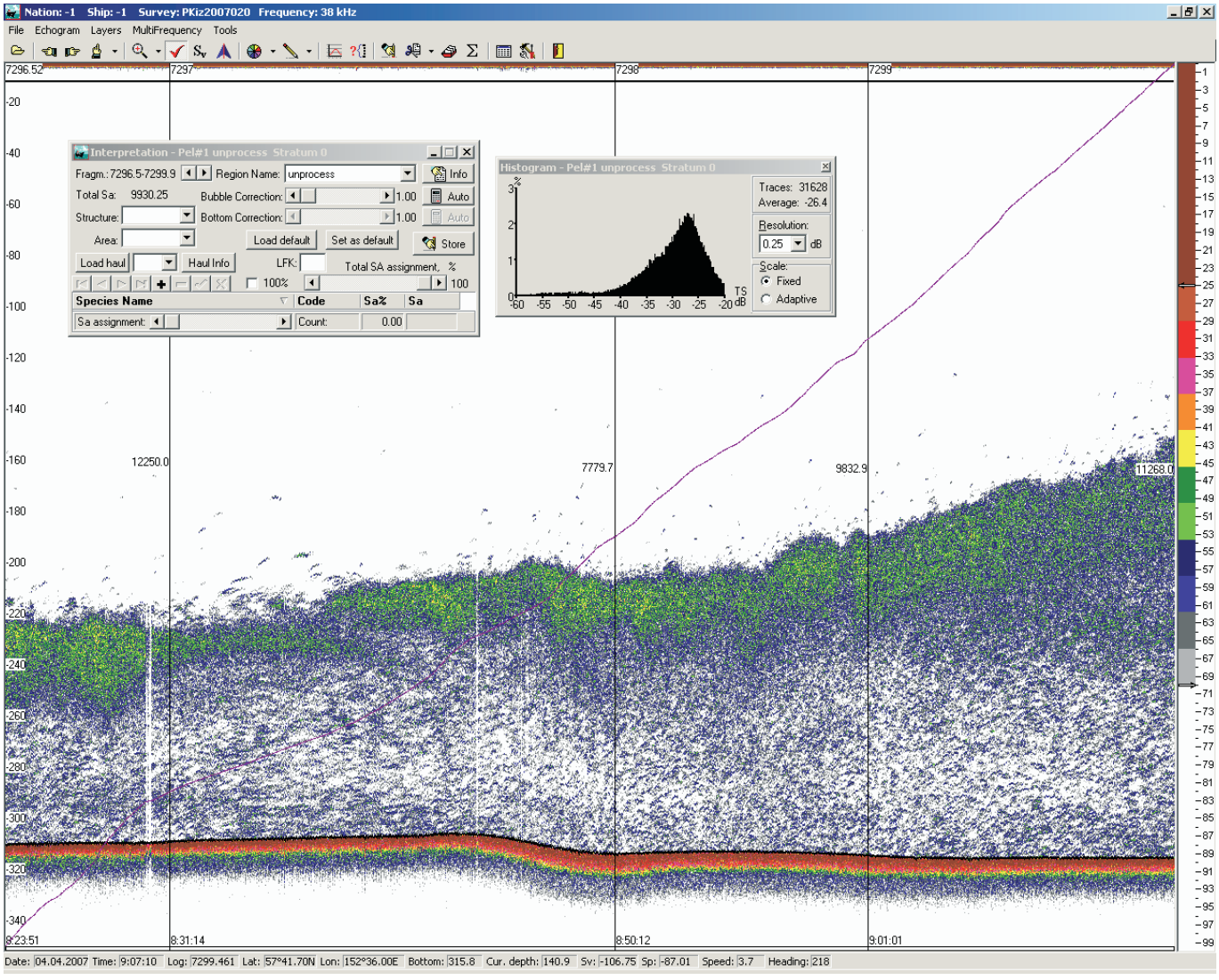


Рис. 9. Фрагмент акустического изображения скоплений минтая на границе светлого и темного времени суток (СЧОМ)

изобатах свыше 200 м ночью минтай был распределен более широко, и центр концентрации скоплений находился значительно выше, чем днем (рис. 11). Разница горизонтов обитания минтая в темное и светлое время суток варьировала в зависимости от глубины дна от 11,4 м до 42,1 м (в среднем 28,2 м).

Особый интерес вызывают переходные процессы на границе светлого и темного времени суток, в течение которых и происходит изменение средневзвешенных глубин обитания минтая. Например, в вечерние сумерки центр массы скоплений минтая в СЧОМ имеет тенденцию небольшого начального заглубления и затем период плавного вертикального подъема и рассеяния в широком диапазоне глубин (рис. 12). Скорость подъема, максимальная в средних горизонтах (около 0,45 м/мин), к концу миграции замедляется до нулевой. В утренние часы скопления имеют тенденцию небольшого начального подъема и затем плавного погружения до глубин дневного обитания. Скорость спуска к середине периода миграции становится максимальной (0,45 м/мин) и затем также плавно убывает. Средние скорости спуска и подъема минтая были примерно одинаковыми — 0,3 м/мин.

Развитие программных средств визуализации и распознавания акустических изображений промысловых объектов

Разработана первая версия программы представления данных метаархива и библиотеки характерных акустических изображений гидробионтов — EchoArchive. Программа предназначена для отображения по заданным условиям предварительно отобранных в метаархив и библиотеку гидроакустических фрагментов эхограмм и их описания. С использованием разработанных программных средств, сформирован электронный атлас типовых акустических изображений массовых промысловых видов рыб дальневосточных морей России и прилегающих тихоокеанских вод. Каждое акустическое изображение в атласе сопровождается данными о районе работ, географическом положении эхограммы, времени суток, сезоне, информацией о тралении, видовом составе улова с диаграммами размерного распределения, стадий зрелости рыб и др. (рис. 13).

Программное обеспечение позволяет совершать в Атласе выбор эхограмм по району (задавая координаты и (или) название промыслового района), времени суток, времени года и объекту промысла. В результате

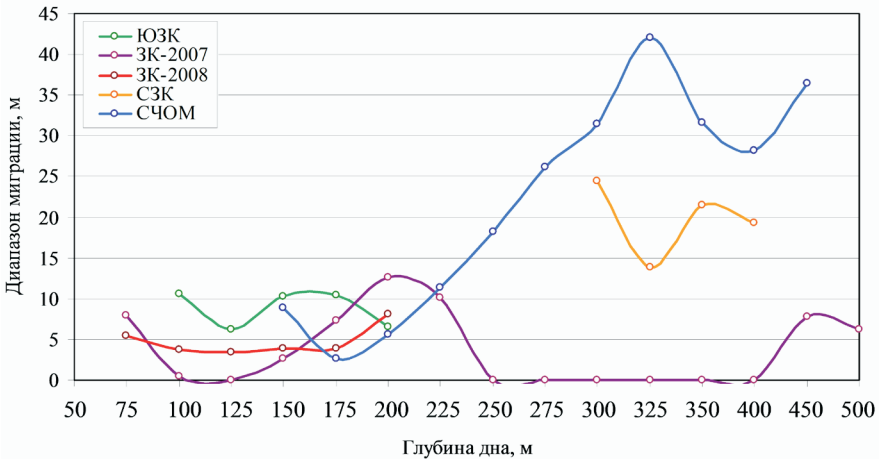


Рис. 10. Размах суточных вертикальных миграций минтая в зависимости от глубины дна в различных районах Охотского моря

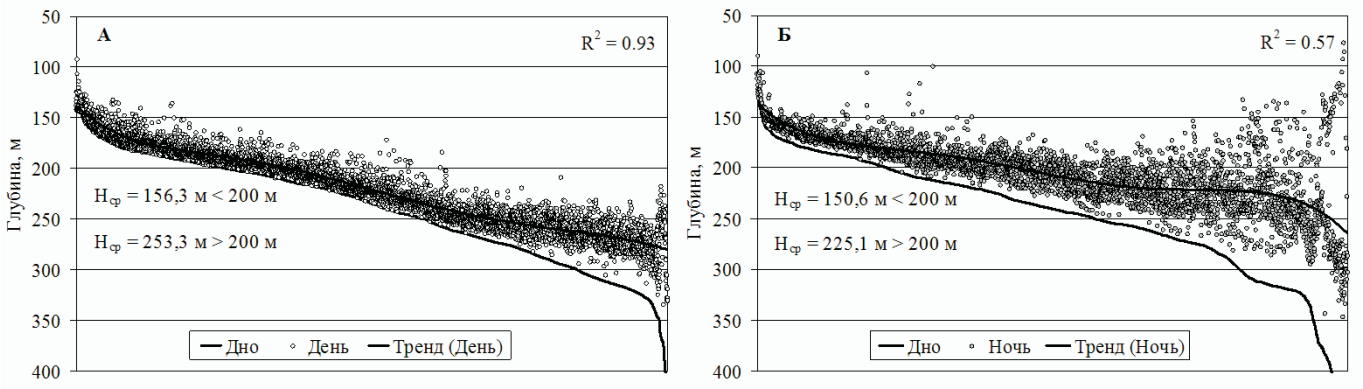


Рис. 11. Вертикальное распределение минтая в северной части Охотского моря в зависимости от глубины дна: А — день; Б — ночь

можно воспроизводить на экране компьютера акустические изображения (фрагменты эхограмм), характерные для рыб различного размерного состава и в соответствии с сезонными (физиологическими), суточными и районными особенностями образования скоплений и их поведения. Раскраску (палитру) отображаемых акустических изображений и диапазон раскраски (пороги) можно менять для лучшего соответствия эхограмме используемого на судне эхолота. Атлас регулярно пополняется новыми данными.

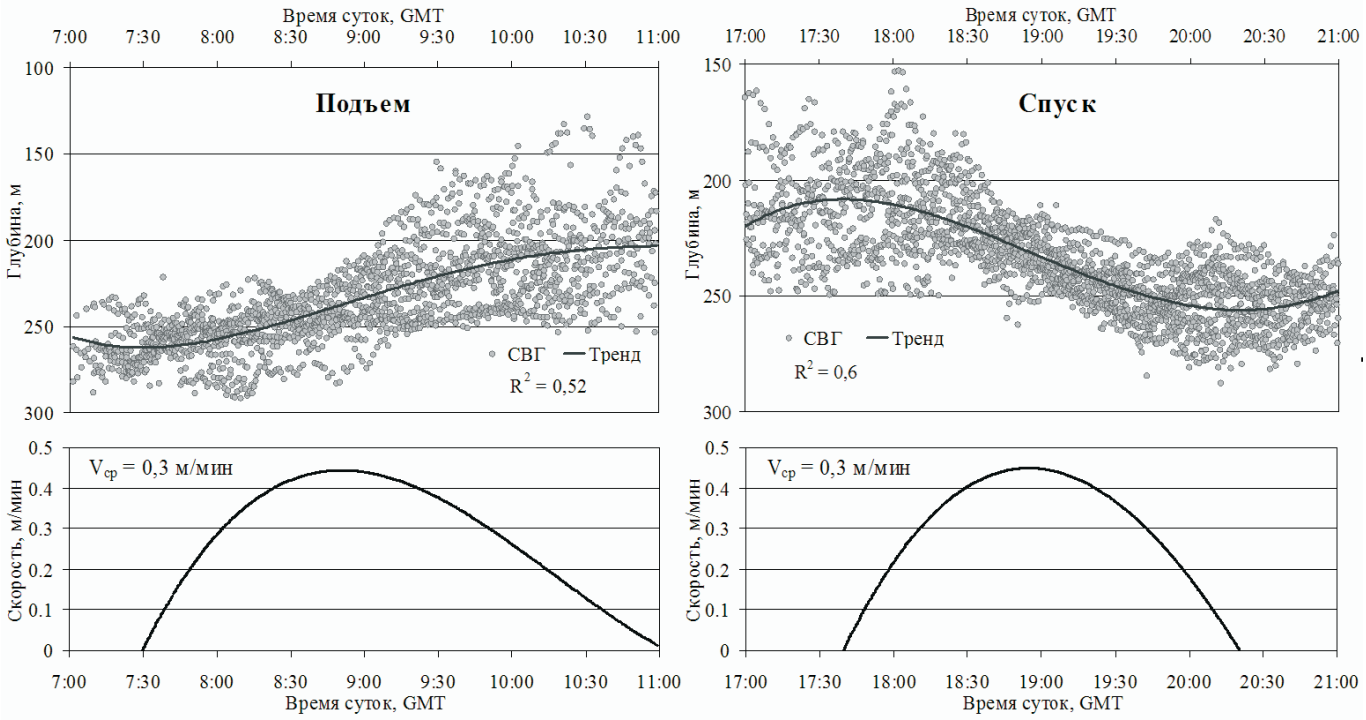


Рис. 12. Вертикальные миграции минтая в северной части Охотского моря в весенний период

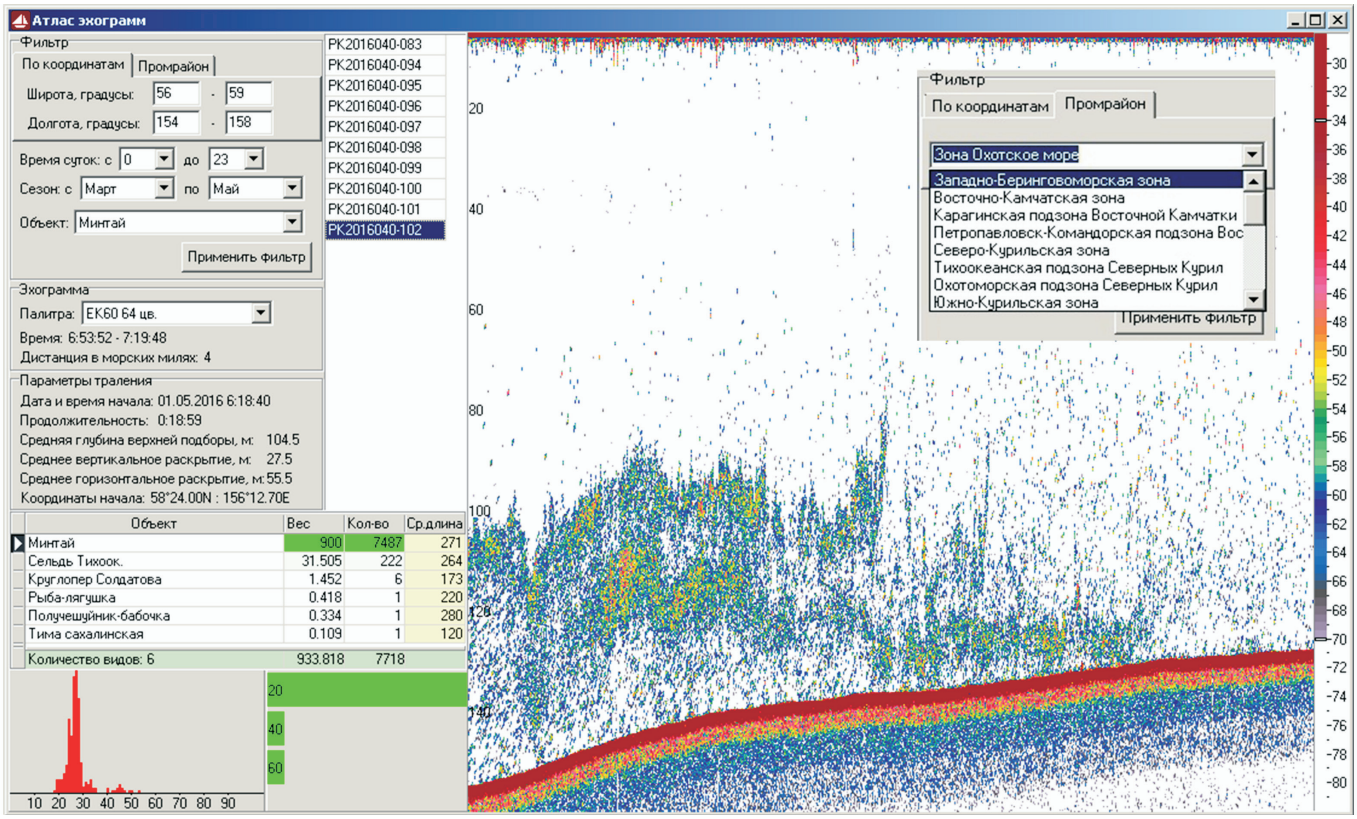


Рис. 13. Окно представления данных в Атласе типовых акустических изображений рыб

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны методики и получены предварительные результаты оценки некоторых биотических и абиотических факторов, влияющих на достоверность оценки запасов рыб тралово-акустическим методом, с использованием гидроакустических технологий.

Выявленные особенности поведения и акустические свойства гидробионтов создают дополнительные возможности повышения оперативности и достоверности эхоинтеграционных и траловых оценок запасов и эффективности их промысла.

Исследования планируется продолжить. При накоплении достаточного статистического материала выявленные закономерности и зависимости будут использоваться при проведении учетных тралово-акустических съемок и в технологиях тралового лова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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. 2013. Гидроакустические методы и средства оценки запасов рыб и их промысла. Ч. 1. Гидроакустические средства и технологии их использования при проведении биоресурсных исследований ТИНРО-Центра // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 172. С. 20–51.

Кузнецов М.Ю., Поляничко В.И., Убарчук И.А. 2015. Совершенствование методов оценки уловистости траловых учетных систем с использованием гидроакустических средств (на примере минтая Охотского моря) // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 183. С. 259–277.

Кузнецов М.Ю., Убарчук И.А. 2013. Формирование библиотеки типовых акустических изображений рыб Охотского и Берингова морей (структура и процедура пополнения) // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 175. С. 182–193.

Лапшин О.М. 2009. Подходы к определению коэффициента уловистости учетных тралов // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 157. С. 247–260.

Убарчук И.А., Ермольчев В.А. 2015. Программа для ЭВМ SALTSE (Scattering Area Coefficient, Length and Target Strength Estimation). Св-во о гос. рег. программы для ЭВМ № 2015613954. 1 с.

De Robertis A., Handegard N.O. 2013. Fish avoidance of research vessels and the efficacy of noise-reduced vessels: a review // ICES J. Mar. Sci. V. 70. P. 34–45.

Foote K.G. 1987. Fish target strengths for use in echo integrator surveys // Journal of the Acoustical Society of America. V. 82. P. 981–987.

Ricker W.E. 1973. Linear regressions in fishery research // J. Fish. Res. Board Can. V. 30. P. 409–434.

Traynor J.J. 1996. Target strength measurement of walley pollock (*Theragra Chalcogramma*) and pacific whiting (*Merluccius Productus*) // ICES J. Marine Science. № 53. P. 253–258.

УДК 639.2.081.11

ВОЗМОЖНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ В ОЦЕНКЕ ЧИСЛЕННОСТИ ГИДРОБИОНТОВ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ ДОННОГО ТРАЛА

Е.А. Захаров, О.Н. Кручинин, М.А. Мизюркин

Зав. сектором, вед. н. с., вед. н. с.; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Тел.: (4232) 401-318. E-mail: egor.zakharov@tinro-center.ru, oleg.kruchinin@tinro-center.ru, mizmih@mail.ru

УЧЕТНАЯ ТРАЛОВАЯ СЪЕМКА, SCANMAR, ГЕОМЕТРИЯ ДОННОЙ ТРАЛОВОЙ СИСТЕМЫ, ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ РАСКРЫТИЕ ТРАЛА, ДЛИНА ВАЕРОВ, РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ РАСПОРНЫМИ ДОСКАМИ, ЗОНА ОБЛОВА ДОННОГО ТРАЛА, МЕХАНИКА ДОННОЙ ТРАЛОВОЙ СИСТЕМЫ, ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ ГИДРОБИОНТОВ

На НИС «Профессор Кагановский» в Беринговом море с использованием норвежской аппаратуры Scanmar проведены исследования геометрических параметров учетного донного трала 27,1/24,4 м. В результате анализа массива данных показан неоднозначный характер изменения геометрии трала от скорости траления и длины ваеров. Вместе с тем выявлена однозначная обратная зависимость горизонтального раскрытия трала и расстояния между досками от отношения длины ваеров к глубине лова. На примерах показана величина возможной погрешности в оценке численности гидробионтов за счет существенного варьирования горизонтального раскрытия донного трала 27,1/24,4 м. Полученные данные могут быть использованы в учетных съемках при оценке зоны облова донного трала, а также при анализе различных методов расчета геометрии и механики донной траловой системы.

POSSIBLE ERRORS IN THE STOCK ASSESMENT OF HYDROBIONTS CAUSED BY CHANGING GEOMETRY OF BOTTOM TRAWL

E.A. Zakharov, O.N. Kruchinin, M.A. Mizurkin

Head of division, Leading Scientist, Leading Scientist;
Pacific Research Institute of Fisheries
690091, Vladivostok, Shevchenko alley, 4
Tel.: (4232) 401-318. E-mail: egor.zakharov@tinro-center.ru, oleg.kruchinin@tinro-center.ru, mizmih@mail.ru

TRAWL SURVEY, SCANMAR, BOTTOM TRAWL SYSTEM GEOMETRY, HORIZONTAL OPENING OF TRAWL, LENGTH OF WARPS, DISTANCE BETWEEN BOARDS, BOTTOM TRAWL CATCH ZONE, BOTTOM TRAWL SYSTEM MECHANICS, STOCK ASSESSMENT OF HYDROBIONTS

Testing of geometrical parameters of the bottom survey trawl 27.1/24.4 m was carried out with the use of Norwegian “Scanmar” aboard the R/V “Professor Kaganovsky” in the Bering Sea. Unstable character of the trawl geometry changes depending on speed or length of warps, is shown. At the same time, a stable inverse correlation is demonstrated between the horizontal opening of the trawl or the distance between the boards and the ratio between the length of the warps and the depth of fishing. The value of possible error in the stock assessment of hydrobionts caused by extensive variations of the horizontal opening of the bottom trawl 27.1/24.4 is demonstrated in examples. The data obtained can be used in trawl surveys when we evaluate the bottom trawl catch zone or when analyze different extrapolation methods of geometry and mechanics of bottom trawl systems.

При эксплуатации тралов, особенно при использовании их в учетных съемках, актуальной является задача определения геометрических параметров траловой системы при заданных характеристиках ваеров, кабелей, досок, подбор и режимов траления (глубины и скорости). В последние годы в ТИНРО с использованием норвежской аппаратуры «Scanmar» проведен ряд исследований по влиянию различных факторов на геометрию донной траловой системы. В результате этих исследований показано влияние длины кабелей, угла атаки траловых досок и скорости траления на вертикальное и горизонтальное раскрытие и расстояние

между досками для некоторых донных тралов (Кручинин и др., 2011, 2012; Мизюркин и др., 2010, 2011, 2012).

В 2012–2014 гг. на НИС «Профессор Кагановский» и НИС «ТИНРО» проведены исследования геометрии учетного донного трала 27,1/24,4 м при существенном изменении глубины траления и, соответственно, длины ваеров. Целью настоящей статьи является определение влияния этого фактора на геометрические параметры донного трала 27,1/24,4, а также оценка возможной погрешности в определении численности гидробионтов, возникающей за счет варьирования величины зоны облова этого трала.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Донная съемка выполнялась донным тралом 27,1/24,4 м (рис. 1). Трал был оснащен 50-метровыми кабелями и 16-метровым 2-пластным мешком с мелкоячейной вставкой 10 мм. В качестве грузов углубителей на концах крыльев использовались направленные бобинцы весом 40 кг. Заглубление нижней подборы обеспечивала цепь калибром 19 мм на поводцах длиной 15 см. Плавучесть верхней подборы обеспечивали 42 кухтыля АМГ-200. В качестве распорных средств использовались сферические доски площадью 4,3 м2 и весом 1500 кг.

Для контроля хода трала и исследования его геометрических параметров использовался бескабельный норвежский траловый комплекс фирмы Scanmar. В комплект приборов входили датчики расстояния между досками, датчик горизонта хода, датчики расстояния между крыльями и траловый зонд. Датчик горизонта хода и траловый зонд были установлены на верхней подборе трала. Датчики расстояния между крыльями крепились за топенант в начале крыла. Датчики расстояния между досками были установлены в специально приваренных стаканах. Возможности комплекса позволяют следить за изменением геометрических параметров трала с точностью до 10 см.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ изменения геометрии донного трала 27,1/24,4 м

В 2012 г. при выполнении учетной донной съемки в Беринговом море на НИС «Профессор Кагановский» с помощью датчиков аппаратуры Scanmar зарегистрировано около 680 одномоментных значений вертикального раскрытия трала ($h_{тр}$), горизонтального раскрытия или расстояния между крыльями ($B_{кр}$) и расстояния между досками ($B_{дос}$) при различной длине ваеров ($L_{ваер}$) и глубине лова ($H_{лова}$).

Изменение геометрических параметров траловой системы (раскрытие по доскам, вертикального и горизонтального раскрытия трала) в зависимости от длины ваеров показано на графиках рис. 2.

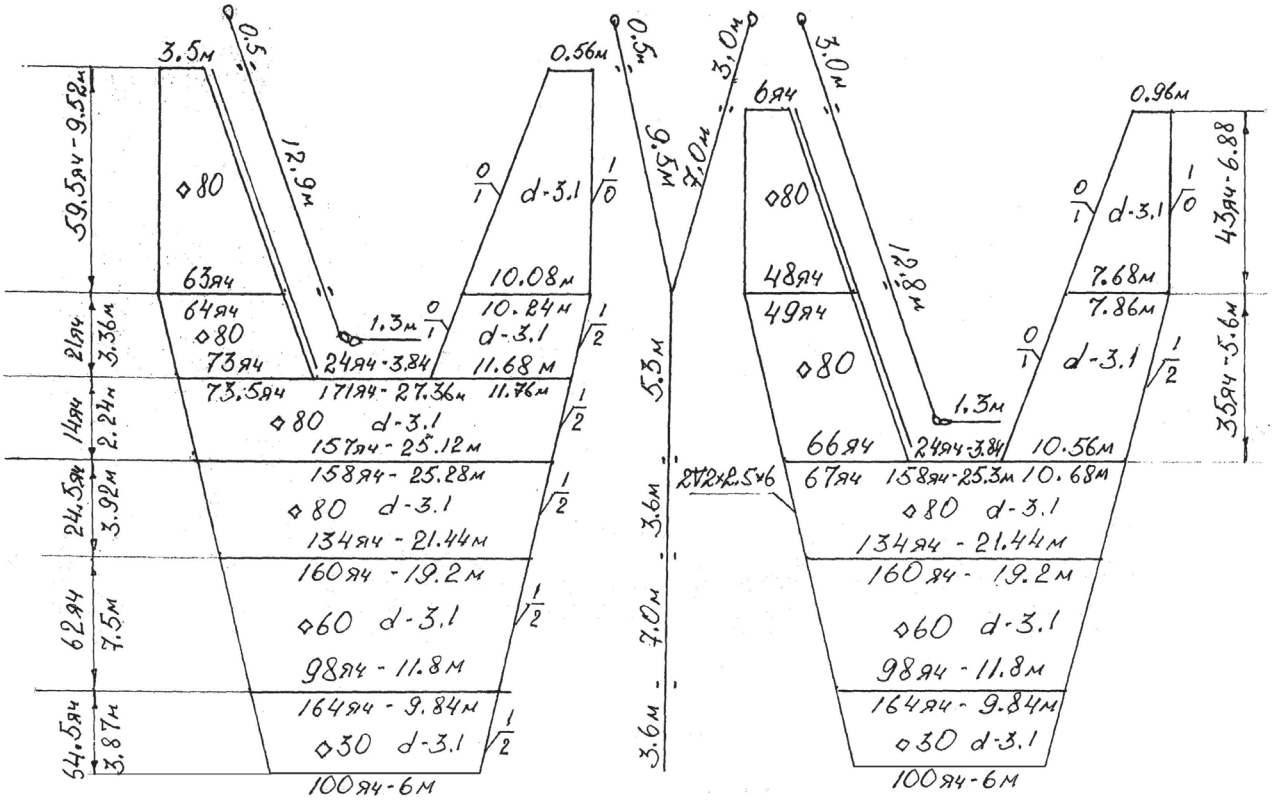


Рис. 1. Трал донный 27,1/2434 м

По распределению точек на графиках и характеру линий тренда на рис. 2 можно предположить: до длины ваеров 400 м происходит увеличение $B_{дос}$ и $B_{кр}$. В диапазоне длины ваеров 400–900 м значения этих параметров стабилизируются, а при длине ваеров более 900 м наблюдается слабая тенденция к их увеличению.

Представляет также интерес вопрос о том, какая длина ваеров (или какое отношение $L_{ваер}/H_{лова}$) использовалась при тралениях на различных глубинах. Результат анализа этих данных представлен на рис. 3, где видно, что на глубинах до 100 м длина ваеров, отнесенная к глубине лова, составляет от 3,8 до 2,5. При дальнейшем увеличении глубины лова это отношение снижается до 2–1,8. Такой результат можно отнести к тактике тралений, выбранной субъектом, руководящим ловом. Однако этот субъективный фактор, как видно из сопоставления данных рис. 2 и рис. 3, влияет на горизонтальное раскрытие трала, и получается, что на малых глубинах зона облова трала меньше, чем на больших.

При проведении учетной донной съемки в Охотском море, выполненной в 2014 г. на НИС «ТИНРО», наибольшее количество значений (около 500) было получено по расстоянию между траловыми досками, которое с высокой достоверностью зависит от длины вытравленных ваеров (рис. 4). Выявлено также, что расстояние между крыльями трала (горизонтальное раскрытие) напрямую зависит от растояния между досками (рис. 5).

С использованием аппроксимационных уравнений, показанных на рис. 4 и рис. 5, была составлена тарировочная таблица (табл. 1) для дальнейшего применения в траловых учетных съемках НИС «ТИНРО» донным тралом 27,1/24,4 м.

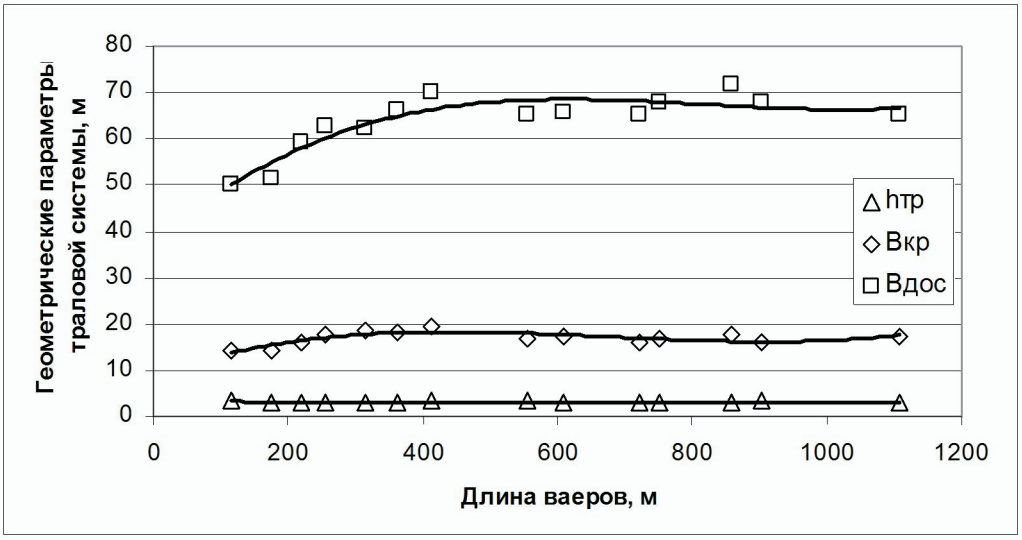


Рис. 2. Геометрические параметры трала 27,1/24,4 м в зависимости от длины ваеров

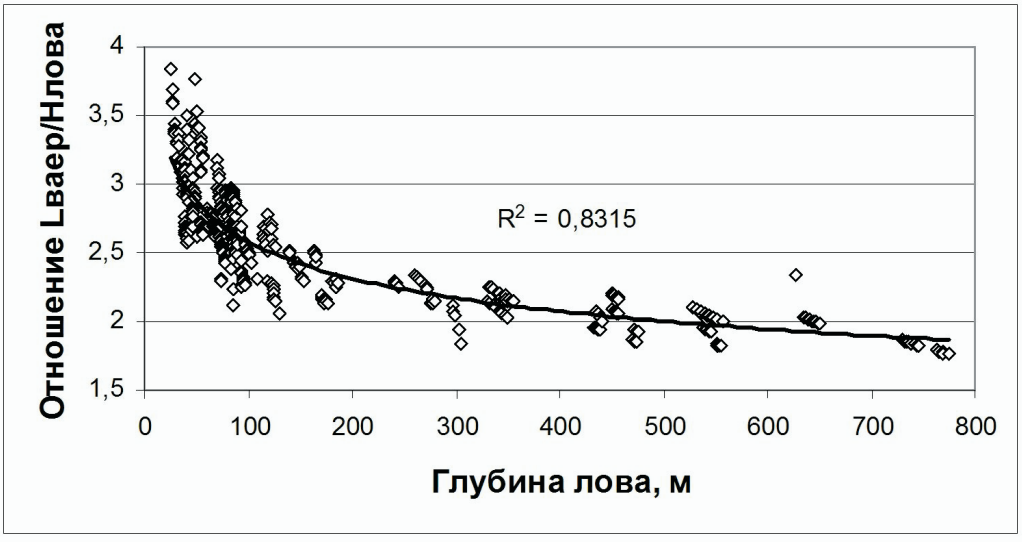


Рис. 3. Изменение отношения $L_{ваер}/H_{лова}$ с увеличением глубины лова

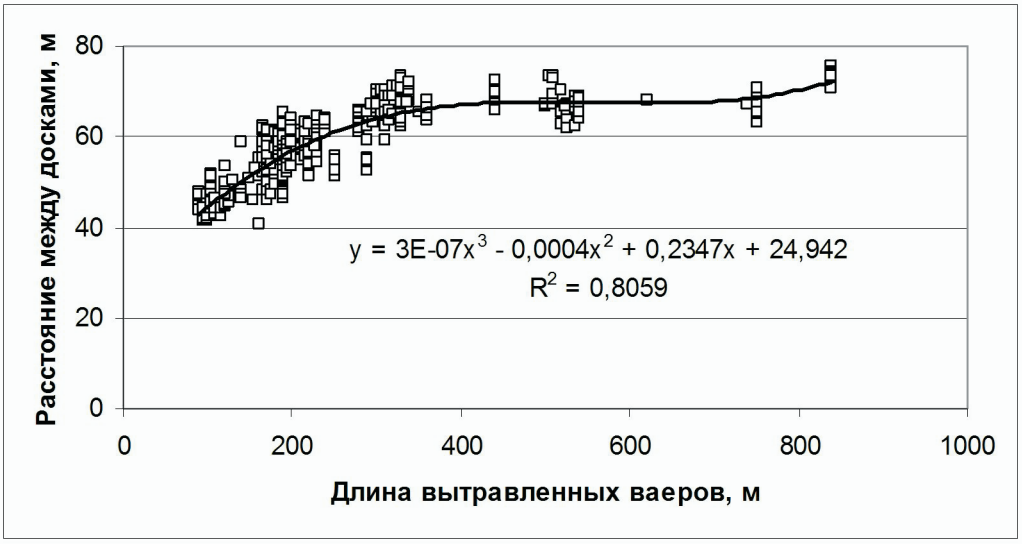


Рис. 4. Зависимость растояния между траловыми досками от длины ваеров

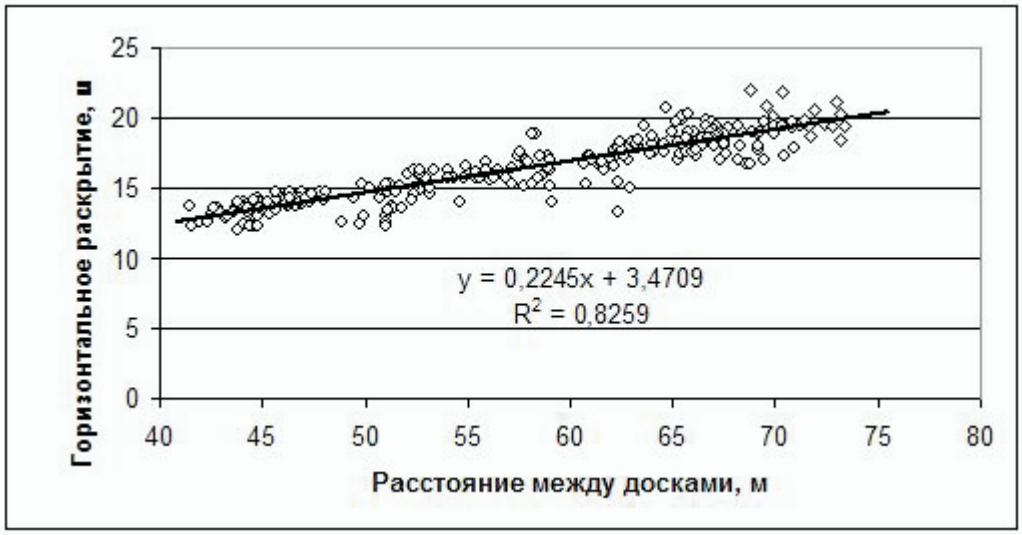


Рис. 5. Зависимость горизонтального раскрытия трала от растояния между траловыми досками

Таблица 1. Расстояние между траловыми досками и горизонтальное раскрытие донного трала 27,1/24,4 м в зависимости от длины ваеров

Длина вытравленных ваеров, м	Расстояние между досками, м	Горизонтальное раскрытие трала, м
100	44,4	13,5
150	51,4	14,9
200	56,9	16,2
250	61,0	17,2
300	64,0	17,9
350	65,9	18,4
400	67,1	18,6
450	67,6	18,7
500	67,8	18,8
550	67,7	18,7
600	67,5	18,7
650	67,5	18,7
700	67,9	18,8
750	68,7	19,0
800	70,3	19,3
850	72,7	19,7
900	76,3	20,1

Анализ возможных погрешностей в оценке численности ВБР при проведении учетных съемок донным тралом 27,1/24,4 м

Вышеприведенный анализ показал, что в условиях весьма существенного изменения глубины траления и, соответственно, длины вытравленных ваеров, геометрические параметры трала имеют большой разброс значений, что отражается на величине зоны облова, которая в донной съемке определяется горизонтальным раскрытием трала.

Согласно записям в траловых карточках, при проведении учетной съемки горизонтальное раскрытие

(зона облова) трала 27,1/24,4 м во всех тралениях считалось неизменным и равным в среднем 16 м. Если это значение зафиксировано в траловой карточке, то, очевидно, его использовали при оценке зоны облова трала и площадной плотности распределения гидробионтов, а в конечном итоге — для определения численности ВБР.

Однако выборка встречаемости различных значений горизонтального раскрытия этого трала, приведенная на графике рис. 6, показывает, что горизонтальное раскрытие изменялось от 10 до 22 м.

Встречаемость зафиксированного в карточках значения горизонтального раскрытия составляет всего 32%, а в остальных случаях — больше или меньше 16 м. Поэтому, принимая во всех случаях для расчета зоны облова среднее значение горизонтального раскрытия, предполагаем, что по результатам около 68% тралений расчет плотности распределения и численности гидробионтов был сделан с погрешностью.

В табл. 2 показан сравнительный анализ оценок численности и биомассы некоторых видов ВБР, выполненных с применением средних (стандартных)



Рис. 6. Распределение значений горизонтального раскрытия трала 27,1/24,4 м

Таблица 2. Погрешность определения численности ВБР при использовании стандартной величины зоны облова

Вид	По фактическому значению раскрытия трала		По среднему значению раскрытия трала		Погрешность оценки численности, %
	Биомасса, тыс. т	Численность, млн экз.	Биомасса, тыс. т	Численность, млн экз.	
Аляскинский шипощек	0,020	0,041	0,024	0,050	22,0
Американский стрелозубый палтус	3,120	2,219	3,567	2,521	14,3
Командорский кальмар	6,499	65,712	7,298	70,808	12,3
Малоглазый макрурус	2,861	0,582	3,180	0,648	11,2
Тихоокеанский черный палтус	0,506	0,510	0,557	0,559	10,2
Тихоокеанский морской окунь	0,234	1,407	0,257	1,576	9,9
Тихоокеанский белокорый палтус	1,352	0,239	1,458	0,238	7,9
Минтай	123,259	356,234	129,023	370,818	4,7
Тихоокеанская сельдь	10,102	41,334	9,968	40,592	1,3
Сахалинская камбала	0,196	3,277	0,185	3,057	5,4
Тихоокеанская треска	68,247	32,560	63,878	29,926	6,4
Тихоокеанская мойва	0,886	58,159	0,827	53,989	6,6
Керчак-яок	0,048	0,183	0,044	0,168	8,5
Северная двухлинейная камбала	7,444	14,992	6,636	13,271	10,8
Осьминог гигантский	0,003	0,034	0,003	0,030	11,5
Сайка	0,042	1,313	0,037	1,161	11,5
Звездчатая камбала	0,266	0,291	0,219	0,240	17,6
Желтоперая камбала	2,814	10,639	2,286	8,503	18,8
Тихоокеанская навага	28,335	49,607	22,653	39,774	20,1

значений горизонтального раскрытия трала и с применением фактических значений горизонтального раскрытия трала, зафиксированного в каждом тралении аппаратурой Scanmar. Там же приведена возможная погрешность стандартной методики оценки численности некоторых видов гидробионтов.

Данные табл. 2 показывают, что по некоторым видам погрешность оценки численности ВБР составляет до 20%. Авторы не берутся рассуждать, является ли такая ошибка приемлемой, однако этот пример должен насторожить специалистов, определяющих плотность распределения и численность гидробионтов по данным учетных траловых съемок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования геометрических параметров донного трала 27,1/24,4 м показал, что в условиях весьма существенного изменения глубины траления и, соответственно, длины вытравленных ваеров, геометрические параметры трала имеют большой разброс значений, что отражается на величине зоны облова трала, которая при проведении учетной съемки изменялась от 10 до 22 м. Однако, согласно записям в траловых карточках, горизонтальное раскрытие трала 27,1/24,4 м считалось неизменным (стандартным) и равным в среднем 16 м. Такая величина горизонтального раскрытия трала встречается всего в 32% тралений, поэтому расчет плотности распределения и численности гидробионтов, с использованием этого горизонтального раскрытия, в 68% тралений был сделан с погрешностью. Наша оценка, выполненная по результатам учетной донной съемки в Охотском море, выполненной в 2014 г. на НИС «ТИНРО», показала, что погрешность достигает 20% и более. Авторы не берутся рассуждать, является ли такая погрешность приемлемой или нет, однако этот пример должен насторожить специалистов, определяющих численность ВБР по данным учетных донных траловых съемок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кручинин О.Н., Мизюркин М.А., Сафронов В.А., Захаров Е.А. 2011. Геометрические параметры, натяжение ваеров и уловы донного трала в зависимости от угла атаки траловых досок / Тр. Межд. науч.-практ. конф., посвящ. 125-летию Ф.И. Баранова. Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ». С. 267–275.

Кручинин О.Н., Мизюркин М.А., Захаров Е.А., Сафронов В.А. 2012. Геометрия и уловистость двух донных тралов // Изв. ТИНРО. Т. 171. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 285–291.

Мизюркин М.А., Кручинин О.Н., Сеславинский В.И., Астафьев С.Э., Сафронов В.А. 2010. Геометрия и уловистость донного трала в зависимости от длины кабелей // Межд. науч.-практ. конф. Матер. Калининград: ФГОУ ВПО КГТУ. С. 54–63.

Мизюркин М.А., Кручинин О.Н., Сафронов В.А., Калчугин П.В., Галеев А.И. 2011. Геометрические параметры, натяжение ваеров и уловы донного трала при различной длине кабелей // Изв. ТИНРО. Т. 164. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 360–373.

Мизюркин М.А., Кручинин О.Н., Сафронов В.А., Захаров Е.А. 2012. Влияние угла атаки траловых досок на сопротивление и геометрические параметры донной траловой системы // Изв. КГТУ. № 24. Вып. «Промышленное рыболовство». Калининград. С. 32–37.

УДК 639.2.081.8

МЕТОД ОЦЕНКИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ПЛОТНОСТИ СКОПЛЕНИЙ САЙРЫ ПО УЛОВАМ НА СВЕТОВЫХ СТАНЦИЯХ

О.Н. Кручинин, Н.Л. Ваккер

Вед. н. с.; инж.; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Тел.: (4232) 401-318. E-mail: oleg.kruchinin@tinro-center.ru

ПРОМЫСЛОВЫЕ СВЕТОВЫЕ ЛЮСТРЫ, ПОВЕРХНОСТНАЯ И ПОДВОДНАЯ ОСВЕЩЕННОСТЬ, БОРТОВАЯ САЙРОВАЯ ЛОВУШКА, ПЛОТНОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ РЫБ

Разработан алгоритм расчета поверхностной и подводной освещенности, создаваемой судовыми промысловыми люстрами, реализованный в программе Microsoft © Office Excel. Применительно к судну типа СТР-420 проведен расчет поверхностной освещенности от судовых промысловых люстр и показана неравномерность поля освещенности вокруг судна, что объясняется схемой расположения люстр. Определены рабочие параметры бортовой сайровой ловушки нового типа. Расчетами выявлено, что объемная зона облова ловушки составляет более 7000 м^3. На условном примере показан расчет естественной плотности концентрации сайры по величине улова бортовой ловушкой. Разработанный метод расчета может послужить основой для выявления оптимального размещения люстр на промысловом судне, когда можно добиться более равномерного распространения света. Это приведет к увеличению световой зоны, создаваемой судовыми люстрами для привлечения и концентрации водных биологических объектов, положительно реагирующих на свет.

METHOD OF ESTIMATION OF NATURAL DENSITY OF AGGREGATING SAURY ON THE CATCHES AT LIGHTING STATIONS

O.N. Kruchinin, N.L. Wacker

Leading Scientist; Engineer; Pacific Research Fisheries Center
690091, Vladivostok, Shevchenko alley, 4
Tel.: (4232) 401-318. E-mail: oleg.kruchinin@tinro-center.ru

COMMERCIAL LIGHTING CHANDELIERS, SURFACE AND UNDERWATER LIGHTING, ONBOARD SAURY FISHING TRAP, DENSITY OF FISH AGGREGATION

An assessment algorithm for the surface and underwater illumination, produced by the ship chandeliers is developed on the base of Microsoft © Office Excel program. The surface illumination produced by marine commercial chandeliers is estimated for the vessel type STR-420 and uneven illumination of the field around the ship due to the scheme of the distribution of the chandeliers is demonstrated. Working parameters for new type of the onboard saury fishing trap are estimated. The calculation has revealed the catching square of the trap >7000 m^3. An example of calculation of the density of aggregating saury on the catch of the onboard trap is provided. The method of the calculation can serve a basis for making the distribution of the chandeliers aboard the fishing vessel optimal, when spreading the light gets more homogenous. Expanded lighting created by the chandeliers would attract more aquatic creatures with positive reaction to light.

В настоящее время технология проведения исследований состояния запасов водных биоресурсов, положительно реагирующих на свет (в частности, сайры), заключается в визуальной оценке количества рыб, привлеченных светом к судну, и в определении на этой основе величины запаса ВБР. Несовершенство такой технологии очевидно и заключается в том, что оценивается не естественная плотность концентрации рыб, а искусственная концентрация, образовавшаяся под воздействием на скопление рыб привлекающего света. По нашему мнению, правильней было бы оценивать состояние запасов ВБР, положительно реагирующих на свет, исходя из уловов, как это делается при проведении траловых учетных съемок.

В общем виде технологию определения естественной плотности концентрации рыб по данным их облова на световых станциях можно представить следующим порядком действий. Расчетным путем определяются зона привлечения

рыб на свет и зона концентрации рыб у судна. По этим данным находится коэффициент увеличения плотности концентрации рыб в зоне облова. По улову на световой станции определяется плотность концентрации рыб в зоне облова, откуда, используя коэффициент увеличения плотности, обратным расчетом определяется естественная концентрация скопления рыб.

При этом возникает необходимость разработки методов (моделей) оценки зоны привлечения, создаваемой световыми люстрами, концентрации рыб в зоне облова ловушкой и обловленного ловушкой объема воды. Разработка таких моделей базируется на знании законов распространения света от различных источников (ламп) в воздухе и воде, световой чувствительности глаза рыб и характера их реагирования на свет, а также технических характеристик световых люстр и бортовых ловушек.

Цель настоящей статьи — раскрыть алгоритм определения естественной плотности концентрации скопления сайры на примере работы промыслового судна типа СТР-420, оснащенного световыми люстрами и бортовой ловушкой нового типа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Предположим, что судовая люстра находится в точке $L_{(XYZ)}$ на высоте h от поверхности моря (от плоскости XY) и расположена под углом α к поверхности моря (рис. 1). Освещенность в точке $S_{(XY)}$, находящейся на поверхности моря, рассчитывается по следующей общей формуле (Кнорринг, 1956; Сидельников, 1981):

$$E_0 = \frac{F\cos\gamma}{2\pi r_2}, \qquad (1)$$

где F — световой поток от источника, рассчитываемый как произведение мощности источника (Вт) на световую отдачу ламп (лм/Вт), лм; γ — угол падения света, рад; r — расстояние от источника до точки освещаемой поверхности, м.

Однако формула (1) справедлива для источников, световой поток от которых распространяется равномерно по направлениям, ограниченным нижней полусферой (Сидельников, 1981). Светораспределение светильников производственного назначения, к которым относятся промысловые люстры, близко к косинусному (Кнорринг, 1956): максимальная освещенность создается в точке поверхности, находящейся под углом 0° к нормали плоскости светильника, а минимальная — под углом 90°. Этот закон действует в отношении как вертикальной, так и горизонтальной плоскости распространения света (углы γ_1 и γ_2 на рис. 1). При этом положение (направление) нормали плоскости светильника зависит от угла его наклона к освещаемой поверхности (угол α на рис. 1).

Учитывая вышеизложенное, формула для расчета поверхностной освещенности от одного источника (люстры) запишется в виде:

$$E_0 = \frac{F\cos(\alpha-\gamma_1)\cos(\gamma_2)}{r_2}, \qquad (2)$$

где γ_1 — вертикальный угол падения светового потока, рад:

$$\gamma_1 = arctg\frac{d}{h}; \qquad (3)$$

d — расстояние от проекции источника на поверхность моря до точки падения луча на поверхность моря, м:

$$d = \sqrt{(X_S - X_L)^2 + (Y_S - Y_L)^2}; \qquad (4)$$

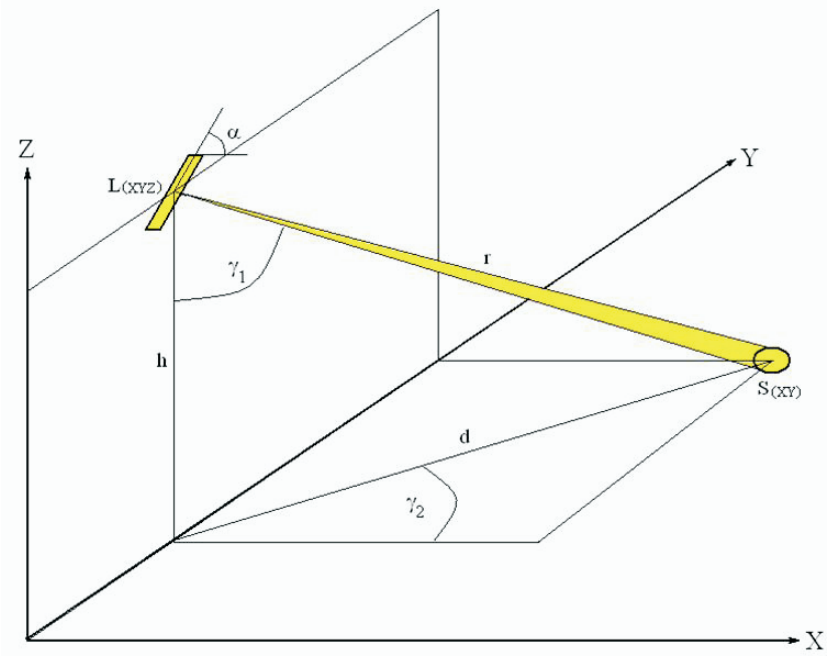


Рис. 1. К расчету поверхностной освещенности от судовой люстры

γ_2 — горизонтальный угол отклонения светового потока, рад:

$$\gamma_2 = arctg(\frac{Y_S - Y_L}{X_S - X_L}), \quad (5)$$

где X_L, Y_L — координаты люстры, м; X_S, Y_S — координаты точек поверхности моря, в которых определяется освещенность, м.

Освещенность в каждой точке поверхности моря от всех источников (люстр) определяется суммарным световым потоком от каждой люстры:

$$E_{0(j)} = \sum_{i=1}^{n} (\frac{F\cos(\alpha - \gamma_1)\cos(\gamma_2)}{r_2})_i, \quad (6)$$

где j — номер точки поверхности моря; i — номер световой люстры.

Световой поток от источника, попадая на поверхность моря, частично отражается, а частично преломляется и распространяется вглубь моря. Доля проникающего светового потока характеризуется коэффициентом отражения τ, который показывает отношение яркостей преломленного и падающего лучей. Связь между яркостью света, падающего на поверхность моря, преломленного и отраженного света, определяется уравнениями Френеля (Шулейкин, 1968). Используя их, И.И. Сидельников (1981) рассчитал зависимость коэффициента отражения от угла падения, представленную в табл. 1.

Данные табл. 1 показывают, что чем больше угол падения, тем меньшая часть энергии светового потока проникает под воду. При угле падения 90º весь световой поток отражается от поверхности воды. Для удобства использования данных табл. 1 в расчетах, коэффициент отражения нашли в виде аппроксимации с относительной погрешностью, не превышающей 8%:

$$\tau = (a - b\gamma_1)/(c - d\gamma_1), \quad (7)$$

где a = 2,622 ; b = 0,029 град$^{-1}$; c = 2,676; d = 0,027 град$^{-1}$.

Таблица 1. Зависимость коэффициента отражения от угла падения светового потока на поверхность моря (по: Сидельников, 1981)

γ_1,град	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
τ	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,94	0,87	0,65	0

Таким образом, освещенность, создаваемая люстрами непосредственно под поверхностью воды, с учетом коэффициента отражения запишется в виде:

$$E_W = \tau E_{0(j)} \quad (8)$$

Подводная освещенность на глубине z с учетом отражения определится из выражений:

$$E_z = \tau E_{0(j)} \exp(-\alpha_E L_E), \quad (9)$$

где α_E — показатель ослабления света с глубиной, м$^{-1}$, L_E — расстояние от точки падения луча на поверхность моря до точки определения подводной освещенности:

$$L_E = z\sqrt{1 + tg^2\beta}, \quad (10)$$

где z — глубина проникновения светового потока, м; β — угол преломления светового потока, рад:

$$\beta = \arcsin(\frac{\sin\gamma_1}{n_\beta}), \quad (11)$$

где — коэффициент преломления, который для границы «воздух–морская вода» принимается равным 1,34.

Как следует из вышеизложенного, для определения поверхностной и подводной освещенности необходимо знать координаты люстр. В соответствии со схемой расположения световых люстр на судне СТР-420 с левого (ЛБ) и правого (ПБ) бортов (рис. 2),

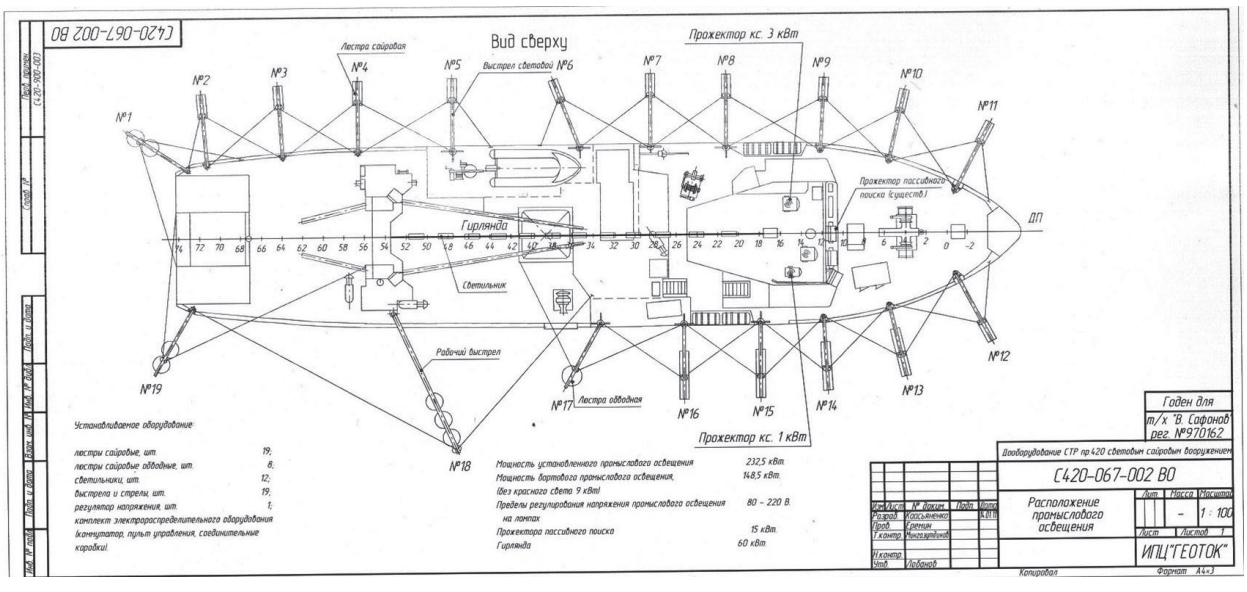


Рис. 2. Схема расположения световых люстр на СТР-420

рассчитали координаты каждой люстры, приняв за начало координат центр судна. Эти данные, а также мощность каждой люстры приведены в табл. 2.

Таблица 2. Координаты и мощность световых люстр на СТР-420

Номера люстр	X_L	Y_L	Мощность люстры, кВт
№ 1 ЛБ	–9,34	–25,11	9
№ 2 ЛБ	–8,55	–20,24	4,5
№ 3 ЛБ	–85,5	–15,76	4,5
№ 4 ЛБ	–8,55	–11,28	4,5
№ 5 ЛБ	–8,55	–6,8	4,5
№ 6 ЛБ	–8,55	–2,32	4,5
№ 7 ЛБ	–8,55	2,16	4,5
№ 8 ЛБ	–8,55	6,64	4,5
№ 9 ЛБ	–8,55	11,12	4,5
№ 10 ЛБ	–8,31	16,93	4,5
№ 11 ЛБ	–3,86	22,36	4,5
№ 12 ПБ	3,86	22,36	4,5
№ 13 ПБ	8,31	16,93	9
№ 14 ПБ	8,55	11,12	9
№ 15 ПБ	85	6,64	9
№ 16 ПБ	8,55	2,16	9
№ 17 ПБ	8,13	–4,15	9
№ 18 ПБ	15,32	–9,32	27
№ 19 ПБ	8,13	–26,55	18

Для определения зоны распространения поверхностной и подводной освещенности с использованием выражений (1)–(11) создан алгоритм расчета в программе Microsoft © Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка подводной и поверхностной световой зоны, создаваемой судовыми люстрами

Предполагается, что зона привлечения водных биологических объектов, положительно реагирующих на свет (в частности, сайры), максимально ограничивается распространением подводной освещенности 0,01 лк, а зона концентрации — распространением освещенности 150 лк (Сидельников, 1981). На рис. 3 показан результат расчета по формуле (9) зон привлечения и концентрации, создаваемых судном СТР-420, оснащенным с правого (рабочего) борта восемью, а левого (нерабочего) борта — одиннадцатью галогенными люстрами со световой отдачей 22 лм/Вт.

На графиках (рис. 3) видно, что горизонтальная зона распространения освещенности 0,01 лк с левого борта составляет около 400 м, а с правого — около 350 м, тогда как максимальная глубина распространения, наоборот, больше с правого борта. Такая же картина наблюдается и с распространением освещенности 150 лк. Это можно объяснить различным наклоном люстр к поверхности воды: с правого борта он составляет около 10º, с левого — около 45º. Как следует из выражений (6) и (9), с увеличением угла наклона люстры увеличивается горизонтальная (поверхностная) зона распространения света, а вертикальная (подводная) — уменьшается.

Для определения размеров зон привлечения и концентрации рыб на свет необходимо получить координатную сетку точек поверхности вокруг судна, для которых рассчитывается суммарная освещенность от судовых люстр. Учитывая, что горизонтальная зона распространения освещенности 0,01 лк составляет около 400 м, построили такую сетку размером 50×50 м в пространстве 400×600 м с каждого борта судна, где каждой точке определены координаты X_S и Y_S (рис. 4).

В результате расчетов по формуле (8) поверхностной освещенности, создаваемой световыми люстрами СТР-420, получили трехмерную матрицу $\{X_S, Y_S, E_W\}$, которая в графическом виде представляется изолиниями поля освещенности вокруг судна (рис. 5). На рис. 5 видно, что картина поверхностной освещенности не симметрична относительно диаметральной плоскости судна. Наблюдается также явное ослабление освещенности по носу и корме судна. Такое рас-

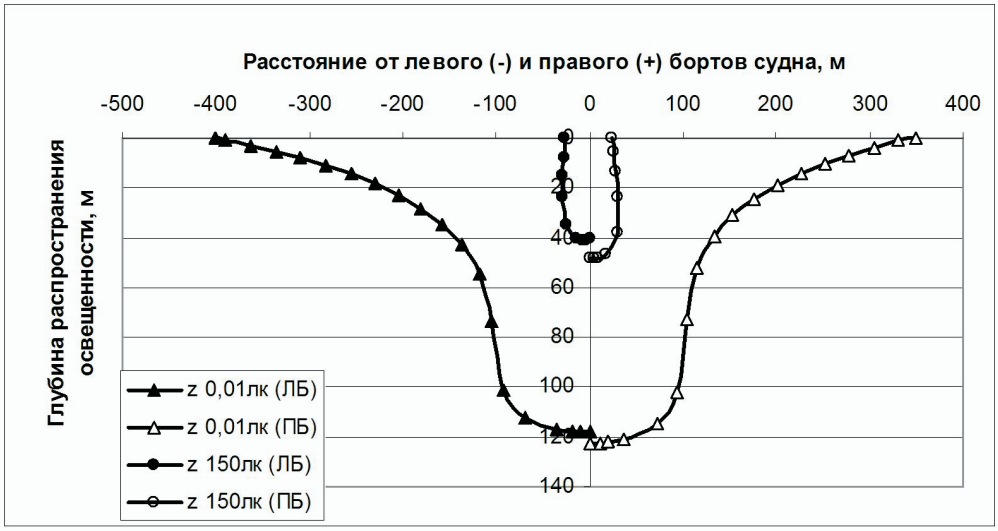


Рис. 3. Распространение подводной освещенности 0,01 лк и 150 лк от судовых люстр СТР-420

пространение света, очевидно, объясняется неравномерным расположением люстр по бортам судна (см. рис. 2) и различным углом наклона люстр.

В связи с тем, что диапазон изменения освещенности в пределах принятой координатной сетки весьма широкий (от 0,03 лк на расстоянии 300–400 м от судна; до 5000 лк — вблизи судна), шкала освещенностей на рис. 5 представлена в логарифмическом виде. Диапазоны освещенностей, соответствующие логарифмическим диапазонам, приведены в табл. 3.

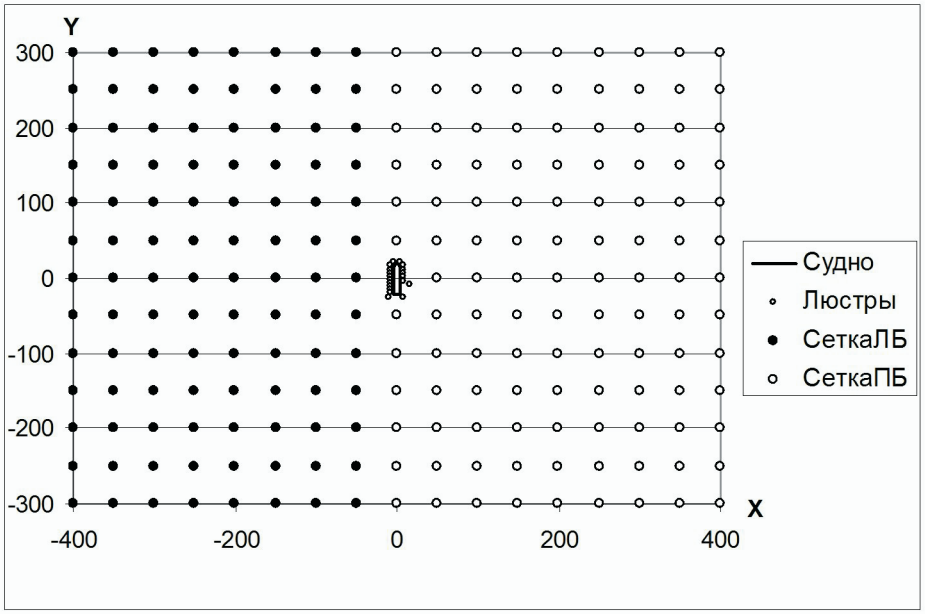


Рис. 4. Координатная сетка точек, для которых определяется суммарная освещенность от судовых люстр

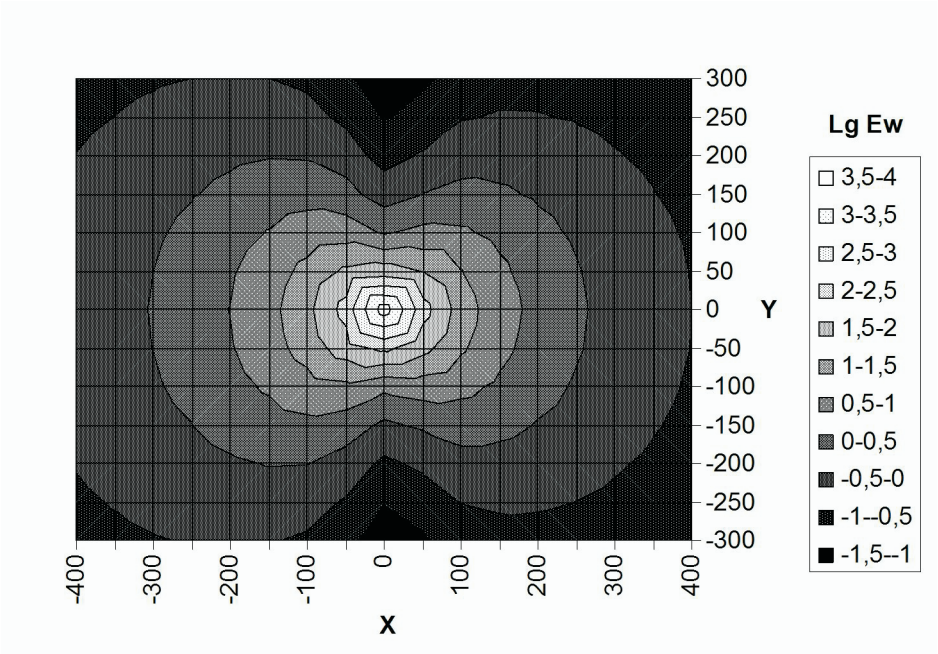


Рис. 5. Поле освещенности, создаваемое люстрами СТР-420

Таблица 3. Диапазоны освещенностей, соответствующие логарифмическим диапазонам на рис. 5

Логарифмический диапазон (Lg Ew)		Диапазон освещенности (Ew, лк)	
от	**до**	**от**	**до**
3,5	4	3200	10000
3	3,5	1000	3200
2,5	3	320	1000
2	2,5	100	320
1,5	2	32	100
1	1,5	10	32
0,5	1	3,2	10
0	0,5	1	3,2
–0,5	0	0,32	1
–1	–0,5	0,1	0,32
–1,5	–1	0,03	0,1

Оценка увеличения плотности концентрации рыб в зоне облова ловушкой

Исходя из полученной картины поверхностной освещенности, можно определить размеры зоны привлечения рыб на свет и зоны концентрации рыб у судна, по которым находится коэффициент увеличения плотности концентрации рыб. Предположим, что зона привлечения на рис. 5 ограничивается изолинией 0,32 лк, а зона концентрации представляет собой кольцо, ограниченное изолиниями 100 и 320 лк. Тогда площадь зоны привлечения можно оценить как сумму площадей эллипсов с размерами полуосей: 250×300 м — с левого борта, 200×250 м — с правого борта. Площадь зоны концентрации оценим как разницу площадей окружностей с радиусами 50 м (изолиния 100 лк) и 30 м (изолиния 320 лк). Несложными расчетами получаем размер зоны привлечения — 392 700 м^2, а зоны концентрации — 5030 м^2, откуда делаем вывод, что плотность концентрации рыб в зоне облова бортовой ловушкой должна увеличиться по сравнению с естественной плотностью в 78 раз.

Оценка рабочих параметров бортовой сайровой ловушки нового типа (горизонтальная и вертикальная зона облова, обловленный объем)

В 2016 году нами разработана бортовая сайровая ловушка (рис. 6), которая, с целью увеличения зоны облова, имеет пятную часть (1) в виде треугольника и бежную часть (2) в форме неравнобокой трапеции, между которыми размещена сливная часть (3), выполненная в форме прямоугольника со смещением в сторону пятной части. Конструкция данной ловушки под наименованием «Устройство для лова рыбы и морских беспозвоночных» зарегистрирована в ФИПС как заявка на изобретение (приоритетная справка № 2016105840 от 20.02.2016).

Устройство работает следующим образом. По прибытии судна в район лова включают промысловое освещение, приманивая к борту судна косяк рыбы, затем опускают концентрирующий груз (7) и одновременно с ним опускается нижняя подбора (6) под воду. С помощью лебедки потравливают стяжной трос (14) вместе с боковой кромкой (11) через стяжные кольца (12), закрепленные на уздечках (13), до натяжения пятного уреза (22), закрепленного на одном из выборочных механизмов, например на лебедке, расположенной на корме судна. Нижняя подбора (6) под воздействием грузов (8) опускается, и орудие лова принимает рабочую форму. Рабочая форма поддерживается верхней подборой (4) с наплавами (5), а также пятным (22) и бежным (15) урезами. Далее судно с помощью подруливающих устройств или под действием ветра отходит от орудия лова и с помощью манипуляции со светом рыба переводится в пространство, образующееся между верхней подборой (4) и корпусом судна. Затем по достижении достаточной концентрации рыбы включаются люстры красного цвета, рыба «вскипает» (достигает максимальной концентрации у поверхности воды), концентрирующий груз (7) подбирают с помощью лебедки к поверхности воды, бежной урез (15) выбирается с помощью лебедки, размещенной на носу судна. В результате подбирается пятная часть (1) и образуется сетной мешок, рыба оказывается обловленной. Затем поочередно выбираются подсушивающие канаты (19). При выборке подсушивающий канат (19) проходит через кольцо (18) нижней подборы (6) и подсушивающие кольца (21), закрепленные на пожилинах (20) сетного полотна бежной части, и проходит через лебедку. При этом сетное полотно бежной части (2), расположенное между пожилинами (20) собирается в жгут, вода отцеживается, а рыба перемещается в сливную часть (3). Сначала выбирают подсушиваю-

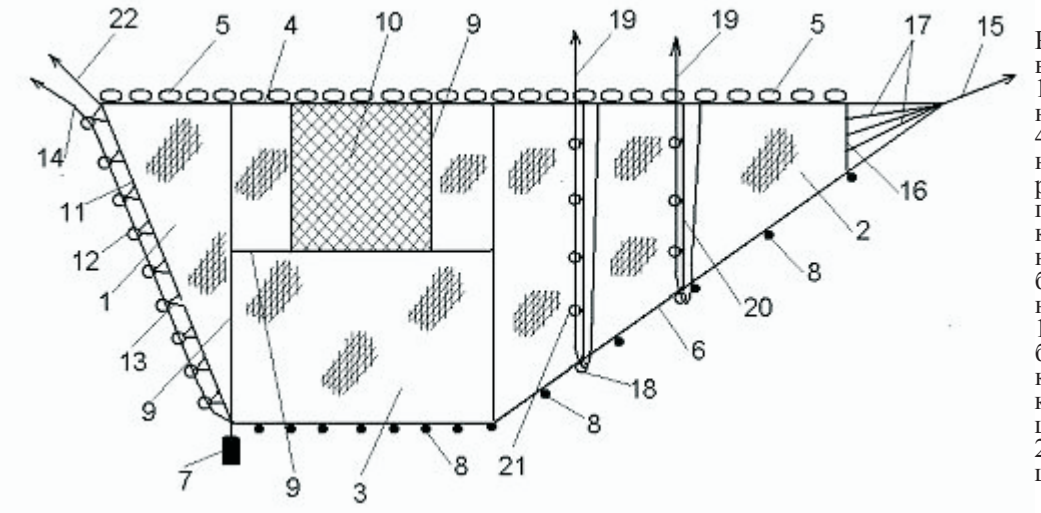


Рис. 6. Бортовая сайровая ловушка нового типа:
1 — пятная часть; 2 — бежная часть; 3 — сливная часть; 4 — верхняя подбора; 5 — наплава; 6 — нижняя подбора; 7 — концентрирующий груз; 8 — грузила; 9 — каркас из пожилин; 10 — двойное сетное покрытие; 11 — боковая кромка; 12 — стяжные кольца; 13 — уздечки; 14 — стяжной трос; 15 — бежной урез; 16 — бежная кромка; 17 — канаты; 18 — кольца; 19 — подсушивающие канаты; 20 — пожилина; 21 — подсушивающие кольца; 22 — пятной урез

щий канат (19), расположенный ближе к бежной кромке (16), за счет чего по мере выборки подсушивающих канатов (19) рыба перемещается к сливной части (3). После выборки подсушивающего каната (19), максимально приближенного к сливной части (3), усиленной вертикальными и горизонтальными пожилинами (9), рыба оказывается в районе двойного полона (10). Обловленную рыбу изымают из орудия лова с помощью рыбонасоса.

Горизонтальная зона облова ловушки определится ее длиной, которая равна расстоянию между выборочными лебедками и соизмерима с длиной рабочего борта судна. Вертикальную зону облова представим площадью ловушки в плане, рассчитываемой как сумма площадей пятной, бежной и сливной частей ловушки (рис. 6). Обловленный ловушкой объем можно оценить как сумму объемов половины конуса (сегмент 1), половины цилиндра (сегмент 3) и половины усеченного конуса (сегмент 2) с радиусом окружности в основании: $R = H_л / \pi$, где $H_л$ — высота сливной части ловушки. Результаты расчета рабочих параметров ловушки, применительно к размерам судна типа СТР – 420, приведены в табл. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение отметим, что вышеприведенный метод расчета зон подводной и поверхностной освещенности может послужить не только для определения естественной плотности концентрации рыб, но и является основой для выявления оптимального размещения люстр на промысловом судне. Проанализировав несколько схем размещения люстр на судне и определив для них картину светового поля, можно выбрать вариант с более равномерным распространением света и увеличенной световой зоной для привлечения и концентрации водных биологических объектов, положительно реагирующих на свет.

Вместе с тем, для оценки адекватности оценки естественной плотности концентрации рыб по уловам на световых станциях необходимо проведение экспериментальных морских исследований с использованием высокочувствительной калиброванной эхоинтеграционной аппаратуры (эхолотов и гидролокаторов).

Таблица 4. Рабочие параметры бортовой сайровой ловушки нового типа

Составные части ловушки	Горизонтальная зона облова, м	Высота ловушки, м	Вертикальная зона облова, м^2	Обловленный объем, м^3
Пятная (сегмент 1)	6	30	90	573
Сливная (сегмент 3)	16	30	480	4584
Бежная (сегмент 2)	18	30	297	1908
Суммарно	40		867	7065

Оценка естественной плотности концентрации рыб по данным их облова на световых станциях

Исходя из классического определения коэффициента уловистости (Баранов, 1960), плотность концентрации облавливаемого скопления рыб определится из выражения:

$$\rho = Q / (\phi V_{>l;}), \qquad (12)$$

где Q — улов, экз (кг); φ — коэффициент уловистости; $V_{обл}$ — обловленный объем воды, м^3.

Покажем расчет естественной плотности концентрации сайры на условном примере. Предположим, что улов сайры, полученный за одну выборку бортовой ловушки, составил 7 тонн (около 47 000 экз.) при коэффициенте уловистости ловушки 0,6. Расчет по формуле (12) показывает, что плотность концентрации рыб, привлеченных светом в зону облова, в этом случае составит около 11 экз/м^3. Учитывая, что плотность концентрации рыб в зоне облова бортовой ловушкой увеличена в 78 раз, получаем величину естественной плотности концентрации сайры в размере 0,142 экз/м^3, или приблизительно 1 экз. в объеме 7 м^3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баранов Ф.И. 1960. Техника промышленного рыболовства. М.: Пищ. пром-сть. 696 с.

Кнорринг Г.М. 1956. Справочник для проектирования электрического освещения. М., Л.: Гос. энергетич. изд-во. 220 с.

Сидельников И.И. 1981. Добыча тихоокеанских рыб и кальмаров на свет. М.: Легкая и пищ. пром-сть. 135 с.

Шулейкин В.В. 1968. Физика моря. М.: Наука. 1083 с.

УДК 597.553.2:639.2.053.8

ГОРБУША (*ONCORHYNCHUS GORBUSCHA*) САХАЛИНО-КУРИЛЬСКОГО РЕГИОНА: МОНИТОРИНГ И ЕГО НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

А.М. Каев

Зав. лаб., д. б. н., НИИ опережающего развития Сахалинского госуниверситета
693000, Южно-Сахалинск, Коммунистический пр., 33
Тел.: (4242) 45-23-01, факс: (4242) 45-23-00. E-mail: kaev@outlook.com

ГОРБУША, САХАЛИНО-КУРИЛЬСКИЙ РЕГИОН, МОНИТОРИНГ, ЧИСЛЕННОСТЬ, ПРОГНОЗ, ФАКТИЧЕСКИЙ ВОЗВРАТ

Показано современное состояние мониторинга численности и воспроизводства горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в районах нереста ее основных стад в Сахалино-Курильском регионе (контроль количества производителей на нерестилищах, число пунктов, где ежегодно в контрольных реках изучали покатную миграцию молоди горбуши, расположение ставных неводов, в которых изучали биологические показатели горбуши). Прогнозирование запасов горбуши осуществляется на основе изучения соотношения численности покатной молоди и последующих нерестовых возвратов рыб соответствующих поколений. Наиболее крупные ошибки прогноза чаще возникали в годы, когда происходили изменения в соотношении численности рыб разных генеративных линий.

PINK SALMON (*ONCORHYNCHUS GORBUSCHA*) OF THE SAKHALIN-KURIL REGION: MONITORING AND SOME RESULTS ON

A.M. Kaev

Head of Lab., Dr. Sc. (Biology); Institute of Advanced Development,
Sakhalin State University
693000, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Kommunistichesky Pr., 33
Tel.: (4242) 45-23-01. E-mail: kaev@outlook.com

PINK SALMON, SAKHALIN-KURIL REGION, MONITORING, ABUNDANCE, FORECAST, ACTUAL RETURN

The current state of monitoring for pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* abundance and reproduction in spawning river basins of the major stocks of the Sakhalin-Kurile region (control of the number of spawners on spawning grounds, the number of stations for annual sampling of juvenile escapement in monitored rivers, the sites of setting the trap-nets, where biological data are collected) is described. The forecast of the pink salmon stock abundance is usually based on estimation of the ratio between the number of juvenile escapement and the number of returned adult individuals from the corresponding year classes. Errors of the forecast is often high in the years when the ratio between the abundances of different generative lines has changed.

В Сахалино-Курильском регионе за последнее 30-летие горбуша составляла в среднем 86% уловов тихоокеанских лососей. Лишь в последнее 10-летие ее доля уменьшилась в среднем до 77%, что связано как со снижением запасов этого вида, так и с увеличением численности кеты заводского происхождения. То есть горбуша является важнейшим объектом промысла в регионе, на который приходилась половина ее дальневосточных уловов. Этот промысловый запас формируется воспроизводством горбуши на сахалинском побережье Татарского пролива (2,2% уловов), на северо-западном (1,8%), северо-восточном (10,3%) и юго-восточном (27,7%) побережье Сахалина, в заливах Терпения (14,9%) и Анива (15,0%), а также на о-вах Итуруп (25,7%) и Кунашир (2,4%) (рис. 1). По мнению О.Ф. Гриценко (1990), географической изоляции этих локальных стад способствует наличие выступающих мысов, на которых нет рек для нереста или широких проливов.

В свою очередь, некоторые из этих группировок горбуши в процессе мониторинга и разработки прогнозов стали подразделяться на более мелкие территориальные структуры. Так, на юго-восточном побережье Сахалина начали выделять южный и северный участки, различающиеся по срокам подхода рыб (Руднев, 2007). На северо-восточном побережье Сахалина в основу подразделе-

ния на южный и северный участок положен характер рек, 75% промышленных уловов горбуши обеспечивается нерестом производителей в горных реках южной части района, несмотря на то, что 73% ее нерестилищ находится в среднем в более крупных реках северной части побережья (Kaev, Geraschenko, 2008).

Подобная ситуация наблюдается и в зал. Терпения: в бассейне Пороная и соседних рек, протекающих по обширной низине, сосредоточено более 80% нерестилищ, остальные — в горных реках западного побережья залива, на котором добывается в среднем 56% горбуши этого района. Между районами нереста горбуши на западном побережье залива и на юго-восточном побережье острова нет естественных преград, разделяющих нерестовые части ареала этих группировок горбуши. В то же время между районом впадения рек западного побережья залива и Пороная находится 20-километровый участок без впадения рек с низинного и местами заболоченного берега. Возможно, что в перспективе следует объединить горбушу западного побережья зал. Терпения и юго-восточного побережья Сахалина в единую группировку в соответствии с геоморфологической характеристикой рек. Если в долине Пороная развит четвертичный водоносный комплекс, к которому «привязаны» нерестилища кеты (Каев, 2001), то в горных реках западного побережья залива, как и в «горбушевых» реках юго-восточного побережья Сахалина, широко представлен водоносный комплекс палеозойских и неогеновых отложений (Атлас.., 1967).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Мониторинг нерестовых подходов горбуши к побережью ведется с использованием ставных неводов как пассивных орудий лова, что позволяет по уловам судить о динамике хода лососей. Пробы для биологических анализов собирались из ставных неводов, установленных на конкретных участках побережья. Такими участками были охвачены все районы воспроизводства рассмотренных единиц запаса (рис. 1). К примеру, в зал. Анива сборы велись на северо-западном участке побережья, в реках которого сосредоточены основные нерестилища горбуши. Наличие разных участков на юго-западном побережье Сахалина было связано с решением специфических задач. Северный участок предназначался для изучения рыб местного стада перед их заходом в реки; центральный участок — для изучения скоплений в прибрежных водах нагульной япономорской горбуши разного происхождения (Ivanova, 2000); южный участок – для выявления потока мигрантов тихоокеанской горбуши (Каев, Ромасенко, 2001; Каев, 2006). Для решения специфических задач часть проб собиралась в ставных неводах на других участках разных районов, а также закидными неводами в реках.

Мониторинг численности горбуши в реках проводят в основном сотрудники бассейнового управления «Сахалинрыбвод» на основе визуального подсчета рыб при пеших обходах в период массового нереста. Обычно подсчитывается число рыб на отдельных участках нерестилищ с дальнейшей экстра-

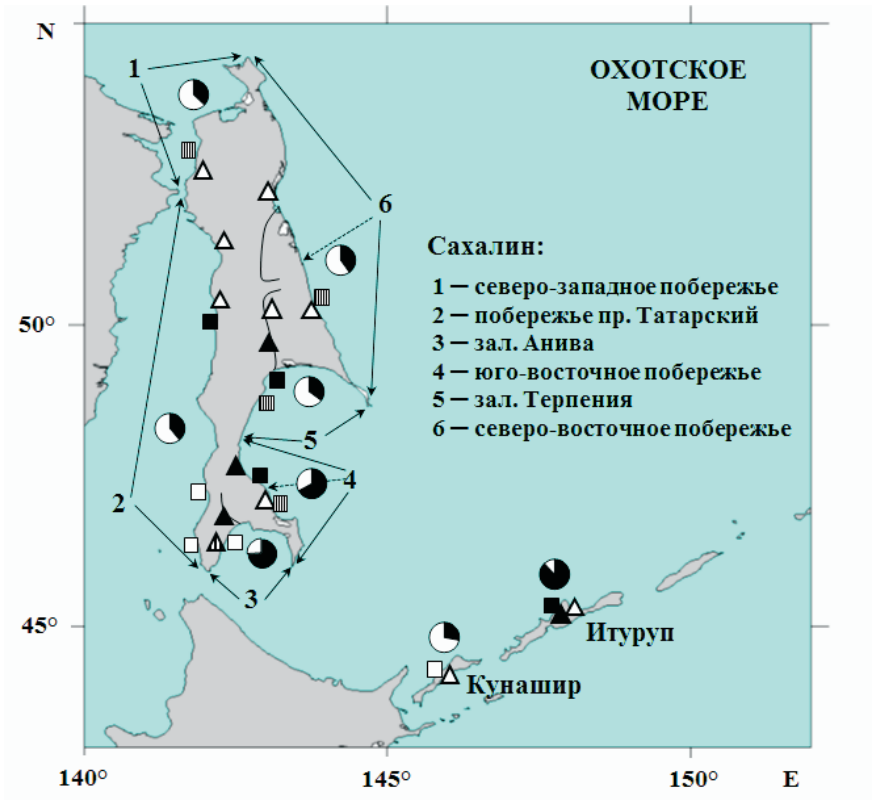


Рис. 1. Дислокация основных районов промысла и изучения горбуши на Сахалине и Южных Курильских островах (Итуруп и Кунашир): кружками показана доля рек по сумме нерестилищ (темный сегмент), в которых определяется количество производителей; треугольники — пункты ежегодного изучения покатной миграции молоди в контрольных реках, квадраты — районы ежегодного сбора проб горбуши в ставных неводах (позиции, где работы прекращены, выделены светлыми символам, где ведутся эпизодически — символы с комбинированным цветом)

поляцией данных на весь нерестовый фонд. В наиболее важных по уровню воспроизводства районах плотность наблюдений выше (рис. 1). При расчете суммарной численности производителей в реках того или иного района, реки ранжировались на три группы: обследуемые регулярно (а), обследуемые эпизодически (б) и в которых обследования не проводились (в). Рассчитанная плотность скоплений рыб (отношение подсчитанного количества рыб в реке к площади нерестилищ) в реках первой группы принималась за действительную. Для рек из второй группы плотность скоплений рыб рассчитывалась как среднее значение между наблюденной в данной реке и определенной для рек из первой группы. Затем суммарные результаты наблюдений в реках первой и второй группы экстраполировались на реки третьей группы (Kaev, Klovach, 2014). В северных районах Сахалина не только была ниже доля обследуемых рек, но и среди них сокращалась доля рек из группы «а», что, естественно, увеличивало элемент неопределенности в получаемых результатах.

Многолетняя история мониторинга ската молоди с нерестилищ имелась по 13 рекам (рис. 1). В наиболее важных районах по уровню воспроизводства горбуши учет на разных реках осуществляли сотрудники бассейнового управления «Сахалинрыбвод» и СахНИРО. С 2006 г. добавился еще один пункт ежегодного учета, организованный на одном из притоков Пороная, что было оправдано размерами этой крупнейшей реки на Сахалине. Учет проводится методом выборочных обловов, модифицированным к небольшим сахалинским и курильским рекам (Воловик, 1967). Вопрос о том, достаточен ли уровень такого мониторинга для прогнозирования запасов, всегда будет риторическим. В то же время существовала проблема методического характера, так как СахНИРО пошел по пути упрощения методики учета, а Сахалинрыбвод, напротив, — ее усложнения, что приводило порой к крупным ошибкам, как это было в 2008 г. при учете покатников в реках Кура и Найча на западном побережье зал. Анива, в связи с чем возник вопрос об унификации методов учета (Каев, 2010а).

По результатам мониторинга рассчитывается численность покатной молоди из рек и последующего возврата взрослых рыб соответствующих поколений. Соотношение этих величин закладывается в основу прогноза, так как давно известно, что точность предсказаний изменения запасов, основанная на регрессионном анализе формализованной различными способами связи между уровнем запаса родителей и потомков, часто далека от желаемой (Bradford, 1992; Чигиринский, 1993).Так, для трех основных единиц запаса горбуши в Сахалино-Курильском регионе, для которых имелись наиболее достоверные данные по показателям воспроизводства, установлено, что при увеличении численности производителей на нерестилищах количество покатной молоди достоверно возрастало только в одном районе, в другом такая связь была слабой, а в третьем отсутствовала (Kaev et al., 2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Казалось, создание в начале XXI века баз данных, в которых расчеты всех показателей были унифицированы для всех лет наблюдений, приведет к уменьшению ошибок прогнозов численности горбуши. Однако, судя по соотношению прогнозной и фактической численности возвратов горбуши в районах с наибольшей обеспеченностью прогнозов исходными данными, ожидаемый результат не достигнут (рис. 2). Ошибка прогноза считалась большой, если численность фактического возврата была за пределами диапазона «прогноз ± 0,5 *SD*», при этом среднее квадратичное отклонение (*SD*) рассчитывалось по районам раздельно для каждой из генеративных линий нечетных и четных лет. Как правило, большие ошибки возникали при резких изменениях соотношения численности родительских и дочерних поколений.

Детальный анализ исходных материалов, использованных для разработки прогнозов за 30-летний период, показал, что в ряде случаев можно было избежать крупных ошибок прогноза при правильной трактовке имевшихся данных (Каев, 2011). Однако это становится понятным обычно постфактум. К примеру, огромная ошибка прогноза численности горбуши на о-ве Итуруп в 2011 г. была обусловлена представлением, мягко говоря, «ошибочных» данных по скату молоди из подконтрольных рек. Впоследствии стало ясно, что столь обильный скат молоди был просто невозможен из-за мощных осенних паводков (Каев и др., 2012), а реальный прогноз (после расчета ската по годам аналогам) должен был быть в 2,5 раза меньше.

Такие ошибки являются редкими эпизодами, а вот в основе большинства крупных ошибок в последние годы лежит увеличение амплитуды выживаемости рыб в течение морского периода жизни. Так, суммарный индекс выживаемости в морских водах для горбуши южной части Восточного Сахалина (зал. Анива и юго-восточное побережье острова) в возвратах 1980–2002 гг. составил в среднем для поколений нечетных лет 4,67 ± 2,379% (здесь и далее ±*SD)*, для поколений четных лет — 3,25 ±1,873%. В последующий период не только в среднем увеличилась выжи-

ваемость рыб, но и существенно возросла изменчивость этого показателя за счет более частого появления поколений с аномально высокими или низкими значениями численности в нечетные (7,04 ± 3,204%) и особенно в четные годы возврата (7,58 ± 6,078%). Такая же ситуация за аналогичные периоды наблюдалась у горбуши о-ва Итуруп, лишь с той разницей, что уровень изменчивости ее выживаемости в большей мере возрос для поколений нечетных лет возврата. Так, до 2002 г. индекс выживаемости рыб в морских водах, соответственно для поколений нечетных и четных лет возврата, составлял 4,85 ± 1,811% и 4,93 ± 1,802%, а в последующий период 5,37 ± 3,467% и 5,62 ± 2,750%.

Ситуация с прогнозированием в последние годы ухудшилась также по причине сокращения объемов исходных данных. В первую очередь это связано с прекращением мониторинга покатной миграции бассейновым управлением «Сахалинрыбвод» (рис. 1). В дополнение к этому, на некоторых из оставшихся пунктов учета качество получаемых данных стало непригодным для использования в целях прогнозирования (например, по скату молоди в р. Кура, западное побережье зал. Анива). Изменилась схема сбора проб горбуши, которая в ряде районов перестала соответствовать задачам мониторинга, принимая во внимание, что мониторинг требует использования орудий лова с наименьшим уровнем селек-

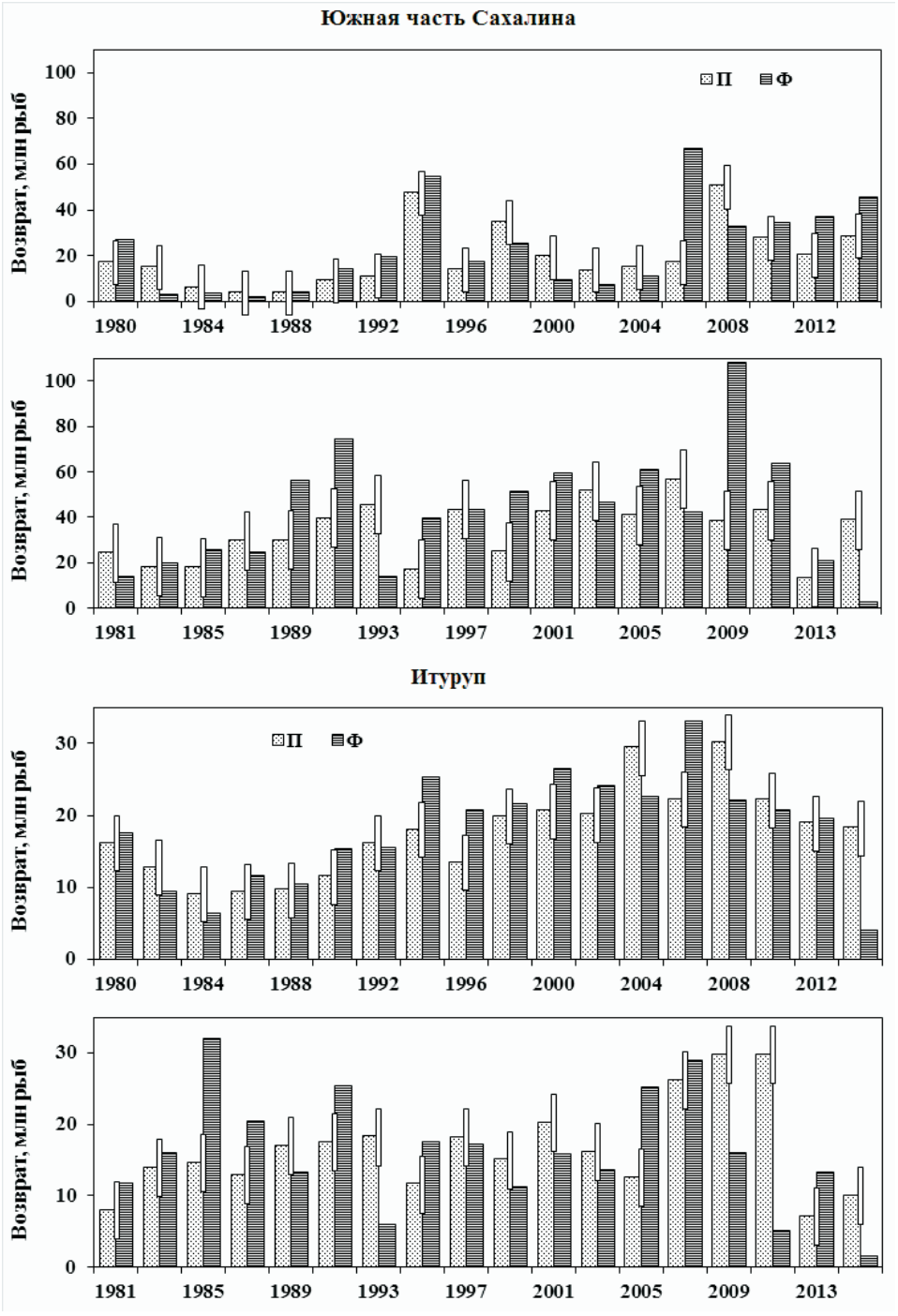


Рис. 2. Соотношение прогнозных (П, по скату молоди) и фактических (Ф) возвратов горбуши на южную часть восточного побережья Сахалина и о-в Итуруп в 1980–2015 гг. поколений четных и нечетных лет нереста: белыми прямоугольниками показаны отклонения от прогноза на ±0,5 *SD* (среднее квадратичное отклонение рассчитано для численности рыб в возвратах по каждой генеративной линии в каждом из районов за анализируемый период)

тивности, выбора позиции сбора проб и соблюдения периодичности сбора проб в течение всего хода горбуши.

Введенное в эти годы моделирование динамики численности горбуши с целью совершенствования прогнозов не привело к ожидаемым результатам. В 2013–2014 гг. прогноз представлялся как средний вариант между традиционным (связь между численностью покатной молоди и последующего возврата взрослых рыб) и ансамблевым подходом (анализ разного рода моделей). В 2013 г. оба метода привели к существенной ошибке прогноза подходов горбуши к северо-восточному побережью Сахалина, где ее численность возросла с 38,4 млн ыб в 2011 г. (текущий исторический максимум) до 62,9 млн рыб в 2013 г. (новый исторический максимум). В то же время в южной части этого побережья, как и ожидалось по традиционному прогнозу, произошло трехкратное снижение численности горбуши с 63,8 до 21,0 млн рыб, при том что по ансамблевому прогнозу предполагались прекрасные перспективы для промысла в этом районе. Напротив, на основе традиционного метода удалось предсказать резкое снижение численности горбуши в 2014 г. по отношению к родительскому поколению уже в северной части восточного побережья Сахалина (с 29,8 до 14,9 млн рыб), в то время как по южной части побережья оба прогноза показали приемлемый результат (рис. 3).

Начиная с прогноза на 2015 г., традиционный подход применяли уже как составную часть ансамблевого метода, придавая каждой его составной части «вес» в соответствии с точностью оценок в предыдущие годы. Прогнозные расчеты по всем районам, за исключением северо-восточного побережья Сахалина, выполненные по традиционному подходу, были несколько ниже официально принятых значений. Сравнительно небольшие расхождения этих оценок, казалось, определяли хорошие перспективы для реализации прогноза. В то же время, при представлении на Международном симпозиуме (NPAFC, Япония, май 2015 г.) результатов изучения темпоральной структуры горбуши, было показано, что изменения в данной структуре могут служить индикатором состояния стад, в соответствии с чем высказано предположение, что процесс сокращения численности этого вида, произошедший сначала на о-ве Кунашир, затем в зал. Анива и на о-ве Итуруп, начинает распространяться далее на северные районы восточного побережья Сахалина (Kaev, 2015). В 2015 г. произошло резкое падение уловов горбуши на восточном побережье острова (с 126,9 тыс. т в предыдущем цикличном 2013 г. до 43,5 тыс. т), причем наиболее сильное снижение отмечено на юго-восточном побережье острова (Каев, Сидоренко, 2015). В 2016 г. по ансамблевому методу на восточном побережье Сахалина в соответствии с осторожным сценарием предполагался вылов горбуши не менее 43,0 тыс. т. Судя по реальным уловам (59,4 тыс. т), прогноз оправдался. Однако основные уловы традиционно ожидались в южной части побережья, где вылов составил 18,2 тыс. т против ожидаемых 36,0 тыс. т. Эти примеры являются еще одним подтверждением, что моделирование является лишь методом формализации природных процессов, для познания которых требуется постоянное изучение реальных событий и фактов, получаемых на основе мониторинга.

Ранее отмечено, что необычные сильные изменения уловов в виде сбоев в их динамике (резкие снижения численности рыб в поколениях доминантной линии в сочетании с необычно большими возвратами рыб поколений рецессивной линии) имеют периодику, близкую к 11-летним солнечным циклам (Каев, 2010б). Совпадение с такими циклами периодических колебаний уловов лососей замечено давно (Бирман,

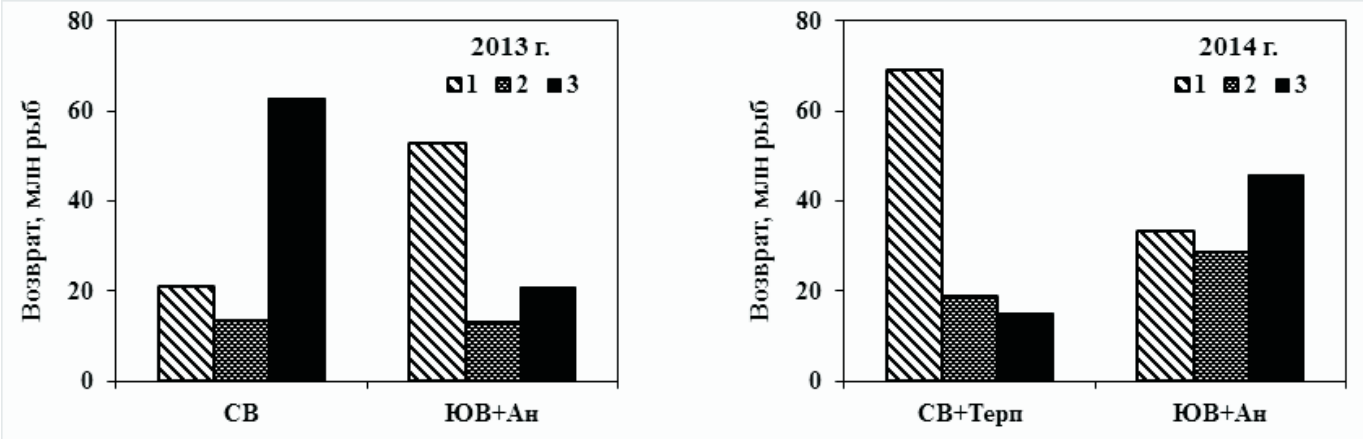


Рис. 3. Прогнозы и фактическая численность горбуши в северной (СВ — северо-восточное побережье, Терп — зал. Терпения) и южной части (ЮВ — юго-восточное побережье, Ан — зал. Анива) Восточного Сахалина в 2013 и 2014 гг.: 1 — прогноз на основе моделирования, 2 — традиционный прогноз на основе данных по скату молоди, 3 — фактическая численность

1969, 1973). Позже наиболее выраженная связь именно с 11-летними солнечными циклами подтверждена при анализе различного рода циклов, выявленных для 60-летних рядов уловов разных видов лососей на Камчатке (Суханов, Тиллер, 1998, 2000). Обращает на себя внимание несколько другой аспект таких изменений численности, связанный с соотношением в возвратах рыб разных генеративных линий. Для анализа можно использовать либо данные по численности возврата поколений, либо, для удлинения рядов наблюдений, данные по уловам, так как у лососей эти показатели тесно связаны, особенно в районах с высокой интенсивностью промысла. Однако оба этих показателя имеют одну существенную неточность, связанную со стартовой численностью объекта в процессе воспроизводства (численность производителей на нерестилищах может существенно различаться в разные годы). Искажения создаются также за счет заводского разведения горбуши, как правило, развитого в районах с высоким уровнем воспроизводства этого вида. И хотя колебания численности горбуши определяются в основном результатами нереста (Morita et al., 2006; Kaev, 2012), значительные объемы выпускаемой молоди существенно могут корректировать величину общего возврата, особенно для поколений с высоким уровнем смертности потомства на нерестилищах.

Для устранения этих помех вместо абсолютных значений (улов или возврат) использована кратность воспроизводства как отношение величины возврата рыб дикого происхождения к числу производителей на нерестилищах соответствующих поколений. При определении численности диких рыб в возвратах в их состав полностью включен заход производителей на нерестилища и часть рыб из уловов, доля которых рассчитана по соотношению в скате из рек молоди дикого и заводского происхождения, т. е. принимая равной их последующую выживаемость в морских водах при отсутствии к настоящему времени строгой доказательной базы иной точки зрения. Для периодов между пиками солнечной активности рассчитан средний уровень показателя кратности воспроизводства для поколений каждой из генеративных линий горбуши на юго-восточном побережье Сахалина и о-ве Итуруп (рис. 4). В течение первых двух периодов в обоих районах наблюдалось одинаковое поочередное доминирование по кратности воспроизводства сначала поколений четных, а затем нечетных лет. При переходе к третьему периоду на Итурупе вновь произошла смена доминант, в результате чего последующие два периода эти районы находились в противофазе по уровню доминирования одной из генеративных линий горбуши. Судя по текущим событиям, очередная смена доминант намечается у горбуши уже

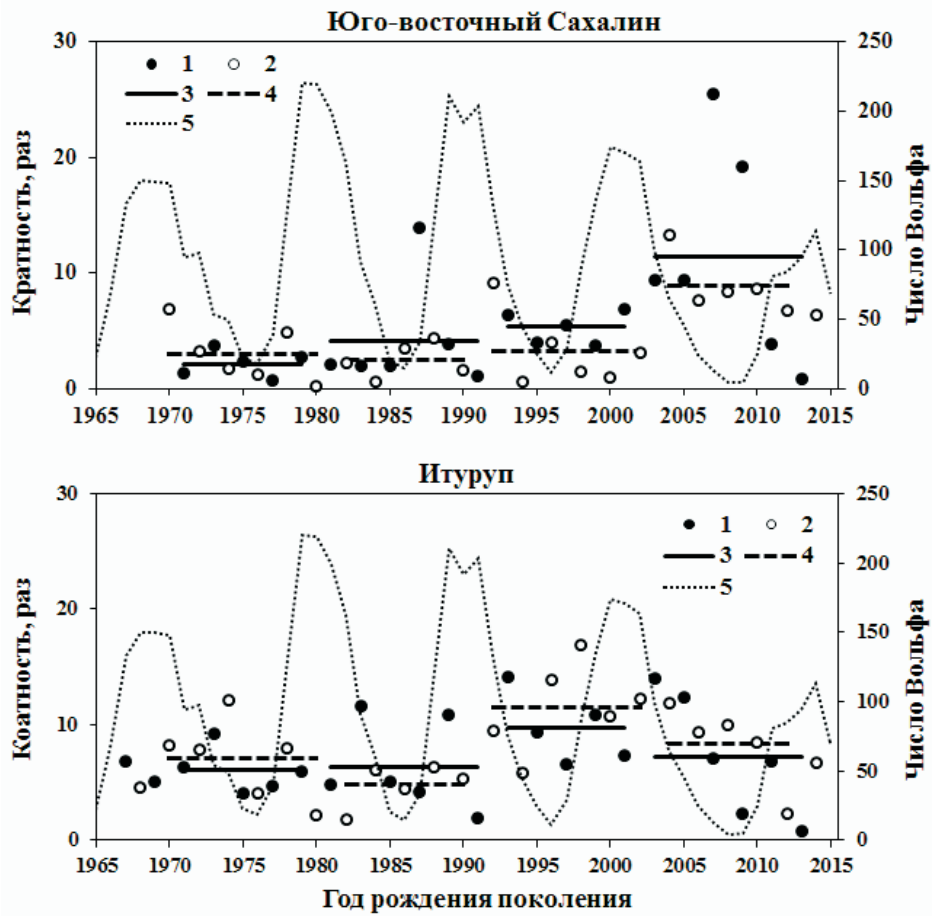


Рис. 4. Изменения кратности воспроизводства (соотношение численности рыб на нерестилищах и в последующем возврате) поколений на фоне 11-летних циклов солнечной активности: 1 и 3 — индивидуальные значения и средний уровень кратности для поколений нечетных лет, 2 и 4 — то же для поколений четных лет нереста, 5 — число Вольфа (по: WDC-SILSO, Royal Observatory of Belgium, Brussels)

на юго-восточном побережье Сахалина, т. е. в этих районах в следующем периоде возможно доминирование опять одинаковой для них генеративной линии, но уже поколений четных лет нереста.

При смене таких периодов чаще происходят труднопредсказуемые изменения численности горбуши, приводящие к крупным прогнозным ошибкам. Действительно, на 14 поколений 1981–1984, 1992–1995, 2003–2006 и 2014–2015 гг. возврата (по 4 смежных года и незавершенная последняя группа лет) в южной части Сахалина пришлось 4 больших ошибки прогноза (>*SD*), на оставшиеся 22 поколения — 3 таких ошибки. Для горбуши о-ва Итуруп из анализа исключаем огромную ошибку прогноза в 2011 г., обусловленную представлением ложных данных по скату молоди (человеческий фактор). На оставшиеся 21 поколение пришлось 3 крупных ошибки, тогда как на поколения из переходных зон между разными периодами (14 поколений) — 5 крупных ошибок. Любопытно, что очередной пик солнечной активности в начале этого века произошел по цикличности примерно на год раньше, чем можно было ожидать из сопоставления с предыдущими пиками, а правая затухающая ветвь этого цикла была более пологой и протяженной, чем предыдущие (рис. 4). Если на других циклах солнечной активности рождение поколений с труднопредсказуемой численностью приходилось на годы, когда только начинался переход от максимума к снижению числа фиксируемых солнечных пятен, то на этом первом цикле нового века рождение таких поколений сместилось, в противоположность пику солнечной активности, на год позже. Более того, при дальнейшем развитии этой ниспадающей ветви солнечной активности появились еще два поколения на Итурупе и одно на Сахалине, возврат которых также привел к крупным ошибкам прогноза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как отмечено выше, резкое изменение численности некоторых поколений можно было предвидеть, но, к сожалению, это становилось ясным уже постфактум при последующем анализе исходных данных. В настоящее время не для всех поколений понятен генезис резкого изменения их численности по отношению к родительскому поколению. Так, неожиданное снижение численности горбуши на о-ве Итуруп в 2014 г. произошло, как выяснилось позже, в результате «сбоя» в хоминге, вследствие чего часть рыб этого стада подошла к южной части Сахалина (Каев, Животовский, 2016). Но причины, обусловившие этот массовый стреинг, остались пока неясными. Изучение генезиса неожиданных значительных изменений численности должно стать приоритетной задачей, так как, с одной стороны, они свидетельствуют о возникновении неординарных ситуаций в динамике стада, с другой стороны, возврат таких поколений ведет к наибольшим издержкам в экономике рыбной промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Атлас Сахалинской области. 1967. М.: ГУ геодезии и картографии при Совете Министров СССР. 135 с.

Бирман И.Б. 1969. Периодические колебания численности лососевых и солнечная активность // Тр. Всес. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 67. С. 171–189.

Бирман И.Б. 1973. Гелиогидробиологические связи как основа для долгосрочного прогнозирования промысловых рыб (на примере лососей и сельди) // Вопр. ихтиологии. Т. 13. Вып. 1. С. 23–37.

Воловик С.П. 1967. Методы учета и некоторые особенности поведения покатной молоди горбуши в реках Сахалина // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 61. С. 104–117.

Гриценко О.Ф. 1990. Популяционная структура сахалинской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Вопр. ихтиологии. Т. 30. Вып. 5. С. 825–835.

Каев А.М. 2001. Распространение осенней кеты в связи с особенностями водоносных комплексов Сахалина и Курильских островов // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 1. С. 344–349.

Каев А.М. 2006. Страсти лососевой путины // Рыбное хозяйство. № 2. С. 46–49.

Каев А.М. 2010а. Методические аспекты количественного учета покатной молоди лососей в реках Сахалино-Курильского региона // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 162. С. 194–206.

Каев А.М. 2010б. Итоги лососевой путины на Сахалине при новой системе регулирования промысла // Рыбное хозяйство. № 2. С. 42–46.

Каев А.М. 2011. Оценка эффективности прогнозирования и управления промыслом горбуши в Сахалино-Курильском регионе // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 167. С. 32–53.

Каев А.М., Антонов А.А., Захаров А.В., Ким Хе Юн, Руднев В.А. 2012. Результаты количественного учета покатной молоди горбуши в реках восточного побережья Сахалина и Южных Курильских островов в 2012 г. и их интерпретация // Бюлл. № 7 Изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 66–74.

Каев А.М., Животовский Л.А. 2016. Новые данные к дискуссии о локальных и флуктуирующих стадах горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 187. С. 122–144.

Каев А.М., Ромасенко Л.В. 2001. Дифференциация пространственно-временных группировок горбуши Сахалино-Курильского региона на основании изучения склеритограмм // Вопр. рыболовства. Т. 2. № 4. С. 638–652.

Каев А.М., Сидоренко М.Е. 2015. Прогноз и фактическое развитие промысла горбуши в 2015 г. в основных районах ее воспроизводства в Сахалинской области // Бюлл. № 10 Изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 35–40.

Руднев В.А. 2007. Некоторые особенности промысла горбуши на различных участках юго-восточного Сахалина // Бюлл. № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 256–259.

Суханов В.В., Тиллер И.В. 1998. Уловы в камчатских популяциях лососей: спектральный анализ колебаний // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 124. С. 814–824.

Суханов В.В., Тиллер И.В. 2000. Спектральный анализ колебаний уловов лососевых рыб Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 40. № 2. С. 241–246.

Чигиринский А.И. 1993. Глобальные природные факторы, промысел и численность тихоокеанских лососевых // Рыбное хозяйство. № 2. С. 19–22.

Bradford M.J. 1992. Precision of recruitment predictions from early life stages of marine fishes // Fish. Bull. V. 90. № 3. P. 439–453.

Ivanova I.M. 2000. Early summer movements of tagged pink salmon off southwestern Sakhalin Island // N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull. № 2. P. 277–282.

Kaev A.M. 2012. Wild and hatchery reproduction of pink and chum salmon and their catches in the Sakhalin-Kuril region, Russia // Environ. Biol. Fish. V. 94. P. 207–218.

Kaev A.M. 2015. Status of pink salmon in the Sakhalin-Kuril region in a long-term aspect // Abstract of NPAFC Intern. Symp. “Pacific Salmon and Steelhead Production in a Changing Climate: Past, Present, and Future” (Kobe, May 17–19, 2015). Vancouver: NPAFC. P. 19.

Kaev A.V., Antonov A.A., Chupakhin V.M., Rudnev V.A. 2007. Possible causes and effects of shifts in trends of abundance in pink salmon of Southern Sakhalin and Iturup Islands // N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull. № 4. P. 223–233.

Kaev A.M., Geraschenko G.V. 2008. Reproduction indices of the north-eastern Sakhalin pink salmon // N. Pac. Anadr. Fish Comm. Doc. 1124. 10 p.

Kaev A.M., Klovach N.V. 2014. Revision of data on pink salmon abundance in East Sakhalin and Kuril Islands // N. Pac. Anadr. Fish Comm. Doc. 1501. 11 p.

Morita K., Morita Sh., Fukuwaka M. 2006. Population dynamics of Japanese pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*): are recent increases explained by hatchery programs or climatic variations // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 63. № 1. P. 55–62.

УДК 57.08

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ МОНИТОРИНГА ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕР И ОЦЕНКА РЕКОМЕНДОВАННОГО ОБЪЕМА ВЫЛОВА АРТЕМИИ (НА СТАДИИ ЦИСТ)

Л.В. Веснина, Т.О. Ронжина

Дир., д. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр»
656043, Барнаул, Пролетарская, 113
Тел., факс: (3852) 63-96-90. E-mail: vesninal.v@mail.ru

МОНИТОРИНГ, РАЧОК АРТЕМИЯ, ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА, АРТЕМИЯ (НА СТАДИИ ЦИСТ), ОБЩИЙ ЗАПАС, ПРОМЫСЛОВЫЙ ЗАПАС, РЕКОМЕНДОВАННЫЙ ОБЪЕМ ВЫЛОВА

В практике рационального использования биоресурсов водного происхождения особую актуальность приобретает проблема оценки состояния запасов промысловых гидробионтов нижнего трофического уровня, прежде всего ресурс диапаузирующих яиц (цист) рачка артемия. Основные цели, достигаемые при определении рекомендованного объема вылова (РОВ) — характеристика существующего и ожидаемого состояния ресурса артемии в основных промысловых гипергалинных водоемах в сложившихся условиях обитания, оценка величины запасов (общих и промысловых) и объемов их изъятия, которые не приведут к истощению и подрыву ресурса.

GENERAL ASPECTS OF MONITORING OF HYPERHALINE LAKES AND ASSESMENT OF THE TOTAL RECOMMENDED CATCH OF ARTEMIA (STAGE OF CYST)

L.V. Vesnina, T.O. Ronzhina

Director, Dr. Sc. (Biology); Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Altai branch of the FSBSI "Gosrybcentr"
656043, Barnaul, Proletarskaya Str., 113
Tel, fax: (3852) 63-96-90. E-mail: vesninal.v@mail.ru

MONITORING, ARTEMIA CRUSTACEAN, ABUNDANCE AND BIOMASS, ARTEMIA (STAGE OF CYST), TOTAL STOCK, COMMERCIAL STOCK, RECOMMENDED CATCH

The problem of evaluation of the stock of commercial hydrobionts of low trophic level, including the resource of Artemia, a crustacean with diapausing eggs (cysts), is getting highly important in the practice of rational use of aquatic bioresources. The main objectives to achieve when evaluating recommended catch (RC) are characterization of current and expected state of the Artemia resource in their normal habitats in major commercial hyperhaline water bodies, an assessment of the stocks (general and commercial) and the volumes of the catch, safe for sustainability of the resource.

С позиции экономики природопользования каждый вид производственной деятельности с биологическими ресурсами предлагается увязывать с результатами экологического мониторинга, прежде всего — с реальными возможностями запасов водного ресурса и его состоянием. Гидробиологический мониторинг в системе природоохранных мероприятий заслуживает приоритетного внимания, так как озерные экосистемы одновременно сочетают динамичные и относительно консервативные элементы экосистемы. К первым следует отнести воду, гидробионты и околоводную растительность; ко вторым — донные грунты, почвы водосборов.

Современное рациональное хозяйственное использование природных биологических ресурсов базируется на принципе обязательного сохранения их естественного воспроизводства, при этом учитывая необходимость сохранения каждого вида ресурса не только в пределах его ареала, но и в каждом месте его обитания.

В составе указанных мероприятий по сохранению объектов животного мира при их хозяйственном использовании прежде всего высокую актуальность приобретают репрезентативная оценка состояния объекта как хозяйственно полезного ресурса и определение объема его возможного изъятия (рекомендованного

объема вылова, РОВ). Обычно при использовании ресурса для экосистемы его обитания почти равноценны как его перезаготовка, подрывающая естественное воспроизводство, так и недоиспользование биомассы ресурса, оказывающей влияние на трофические связи экосистемы, на ухудшение кормовой обеспеченности объекта заготовки (и, как следствие, — также снижение потенциала естественного воспроизводства ресурса).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Гидробиологические исследования на гипергалинных озерах (Большое Яровое, Кулундинское, Кучукское, Малое Яровое, Малиновое и других водоемах Алтайского края, а также водоемах Челябинской, Курганской, Тюменской, Омской, Новосибирской областей) проводятся ежегодно в период с апреля по октябрь (ежемесячно). Отбор гидробиологических проб, измерения факторов среды и визуальные наблюдения за распределением рачка Artemia Leach, 1819 и микроводорослей по акватории озер проводится по стандартным методикам (Киселев, 1969; Методика изучения.., 1975; Методические рекомендации.., 1983; Методические указания.., 2002) на постоянных станциях наблюдения, расположенных в разных частях озера. В водоемах юга Западной Сибири видовой состав артемии не определен, и работы в этом направлении продолжаются. Станции определяются при помощи GPS-навигатора. Для каждого водоема определяется оптимальное количество станций, разрабатывается схема станций с нанесением на план озера.

На каждой станции ежемесячно измеряются температура воды и воздуха, минерализация воды, прозрачность воды. Параллельно отбираются пробы фитопланктона и на гидрохимический состав с четырех–шести станций (в зависимости от площади озера). Для оценки условий среды обитания используются гидрометеорологические данные (уровень воды, количество осадков, направление и сила ветра).

Содержание растворенного в воде кислорода определяли методом Винклера. Первичную продукцию фитопланктона определяли скляночным методом в кислородной модификации (Винберг, 1960). Склянки емкостью 100 мл устанавливали в первой половине светового дня. Интенсивность фотосинтеза и деструкцию органического вещества в столбе воды под 1 м^2 поверхности водоема вычисляли методом численного интегрирования (Федоров, 1979; Методические рекомендации.., 1983).

При расчете валовой или чистой продукции для каждого горизонта вычисляли соответствующие значения связанного углерода в единице объема воды, используя соотношение: 1 мг связанного C = 0,375 мг $\times$ O_2.

Тогда в соответствии с приведенным выражением рассчитывали валовую продукцию ***(A)*** и чистую первичную продукцию ***(P)***:

$$\boldsymbol{A} = 0{,}375 \times ((C_C - C_T) \times (T - 2)) / t,$$

$$\boldsymbol{P} = 0{,}375 \times ((C_C - C_H) \times (T - 2)) / t,$$

траты на обмен, деструкцию органического вещества ***(R)***:

$$\boldsymbol{R} = 0{,}375 \times ((C_H - C_T) \times (T - 2)) / t,$$

где $\boldsymbol{C_H}$ — начальное содержание кислорода, мг O_2/л; $\boldsymbol{C_C}$ и $\boldsymbol{C_T}$ — содержание кислорода в светлой и темной склянках после экспозиции в течение времени t; $\boldsymbol{T}$ — продолжительность светового дня, ч.

На водоемах со средней глубиной менее 3 м на каждой станции ежемесячно отбираются пробы зоопланктона малой количественной сетью Апштейна и образцы артемии (на стадии цист). На глубоководном озере (средняя глубина более 3 м) отбор проб ведется большой планктонной сетью диаметром 0,5 м тотальным обловом на постоянных станциях в глубоководной части озера, расположенных на транссектах через установленные промежутки (2 м). На литоральных станциях отбор проб осуществляется сетью Апштейна. Пробы фиксируются 4%-м формалином.

Для морфометрических исследований рачков артемии и определения плодовитости овулятивных самок используется живой материал. Ежемесячно отбирается 25–30 половозрелых особей, которые измеряются под бинокуляром МБС-10, оборудованным окуляр-микрометром.

Морфометрический анализ проводится по 13 морфологическим признакам (11 пластических и 2 меристических). При определении плодовитости отмечается качественное содержимое яйцевого мешка, подсчитывается количество эмбрионов, измеряется их диаметр.

Общее число кладок за жизненный цикл определяли по формуле:

$$\boldsymbol{N} = 1{,}35 \times (L_{max} / L_{min})^{2.5},$$

где $\boldsymbol{N}$ — число кладок за жизненный цикл; $\boldsymbol{L_{max}}$ — максимальная длина тела яйценосных самок; $\boldsymbol{L_{min}}$ — минимальная длина тела яйценосных самок.

Обработка материала по зоопланктону проводится по общепринятой методике (Жадин, 1960) в камере Богорова под бинокуляром МБС-10, оборудованным окуляр-микрометром. Проба разводится до необходимого объема и штемпель-пипеткой отбирается 3 мл, где просчитывается все содержимое с выделением категорий: ортонауплии; метанауплии (I–IV личиночной стадии); ювенильные особи (V–XII

личиночной стадии); предвзрослые особи (взрослые формы в нерепродуктивной фазе); взрослые самки (отмечалась репродуктивная активность) и самцы. Различали также летние тонкоскорлуповые яйца и диапаузирующие (цисты), отмечалась степень их гидратации. Затем просматривается остаток пробы с подсчетом всех взрослых особей и уточнением количества отмеченных категорий. Численность рачков всех стадий развития и цист пересчитывается на объем 1 м^3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Важным элементом при оценке состояния объекта хозяйственного использования становится система мониторинг, предусматривающая организацию периодически повторяемых наблюдений одного или нескольких элементов окружающей среды с определенными целями и по ранее подготовленной программе (Израэль, 1984).

Мониторинг рачка артемии на гипергалинных озерах выходит за рамки работ по обоснованию рекомендованных объемов его добычи (вылова), он также важен как: показатель общего состояния экосистемы озер; объект, хорошо поддающийся наблюдению и концентрирующий в своей биоте основные потоки вещества и энергии всей экосистемы; объект, испытывающий прямое и косвенное антропогенное влияние через заготовку цист артемии и биомассу рачка, через изъятие иловых лечебных грязей со дна озер и песка с прибрежных месторождений, через возрастающую рекреацию и загрязнение акватории и водосборной площади. Других равноценных индикаторов состояния гипергалинных озер не существует. Следует учитывать, что роль биологических показателей более значима и существенна, чем данные по абиотической среде (Абакумов, 1991).

Впервые разработка методики мониторинга артемии в РФ была начата в 1996 г. на оз. Кучукском, впоследствии эти работы были распространены на акваторию оз. Большого Ярового Алтайского края (Веснина, 2000, 2002, 2006; Веснина и др., 2011).

Прикладное значение мониторинга рачка артемия заключается в биологическом обосновании хозяйственного использования его ресурсов, особенно диапаузирующих яиц, в определении главных действующих факторов абиотической среды на численные показатели популяции артемии, в совершенствовании и дальнейшей разработке прогнозного обеспечения промысла ценного ресурса. Актуальность работы по мониторингу рачка артемия важна и по причине ННН-промысла (незаконный, несообщаемый, нерегулируемый промысел).

Методика биомониторинга для озер Алтайского края

Мониторинг — это «система организованных периодически повторяемых наблюдений одного или более элементов окружающей среды в пространстве и во времени с определенными целями и в соответствии с заранее подготовленной программой» (Израэль, 1984). Объектом биомониторинга являются биологические системы или отдельные их составляющие, а также факторы среды, воздействующие на них. Главное значение в биомониторинге приобретают не антропогенные загрязнения или другие виды вторжения в экосистемы, и даже не нарушения их среды, а разносторонние биологические отклики, вызванные в гидробионтах изменениями среды обитания (Федоров, 1975).

Гидробиологический мониторинг, как один из видов биомониторинга, был впервые организован в СССР в 1974 г., главной целью предусматривался систематический контроль за качеством поверхностных вод и уровнем их загрязнения, используя в качестве индикаторов состояния экосистемы живые организмы, рассматривая их как тест-объекты. Ранее контроль состояния водных объектов проводился только химическими или физическими методами.

Гидробиологический мониторинг решает шесть главных задач:

– определяет совокупный эффект комбинированного действия антропогенных факторов на водные биоценозы;

– устанавливает экологическое состояние водоемов и экологические последствия влияния антропогенных факторов;

– определяет направление (тренд) изменения водных биоценозов в условиях загрязнения природной среды;

– оценивает качество поверхностных вод и донных отложений как среды обитания гидробионтов;

– проводит оценку трофических свойств водоема;

– устанавливает возможность возникновения вторичного загрязнения.

Гидробиологический мониторинг должен проводиться на популяционном и биоценотическом уровнях экосистемы; т. е. служба мониторинга должна быть основана на изучении биоценозов, их динамики во времени и пространстве, что позволит установить определяющие и лимитирующие факторы развития экосистемы. Следует учитывать, что именно биоценозы, по сравнению с определенными видами растений и животных, более тонкие индикаторы среды, находящиеся под активным антропогенным прессом (Зимбалевская, 1980).

Методика проведения биомониторинга, и особенно гидробиомониторинга, находится в стадии активной разработки и определения главных показателей. Между тем признано, что роль биологических показателей в любом виде мониторинга намного существеннее, чем данные по абиотической среде (Брагинский, 1978; Абакумов, 1991).

Основные приемы сбора и получения необходимой для гидробиологического мониторинга информации — наблюдение и эксперимент. При планировании работ должен обязательно учитываться принцип получения максимума информации при минимальных затратах; мониторинговые наблюдения не следует загромождать второстепенными факторами. На основе прямых наблюдений in situ реализуется диагностический мониторинг (ДИМОН), или «блок состояния» в разрабатываемой краевой системе ЕГСЭМ, позволяющий на основе полученной информации выявить основные тенденции в изменении экосистемы. В этом виде мониторинга принята система одновременной регистрации характеристик, относящихся к воздействующему фактору и его отклику в экосистеме, что обеспечивает их «привязку» друг к другу (осуществляется принцип «сращивания» информации). Второй вид мониторинга — прогностический (ПРОМОН), или блок «оценки прогнозирования», проводимый на основе уже имеющейся многолетней информации по ДИМОН и после определения главных действующих факторов в экосистеме. В прогностическом мониторинге методом многофакторного анализа определяются биологические последствия влияния факторов и реально существующих тенденций в исследуемой экосистеме.

При обосновании методики мониторинга на гипергалинных озерах следует подчеркнуть, что в нем планируются типичные задачи ДИМОН, т. е. определить состояние экосистемы озер и выделить в многообразии факторов главные из них. Мониторинг находится на стадии организации, поэтому необходим временной интервал или шкала ДИМОН в течение первых трех–четырех лет, что позволит исключить влияние природных факторов. После получения необходимой базы первичных данных ДИМОН может проводиться через два–три года, и появится возможность прогнозирования дальнейшего тренда экосистемы, т. е. проведение мониторинга по методике ПРОМОН.

Прогнозирование состояния водных экосистем как результат гидробиологического мониторинга возможен на первой стадии ПРОМОН на основе «предсказания — прогноза методом экспертных оценок темпов и направленности сукцессий» (Зимбалевская, 1985).

В системе ДИМОН главным системным объектом (тест-объектом) в гипергалинных озерах определен рачок артемия. При выборе показателей биомониторинга частично использована система БИО-СТАРЕТ, получив широкое распространение в мировой практике (Брагинский, 1978). В ее основу заложены характеристики трех элементов экосистемы озера: показатели биопродуктивности тест-объектов исследуемой экосистемы, структура их популяций и метаболизм сообщества экосистемы. Для мониторинга состояния рачка артемия гипергалинных озер использованы характеристики трех элементов экосистемы: показатели биопродуктивности главного объекта исследований (рачка артемия); показатели структуры его популяции и других главных составляющих биоты; показатели оценки метаболизма сообщества (табл. 1).

Предложенная для гипергалинных озер система биомониторинга дополнена оценкой устойчивости ее отдельных показателей и стабильности всей экосистемы; для артемии — отношением минимальной и максимальной длины половозрелых рачков в каждой

Таблица 1. Структура гидробиологического мониторинга для рачка артемия

Показатели структуры	Группировки		
	Артемия	Фитопланктон	Бактериопланктон
Продуктивность:			
- общая численность	+	+	+
- биомасса	+	–	+
- биомасса зимних яиц	+	–	–
Структура экосистемы:			
- число видов, вариететы	+	+	–
- численность половозрелых рачков	+	–	–
- соотношение полов	+		–
- показатели репродукции	+	–	–
- отношение *Lmin/Lmax*	+	–	–
Метаболизм сообщества:			
- валовая продукция	+	+	+
- чистая продукция	–	+	–
- деструкция орг. вещества	–	+	–
- стабильность сообщества	+	+	+

генерации, учитывая особую значимость этого показателя в репродукции ракообразных (Хмелева, 1988).

Программа мониторинга дополнена методикой оценки устойчивости, под которой подразумевается способность экосистемы или отдельных ее составляющих поддерживать постоянство своего состояния; устойчивость позволяет также оценить амплитуду допустимых изменений от действия внешних возмущений, при которых она способна возвратиться к исходному состоянию (Константинов, 1979; Бигон, 1989).

Для оценки устойчивости артемии в оз. Кулундинском Алтайского края использовалась ошибка логарифма численности, которая показала, что: устойчивость членов данного трофического уровня возрастает с ростом членов данного уровня; устойчивость вида уменьшается с ростом числа видов, входящих в сообщество и нападающих на этот вид; устойчивость вида уменьшается с уменьшением объема среды, из которой он черпает свой пищевой ресурс.

По результатам мониторинговых исследований гипергалинных озер были разработаны, в качестве отдельного приложения, аннотированные таблицы, характеризующие абиотические условия формирования биоты (по уровенному и температурному режимам, общей минерализации воды, прозрачности воды, окисляемости) в конкретном году в сравнительном аспекте с ретроспективными данными, структуру популяции артемии и некоторые функциональные показатели экосистемы (содержание биогенов; валовая продукция, чистая продукция и деструкция органического вещества; продукция бактериопланктона).

Полученные в результате наблюдений данные по численности и биомассе рачков объединены в группировки по датам, составляющие биологические сезоны года (весна, лето и осень). Сгруппированные таким образом данные характеризуют временную динамику мониторинга.

В характеристике структуры популяции тест-объектов рачка артемии использованы показатели численности общепринятых возрастных группировок: орто и метанауплии (I–IV личиночной стадии); ювенильные особи (V–XII личиночной стадии); предвзрослые особи (взрослые формы в не репродуктивной фазе); взрослые самки (отмечалась репродуктивная активность), самцы; зимние цисты, летние яйца. Учитывая особое значение соотношения краевых показателей длины половозрелых рачков как ответной реакции особей популяции на комплекс факторов среды, действующих в конкретном водоеме, в состав мониторинга включен показатель *Lmax/Lmin* у половозрелых рачков артемии.

В характеристику метаболических процессов включены первичная продукция фитопланктона и уровень деструкции органического вещества. В качестве показателя направленности сукцессии исследуемых озер принято отношение валовой продукции ***(P)*** к величине деструкции органического вещества ***(R)***. В зрелых экосистемах, к которым относятся исследуемые озера, показанное выше отношение должно быть больше 1 и при нормальном сукцессиальном процессе в экосистеме приближаться к 1 (Одум, 1986).

Методика расчета общего запаса артемии (на стадии цист) и рекомендованного объема вылова

Оценка запасов зимних диапаузирующих яиц рачка артемии базируется на двух методах. Первый основан на использовании учетных площадок (гидробиологической съемки ресурса), второй — на использовании результатов заготовки биоресурса в прошлых промысловых сезонах (биостатистический метод).

Действующая методика прогнозного обеспечения заготовки цист в гипергалинных озерах Западной Сибири определяет в натуральном выражении объем потенциальной продукции цист артемии (общий запас и его части — промыслового запаса или рекомендованного объема вылова, которую можно изъять из общего запаса без ущерба воспроизводству рачка). Промысловый запас артемии определяется на основании гидробиологического мониторинга, результатом которого становятся средние численные характеристики половозрелых особей артемии, соотношения полов, плодовитости, средней массы нативного яйца, численности свободноплавающих цист и характеристики цист. Указанные выше численные показатели позволяют оценить общий запас на дату исследования, который в условиях конкретной экосистемы может быстро изменяться как в сторону увеличения (созревание нового поколения самок, увеличение их плодовитости при улучшении условий обитания и др.), так и в сторону уменьшения (выброс цист в литораль и их замывание при сильном ветре, опускание цист на дно, потеря ими плавучести и др.).

Промысловый запас выделяется в объеме 40–60% от общего запаса в зависимости от степени трофической нагрузки на ресурс внутри экосистемы и абиотических условий формирования численности и продукции ресурсного гидробионта в год промысла. В частности, специальными исследованиями показано, что доля изъятия цист артемии от общего запаса в

малых озерах может быть на уровне 40%, в средних и крупных может быть увеличена до 60%.

В регламенте прогнозных разработок предусматриваются два их вида (этапа): 1) предварительный прогноз, основанный на анализе тренда среднемноголетних показателей биомассы половозрелой части популяции, свободноплавающих цист; 2) объем фактической заготовки за последние 3–5 лет.

Подсчет общих запасов цист *(W)* артемии выполняется по числу свободноплавающих цист (W_1) и по числу цист, находящихся в овисаках самок (W_2), и равен, соответственно, их сумме.

– для определения запаса свободноплавающих цист (W_1):

$$W_1 = V_1 \times N_1 \times m,$$

где V_1 — объем «жилой» зоны цист, м^3; N_1 — численность свободноплавающих цист, шт./м^3; m — масса нативной цисты ( ), т;

– для определения запаса цист в овисаках самок (W_2):

$$W_2 = V_2 \times N_2 \times R \times m,$$

где V_2 — объем «жилой» зоны самок, м^3; N_2 — численность самок, экз./м^3; R —плодовитость самок, экз./особь; m — масса нативной цисты.

В процессе определения общих запасов и рекомендованного объема вылова водных ресурсов необходимо учитывать категорию водоема, так как количество генераций рачка артемии в разнотипных водоемах варьирует от 1 до 4. В малых озерах второй категории наблюдается 1–2 генерации, в таких водоемах промысловое значение могут иметь выбросы цист уже после первого поколения рачка (июнь–июль, в составе выбросов присутствуют в основном диапаузирующие яйца, летние тонкоскорлуповые яйца либо отсутствуют, либо их доля незначительна). В водоемах первой категории количество генераций 2–3, промысловое значение имеют выбросы в период июль–сентябрь в зависимости от условий среды.

В водоемах высшей категории наблюдаются наиболее стабильные условия среды, благоприятные для развития 3–4 генераций. Четвертая генерация в зависимости от условий конкретного года может не достигать половой зрелости или становиться овулятивной частично. Для определения РОВ диапаузирующих яиц (цист) имеют значения выбросы второй–третьей генерации рачков (июль–сентябрь), когда доля дегидратированных цист превышает 50–60%. Для уточнения РОВ необходимо учитывать тренд среднемноголетних показателей биомассы половозрелой части популяции, свободноплавающих цист и объема фактической добычи (вылова) артемии (на стадии цист) за последние 3–5 лет.

Собранное биосырье содержит значительное количество примесей, в качестве которых присутствуют скорлупа, растительные и животные остатки, нежизнеспособные цисты, вода и неорганические примеси. Все примеси, кроме скорлупы, можно отмыть при первичной обработке. В связи с этим необходима корректировка объемов добычи (вылова) артемии (на стадии цист) с учетом фактической влажности и чистоты биосырья (Веснина, Ронжина, 2014).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка современного экологического состояния разнотипных гипергалинных озер Алтайского края с одновременным определением наиболее информативных показателей факторов абио- и биотической среды лежат в основе сырьевых исследований артемии (на стадии цист).

Гидробиологический мониторинг решает шесть главных задач: определяет совокупный эффект комбинированного действия антропогенных факторов на популяцию рачка артемии; устанавливает экологическое состояние водоемов и экологические последствия влияния антропогенных факторов; определяет направление (тренд) изменения структуры популяции рачка артемии в условиях добычи (вылова) цист; оценивает качество поверхностных вод и донных отложений как среды обитания гидробионтов; проводит оценку трофических свойств водоема; устанавливает возможность возникновения вторичного загрязнения.

Оценка запасов зимних диапаузирующих яиц рачка артемии базируется на двух методах. Первый основан на использовании учетных площадок (гидробиологической съемки ресурса), второй — на использовании результатов заготовки биоресурса в прошлых промысловых сезонах (биостатистический метод).

Действующая методика прогнозного обеспечения добычи (вылова) цист в гипергалинных озерах Западной Сибири определяет в натуральном выражении объем потенциальной продукции цист артемии — общий запас и его части (промыслового запаса или рекомендованного объема вылова, которую можно добыть из общего запаса без ущерба воспроизводству рачка).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абакумов В.А. 1991. Гидробиологический мониторинг поверхностных вод // Гидробиол. журнал. Т. 27. Вып. 3. С. 3–8.

Бигон М. 1989. Экология (особи, популяции и сообщества). М.: Мир. Т. 2. 478 с.

Брагинский Л.П. 1978. Новая система биомониторинга водной среды в США // Гидробиол. журнал. Т. 14. Вып. 1. С. 77–83.

Веснина Л.В. 1998. Мониторинг разнотипных озер Алтайского края / Биологическое разнообразие животных Сибири. Матер.

науч. конф., посвящ. 110-летию начала регулярных зоологических исследований и зоологического образования в Сибири. Томск. С. 186–187.
Веснина Л.В. 2000. Гидробиологический мониторинг озер Алтайского края // Сибирский экологический журнал. № 3. С. 263–269.
Веснина Л.В. 2002. Мониторинг состояния популяции *Artemia* sp. в малых озерах Алтайского края / Особо охраняемые природные территории Алтайского края и сопредельных регионов, тактика сохранения видового разнообразия и генофонда. Барнаул. С. 54–60.
Веснина Л.В. 2006. Система гидробиологического мониторинга популяции артемии в соляных озерах Алтайского края // Рыбоводство и рыбное хозяйство. № 2. Новосибирск. С. 221–233.
Веснина Л.В., Ронжина Т.О. 2014. Методика контрольного взвешивания цист рачка Artemia Leach 1819 и корректировка квоты их вылова с учетом фактической влажности и чистоты биосырья. Метод. указания. Новосиб. гос. аграр. ун-т. Новосибирск: ИЦ «Золотой колос». 32 с.
Веснина Л.В., Ронжина Т.О., Пермякова Г.В., Клепиков Р.А., Коротких В.Б. 2011. Результаты мониторинговых исследований промысловых гипергалинных озер Алтайского края // Вестн. Новосиб. гос. аграр. ун-та. № 4 (20). С. 46–50.
Винберг Г.Г. 1960. Первичная продукция водоемов. Минск: АН БССР. 329 с.
Жадин В.И. 1960. Методы гидробиологического исследования. М.: Высшая школа. 188 с.
Зимбалевская Л.Н. 1980. Экосистемное гидробиологическое прогнозирование // Гидробиол. журнал. Т. 16. Вып. 2. С. 3–10.
Зимбалевская Л.Н. 1985. Сукцессии, мониторинг и прогнозы водных экосистем // Гидробиол. журнал. Т. 21. Вып. 3. С. 3–9.
Израэль Ю.А. 1984. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеоиздат. 560 с.
Киселев И.А. 1969. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1. Вводные и общие вопросы планктологии. М.: Наука. 440 с.
Константинов А.С. 1979. Общая гидробиология. М.: Высшая школа. 480 с.
Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975. М.: Наука. 240 с.
Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. 1983. Л.: ГосНИОРХ. 51 с.
Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка ARTEMIA. 2002. Тюмень. 25 с.
Одум Ю. 1986. Экология. М.: Мир. Т. 1; Т. 2. 328; 376 с.
Федоров В.Д. 1975. Биологический мониторинг: обоснование и опыт организации // Гидробиол. журнал. Т. 11. С. 5–11.
Федоров В.Д. 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ. 166 с.
Хмелева Н.Н. 1982. Способ определения числа пометов у ракообразных // Бюл. изобрет. СССР. № 9. Авт. свид. № 910940.
Хмелева Н.Н. 1988. Закономерности размножения ракообразных. Минск: Наука и техника. 207 с.

УДК 597.553.2

КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИТОГОВ ПУТИНЫ ГОЛЬЦОВ (*SALVELINUS* SP.) В ОХОТСКОМ РАЙОНЕ

В.И. Островский

Нач. отд., к. б. н.; Хабаровский филиал ФГБНУ «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр»
680000, Хабаровск, Амурский бульвар, 13А
Тел.: (4212) 31-53-96. E-mail: ostrovkhv@rambler.ru

SALVELINUS, ГОЛЬЦЫ, СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ВЫЛОВА, КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ПУТИНА

Рассмотрена пригодность оперативных данных по вылову гольцов в Охотском районе Хабаровского края для разработки прогнозов вылова за путину. Проанализирована зависимость вылова за путину от накопленного вылова. Показано, что по накопленному вылову относительно надежный прогноз вылова гольцов за путину можно составить через 10 дней после ее начала.

SHORT-TERM FORECASTING OF THE RESULTS OF CHARS (*SALVELINUS* SP.) FISHERY CAMPAIGN IN THE OKHOTSK REGION

V.I. Ostrovsky

Head of Dep., Ph. D. (Biology); Khabarovsk Branch
Pacific Research Fisheries Centre
680000, Khabarovsk, Amursky blvd., 13A
Tel.: (4212) 31-53-96. E-mail: ostrovkhv@rambler.ru

SALVELINUS, CHAR, CATCH DYNAMICS, SHORT-TERM FISHERY FORECASTING, FISHERY SEASON

Usefulness of operational data on catch of chars for forecasting of their annual landings is considered. The landing dependence on cumulative catch is analyzed. The landing relationship with the cumulative catch increases naturally with time and rather reliable forecasts could be based on its value from 10 days, from start of fishery season.

Промыслу тихоокеанских лососей сопутствуют рыбы рода *Salvelinus* (мальма *S. malma* и кунджа *S. leucomaenis*), объединенные под единым промысловым названием — гольцы. Ежегодно в Охотском районе Хабаровского края в прилове к тихоокеанским лососям (*Oncorhynchus* sp.) вылавливают несколько сотен тонн гольцов, около 80% их улова составляет мальма. В последние годы запасы гольцов увеличиваются, вылов приближается к 600 т. Прогнозы запаса гольцов, как и любые экологические прогнозы, не обладают высокой точностью, поэтому в ходе лососевой путины часто возникает необходимость их корректировки.

Корректировки основываются на оценке подхода (запаса), о котором во время путины, как правило, можно судить только по промысловой статистике. При этом обычно остается открытым вопрос об окончательном значении возможного вылова за путину, поскольку динамика вылова зависит не только от запаса и интенсивности лова, но и от уникальной для каждого года динамики нерестового хода. По этой причине возникает неопределенность в объемах уточненного значения рекомендованного объема вылова (РВ), что усложняет разработку его биологического обоснования.

Вполне очевидно, что точность прогноза годового вылова зависит от времени его разработки: чем ближе к окончанию нерестового хода, тем надежнее суждения об возможных объемах вылова, но уточнения прогнозов, к этому времени, как правило, уже не нужны. Цель работы — определить сроки, в которые об окончательном вылове гольцов за путину с достаточной надежностью можно судить на основе оперативных данных по вылову. Для достижения данной цели необходимо разработать способ прогноза годового вылова на основе его сезонной динамики.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Начиная с 2008 г., оперативные данные по накопленному вылову гольцов ежегодно предоставлялись Комитетом рыбного хозяйства Хабаровского края, а также Охотским межрайонным отделом государственного контроля, надзора и рыбоохраны (АТУ ФАР). Нерегулярность поступления информации в течение промыслового сезона затрудняет сравнение динамики вылова разных лет. Для устранения данной проблемы фактические значения накопленного вылова сглажены логистическим уравнением:

$$G = a / (1 + \exp(b - c \times dd)) - d; \quad (1)$$

где G — вылов гольцов на конкретную дату, dd — порядковый номер дня от условного начала промыслового сезона (10 июля), *a*–*d* — коэффициенты, значения которых подбирали итерационными методами, реализованными в пакете прикладных программ SYSTAT (Wilkinson et al., 1994). Методы нелинейного регрессионного и дисперсионного анализов приведены в справочной литературе (Дрейпер, Смит, 2007). В работе используются общепринятые обозначения: R^2_c — скорректированный коэффициент детерминации; n — число наблюдений; F — критерий Фишера; S. e. — стандартная ошибка уравнения, P — уровень значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Судя по значениям F-критерия Фишера, уравнения, описывающие динамику накопленного вылова гольцов для всех лет (табл. 1) значимы с вероятностью более 99%. Достаточно точные описания фактической динамики накопленного вылова разных лет уравнением 1 позволяют считать его вполне приемлемым для замены фактических значений накопленного вылова, расчетными значениями. Это позволяет сравнивать вылов на одну и ту же дату в разные годы, независимо от регулярности поступления сведений по вылову.



Рис. 1. Динамика фактических значений накопленного вылова в 2011 г., сглаженных уравнением 1 (см. текст и табл. 1)

Промысел тихоокеанских лососей, в прилове к которым вылавливаются гольцы, длится с 15 июля по 15 сентября. Несмотря на то, что нерестовый ход гольцов заканчивается во второй половине августа, данные по их вылову к этому времени не полные, значения вылова в сводках продолжают увеличиваться до конца сентября, что чаще всего связано с задержкой отчетности некоторыми рыбопользователями. В основном тихоокеанских лососей, как и гольцов, в Охотском районе вылавливают в реках, промысловая обстановка в которых сильно зависит от уровня воды (во время сильных паводков промысел может полностью приостанавливаться). В итоге графики фактических значений накопленного вылова могут выглядеть менее упорядоченными по сравнению с аналогичными графиками для других видов рыб, районов промысла и методов лова. Для примера приведем наихудший вариант описания динамики накопленного вылова гольцов за 2011 г. (R^2 = 0,983, табл. 1, рис. 1).

Сопоставление графиков сглаженных значений кумулированного вылова позволяет заключить, что уникальность динамики вылова гольцов в разные годы наиболее отчетливо проявляется в начале путины (рис. 2). Различие сроков начала нерестовой миграции и скорости нарастания улова в первые 10 дней не позволяет судить об ее итогах: связь вылова на конкретную дату с окончательным значением вылова слабая либо отсутствует. Кривые для 2008 и 2009 гг. на данном рисунке не приведены по причине сильного наложения на кривую для 2010 г.

Однако уже после первых 10 дней путины зависимость годового улова от сглаженных значений накопленного вылова на конкретную дату проявляется достаточно отчетливо, например, коэффициент де-

Таблица 1. Значения коэффициентов уравнения 1, описывающего зависимость вылова гольцов на конкретную дату от порядкового номера даты с начала путины, и критериальная статистика

Год	a	b	c	d	R^2_c	n	F	S. e.
2008	122,276	3,894	0,132	–2,671	0,987	15	272,112	5,762
2009	98,078	5,183	0,183	1,843	0,995	7	209,387	4,267
2010	121,559	2,359	0,102	21,550	0,995	14	674,811	3,091
2011	373,458	2,534	0,095	73,500	0,983	15	206,036	16,029
2012	645,162	1,114	0,066	298,369	0,988	12	224,061	17,102
2013	1149,722	–0,378	0,074	933,877	0,994	10	321,772	7,765
2014	200,449	3,959	0,117	–14,158	0,996	11	564,012	5,645
2015	457,517	2,32	0,111	65,434	0,990	16	382,860	14,669
2016	585,594	3,921	0,219	59,418	0,992	68	2721,933	16,084

терминации данной зависимости для 1 августа превышает 0,9 (рис. 3). Значение F-коэффициента Фишера данного уравнения 36,47 ($P < 0,01$), стандартная ошибка — 50,15 т.

Зависимости годового вылова от вылова на остальные даты также описывали логарифмическим уравнением, которое в отношении рассматриваемого объекта прогноза в фазе интенсивного роста вылова (рис. 2) оказалось наиболее приемлемым. В фазе снижения скорости вылова и его стабилизации, коэффициенты детерминации данных уравнений несколько уменьшаются (рис. 4), что, отчасти, связано с накоплением «запоздалых» сведений по вылову, своевременно не отраженных в сезонной динамике, но в большей степени — с неадекватностью уравнения. Вполне очевидно, что после выхода кривых сезонной динамики (рис. 2) на «плато» для описания рассматриваемой связи более приемлемо уравнение линейной регрессии, поскольку значения накопленного вылова практически равны итоговому вылову за путину, однако в отношении цели работы данный период не представляет интереса.

Значения коэффициентов детерминации рассматриваемых уравнений достигают величин, свидетельствующих о возможности использования уравнений для прогноза годового вылова, начиная с 25 июля ($R^2 = 0,672$). Таким образом, относительно надежный прогноз годового вылова гольцов в Охотском районе по накопленному вылову может быть составлен не ранее, чем через 10 дней от начала лососевой путины. Приблизительные значения годового вылова по накопленному вылову можно определить по номограмме (рис. 5), на которой теоретические кривые построены для равноудаленных дат с шагом 5 дней. Например, при вылове 300 т гольцов по состоянию на 15 августа их вылов за сезон может составить около 400 т; если же этот объем освоен, например, 26 июля, тогда итоговое значение вылова, вероятно, составит около 575 т. Более точно значения годового вылова можно рассчитать по уравнениям, описывающим его зависимость от накопленного вылова на конкретную дату, например, на 1.08 (рис. 3).

Ряд данных по сезонной динамике вылова относительно короткий, полагаем, что накопление новых данных позволит уточнить выявленные связи. Кроме того, вероятно, прогностические свойства приведенных уравнений можно будет улучшить за счет включения в них дополнительных переменных, например, даты начала нерестовой миграции или скорости вылова основных промысловых видов рыб.

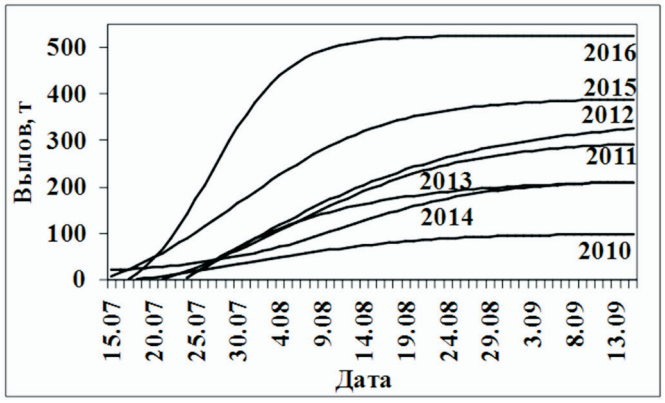


Рис. 2. Динамика сглаженных значений накопленного вылова в 2010–2016 гг.

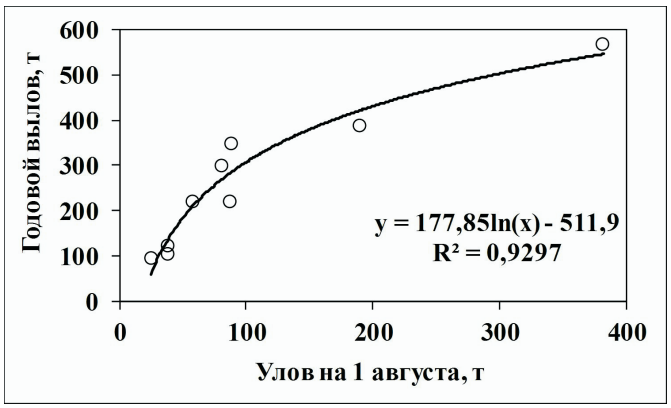


Рис. 4. Динамика коэффициентов детерминации логарифмического уравнения, описывающего зависимость годового вылова гольцов в Охотском районе от накопленного вылова на конкретную дату

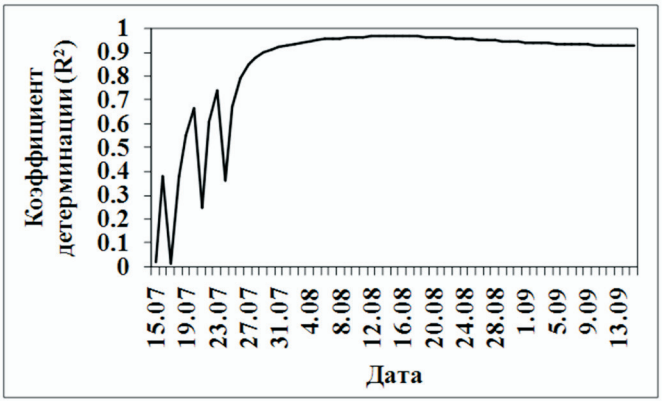


Рис. 3. Зависимость годового вылова гольцов в Охотском районе от сглаженных значений вылова на 1 августа в разные годы

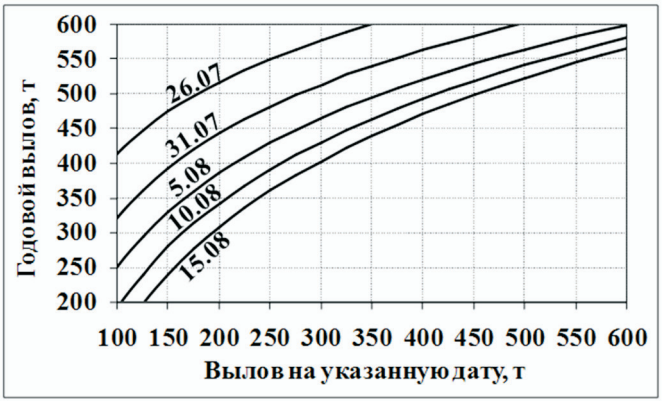


Рис. 5. Зависимость годового вылова гольцов в Охотском районе от накопленного вылова на указанную дату

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, статистически значимая связь сглаженных кумулированных уловов гольцов с их годовым выловом начинает выявляться через 10 дней от начала промысла. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования данной связи для разработки краткосрочных прогнозов вылова. Вполне вероятно, что данный способ прогноза приемлем и в отношении тихоокеанских лососей. В таком случае, ориентируясь на прогнозную и фактическую динамику накопленного вылова, можно не только оценить знак ошибки прогноза запаса, но и ее масштаб, что необходимо для разработки корректировок объема РВ.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю благодарность бывшему сотруднику Охотской лаборатории Хабаровского филиала ФГБНУ «ТИНРО-Центр» С.Д. Пономареву за предоставление сведений по вылову гольцов, получаемых им в Охотском межрайонном отделе государственного контроля, надзора и рыбоохраны (АТУ ФАР).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дрейпер Н.Р., Смит Г. 2007. Прикладной регрессионный анализ. М.: Издат. дом «Вильямс». 912 с.

Wilkinson L., Hill M-A., Welna J.P., Birkenbeyel G.K. 1992. Systat for Windows: Statistics. Version 5. Evanston: Systat, Inc. 750 p.

УДК 575.857: 597.552.51

ВНУТРИВИДОВОЙ МИТОХОНДРИАЛЬНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ФИЛОГЕОГРАФИЯ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ РОДА *ONCORHYNCHUS*

Д.А. Зеленина, В.А. Сошнина, Т.М. Минеева, Д.С. Стоклицкая

Вед. н. с., к. б. н.; мл. н. с.; мл. н. с.; мл. н. с.; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
107140, Москва, Верхняя Красносельская, 17
Тел., факс: (499) 264-85-19. E-mail: zelenina@vniro.ru

ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ, ONCORHYNCHUS, ФИЛОГЕОГРАФИЯ, МИТОХОНДРИАЛЬНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ, ГАПЛОТИП

Наши филогенетические и филогеографические построения основаны на сравнительном анализе последовательности гена цитохрома b у более чем четырех тысяч особей, относящихся к пяти видам рода *Oncorhynchus* (горбуше, кете, нерке, кижучу и чавыче). Уровень внутривидового митохондриального полиморфизма значительно отличался у разных видов. Различная топология гаплотипных сетей и неодинаковое распространение гаплогрупп на ареале свидетельствуют в пользу не только разной эволюционной истории видов, но и разных путей и направлений расселения тихоокеанских лососей в пределах современного ареала.

INTRASPECIFIC MITOCHONDRIAL POLYMORPHISM AND COMPARATIVE PHYLOGEOGRAPHY OF PACIFIC SALMON (GENUS *ONCORHYNCHUS*)

D.A. Zelenina, V.A. Soshnina, T.V. Mineeva, D.S. Stoklitskaya

Leading scientist, Ph. D. (Biology); Researcher; Researcher; Researcher; Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography
107140, Moscow, Verkhnyaya Krasnoselskaya, 17
Tel., fax: (499) 264-85-19. E-mail: zelenina@vniro.ru

PACIFIC SALMON, ONCORHYNCHUS, PHYLOGEOGRAPHY, MITOCHONDRIAL POLYMORPHYSM, HAPLOTYPE

Our phylogenetic and phylogeographical constructs are based on a comparative analysis of the CytB gene sequences of more than four thousand individuals belonging to five species of the genus Oncorhynchus (pink salmon, chum salmon, sockeye salmon, coho salmon and chinook). The level of intraspecific mitochondrial polymorphism varied significantly among these species. The different topology of haplotype nets and the unequal distribution of haplogroups on the range point out at different evolutionary history of the species and at various directions of colonization throughout the contemporary area of distribution.

Изучению филогенетических отношений лососевых рыб семейства Salmonidae уделяется пристальное внимание в течение последних десятилетий (Norden, 1961; Behnke, 1972; Stearley&Smith, 1993; Phillips&Rub, 2001). В результате этих исследований были определены основные этапы и обозначены пути эволюции этого семейства. В настоящее время филогенетические построения проводятся преимущественно на основании сравнения нуклеотидных последовательностей как отдельных участков митохондриальной и ядерной ДНК, так и комбинаций различных генов (Crespi, Fulton, 2004; Bernachez, 2004). Вне зависимости от используемых для этой цели участков митохондриального и/или ядерного генома взаимоотношения между родами в пределах семейства Salmonidae остаются неизменными. Род *Oncorhynchus* располагается на вершине эволюционного древа семейства Salmonidae, и, таким образом, тихоокеанские лососи являются самыми молодыми представителями лососевых рыб. В течение многих лет вопрос взаимоотношений между тремя родами — тихоокеанскими лососями (*Oncorhynchus*), благородными лососями (*Salmo*) и гольцами (*Salvelinus*) — оставался дискуссионным. Представление о том, что рода *Oncorhynchus* и *Salmo* представляют собой сестринские клады, было опровергнуто на основании молекулярно-генетических исследований, и, таким образом, наиболее близкими и наиболее молодыми таксонами являются гольцы и тихоокеанские лососи (Crête-Lafrenierenetal, 2012).

Тихоокеанские лососи рода *Oncorhynchus* обитают в Северной Пацифике; ареалы большинства видов этого рода в значительной степени перекрываются, и, в первую очередь, это относится к американской части ареалов. В Азии, напротив, области распространения видов в ряде регионов не соответствуют друг другу. Все тихоокеанские лососи моноцикличны, некоторые виды строго анадромны, другие образуют также жилые формы. Как виды, так и популяции различаются продолжительностью как пресноводного и морского периодов, так и жизненного цикла в целом. Для тихоокеанских лососей характерен «хоминг», т. е. возвращение после морского нагула на нерест в родную реку. Собственно, это явление и способствовало формированию у лососей достаточно выраженной популяционной структуры. При этом следует отметить, что уровень хоминга существенно различается от вида к виду.

Термин «филогеография» в качестве обозначения новой научной дисциплины, изучающей географическое распространение внутривидовых генных потоков, был предложен Дж. Эйвизом (Avise et al., 1987). Проецирование внутрипопуляционного полиморфизма генов на ареал вида позволяет проследить его эволюционную историю и стратегию освоения современного ареала. Значимость филогеографических исследований не ограничивается сугубо фундаментальным вкладом в расширение знаний о паттернах распространения вида; потенциал этих исследований с точки зрения рациональной эксплуатации видов с учетом сохранения их природного биоразнообразия, вне всякого сомнения, значителен и по сей день недооценен.

Исследованию филогеографии некоторых видов тихоокеанских лососей посвящен ряд работ (Bickham, 1995; Smith et al., 2001; Churikov, Gharrett, 2002; Yoonetal, 2008; Yuetal, 2010, Маляр, Брыков, 2016; Хрусталева, 2016). Тем не менее нам представляется целесообразным провести сравнительное исследование нескольких наиболее генетически близких видов рода *Oncorhynchus*, в особенности учитывая их схожую эволюционную историю и значительное перекрывание ареалов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Нами было проанализировано свыше четырех тысяч образцов особей, принадлежащих к пяти видам тихоокеанских лососей: чавыче (*Oncorhynchus tshawytcha* Walbaum 1792), кижучу (*O. kisutch* Walbaum 1792), нерке (*O. nerka* Walbaum 1792), кете (*O. keta* Walbaum 1792) и горбуше (*O. gorbuscha* Walbaum 1792). Материал был собран сотрудниками ВНИРО, КамчатНИРО, ХфТИНРО, МагаданНИРО, а также передан из США и Канады в рамках обмена генетическими образцами между странами-членами НПАФК. Характеристика исследованного материала представлена в таблице 1.

Таблица 1. Объем материала и количество митохондриальных гаплотипов для каждого из видов тихоокеанских лососей

Вид	Количество образцов	Количество выборок	Число рек	Количество гаплотипов
Чавыча	117	5	4	10
Кижуч	270	12	12	11
Нерка	1374	43	42	70
Кета	774	31	24	87
Горбуша,	1873	60	35	112
в том числе:				
четных лет нереста	720	24	19	73
нечетных лет нереста	1153	36	28	56

Выделение и очистку ДНК проводили методом абсорбции на колонках PALL (Ivanova et al., 2006).

Реакцию амплификации фрагментов мтДНК проводили в объеме 15 мкл: 1,5 мкл 10Х ПЦР-буфер (Sileks, Russia), 2,5 мМ $MgCl_2$, 0,6 мМdNTP, 2 пМ каждого праймера, 100 нг ДНК и 1 ед. HotTaq-polymerase (Sileks).

Для амплификации фрагмента гена цитохрома b (CytB) длиной 1018–1067 пар использовались праймеры L14795 TAATGGCCAACCTCCGAAAA и H15844 AGCTACTAGGGCAGGCTCATT (Радченко, 2004).

Секвенирование проводили с обоих концов на автоматическом секвенаторе ABI 3500 с использованием набора для секвенирования BigDye v.3.1.

Обработку продуктов секвенирования, множественное выравнивание последовательностей и построение филограмм на основании алгоритма максимального правдоподобия (maximum likelihood) осуществляли в программе Geneous 6.0.5 (http://www.geneious.com; Kearse et al., 2012).

Для представления филогенетических отношений между гаплотипами использовали метод максимальной экономии (Templeton et al., 1992), реализованный в программе TCS (Clement et al., 2000).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Чавыча. По результатам анализа особей из трех рек Восточной и одной реки Западной Камчатки было выявлено 10 митохондриальных гаплотипов, которые принадлежали к одной и той же гаплогруппе. Для проведения сравнительного анализа и построения дендрограммы генетического сходства (рис. 1) был добавлен гаплотип цитохрома b чавычи из Северной Америки, штат Вашингтон (Генбанк#JX960820), при-

надлежащий к другой гаплогруппе и отличающийся от центрального и массового гаплотипа камчатской чавычи OTS-H1 на три нуклеотидных замены.

Кижуч. Исследования митохондриального полиморфизма кижуча охватывали значительную часть азиатской части ареала этого вида: Восточную Камчатку, Западную Камчатку и Сахалин. В пределах исследованной совокупности образцов обнаружено 11 гаплотипов, которые почти равномерно распределились между двумя гаплогруппами (рис. 2); в изученной нами азиатской части ареала существенно преобладала гаплогруппа A. Расстояние между центральными гаплотипами составило пять нуклеотидных замен. Все три проанализированныевыборки с острова Сахалин оказались мономорфны по гаплотипу A-1.

Нерка. Имеющиеся в нашем распоряжении образцы нерки позволили выполнить сравнительный анализ практически по всему ареалу. Большинство особей принадлежали к одной из двух основных гаплогрупп, центральные гаплотипы которых отличались на четыре нуклеотидных замены (рис. 3). Гаплогруппа S распространена по всему ареалу, в то время как N (за редким исключением) — на азиатском континенте и близлежащих островах, а также на Аляске. В ряде популяций Британской Колумбии и Южной Аляски был обнаружена третья гаплогруппа E, удаленная от группы S на три замены. Для большинства островных популяций было показано существенное снижение гаплотипического разнообразия. Наиболее выраженно это явление наблюдалось на Командорских островах, где присутствовали гаплотипы только группы N.

Кета. Филогенетическое дерево кеты оказалось наиболее разветвленным (рис. 4). Помимо двух основных гаплогрупп A и B, различающихся двумя нуклеотидными заменами, мы выделяем еще три. В пределах исследованной нами российской части ареала этого вида преобладают гаплотипы группы A, суммарные частоты которых в выборках из большинства регионов превышают таковые для всех прочих гаплотипов; исключение составляют два региона — Южное Приморье и Южные Курилы. В Южном Приморье отмечено заметное преобладание гаплотипов группы B и произошедшей от нее группы C. Помимо этого региона последняя группа была обнаружена только на Южных Курилах. Гаплотипы групп D и E, производные группы A, также имеют ограниченное распространение: гаплогруппа D была представлена в заметных количествах в Магаданской области и единично — в реке Амур и на острове Итуруп, а гаплогруппа E — только на Итурупе.

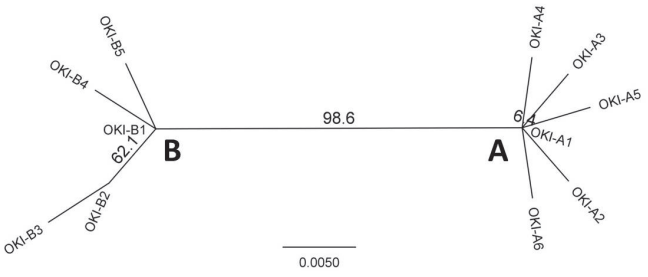


Рис. 2. Бескорневое филогенетическое древо последовательностей гена цитохрома b кижуча. Буквами обозначены клады гаплотипов

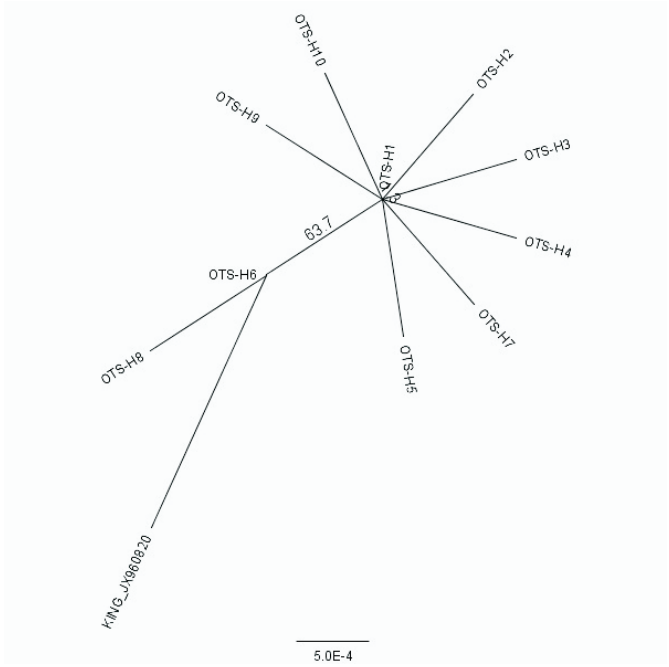


Рис. 1. Бескорневое филогенетическое древо последовательностей гена цитохрома b чавычи

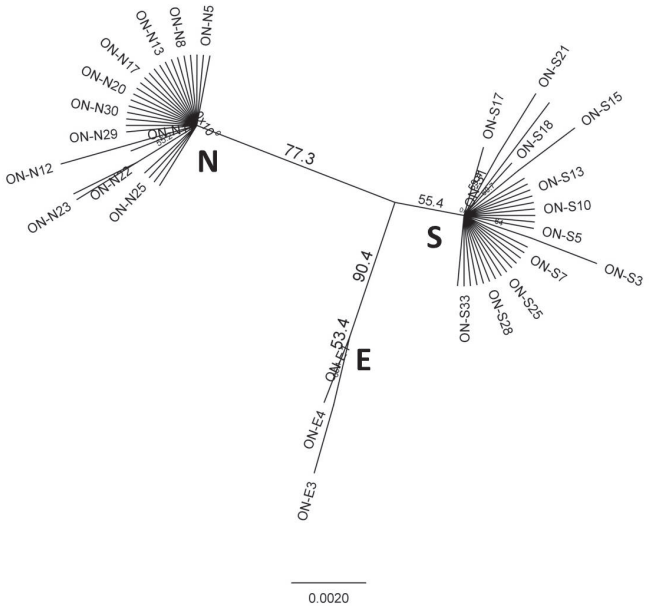


Рис. 3. Бескорневое филогенетическое древо последовательностей гена цитохрома b нерки. Буквами обозначены клады гаплотипов

Горбуша. В результате секвенирования нуклеотидной последовательности фрагмента гена цитохрома b горбуши длиной 1018 пар нуклеотидов в 60 выборках горбуши (1873 особи) было выявлено 112 гаплотипов (рис. 5). При этом в 24 выборках (720 особей) четных лет нереста количество гаплотипов составило 73, в то время как в 36 выборках нечетных лет (1153 особи) — 56 (табл. 1). В пределах совокупности исследованных образцов был выявлен ряд массовых гаплотипов, которые присутствовали в обеих линиях горбуши в значительном количестве, в то время как некоторые массовые гаплотипы встречаются только в одной из линий (иногда за единичными исключениями) (рис. 6). Количество уникальных гаплотипов, выявленных у 1–2 особей, заметно выше в линии четных лет нереста. Гаплотипическое разнообразие горбуши из Азии и Бристольского залива существенно превышало таковое для горбуши к югу от залива Аляска, что было отмечено для обоих поколений. В то же время «четная» горбуша Южных Курил по уровню полиморфизма и составу гаплотипов была сходна с азиатской горбушей, а «нечет-

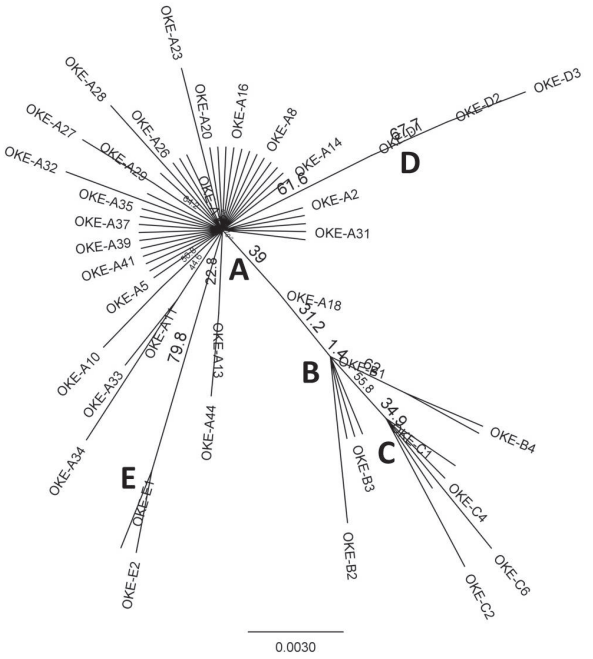


Рис. 4. Бескорневое филогенетическое древо последовательностей гена цитохрома b кеты. Буквами обозначены клады гаплотипов

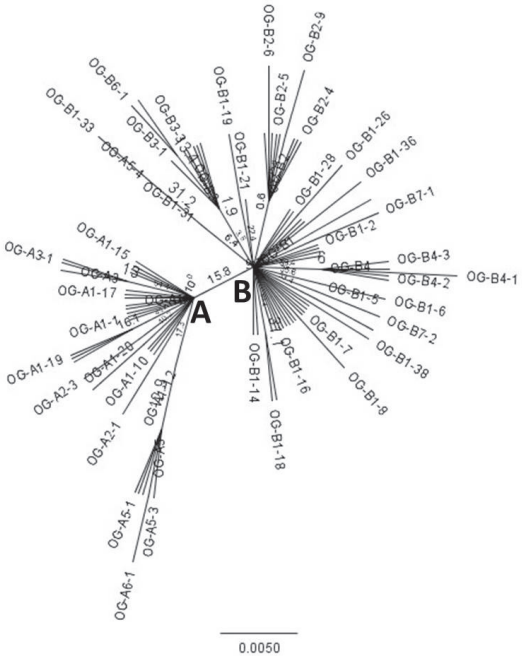


Рис. 5. Бескорневое филогенетическое древо последовательностей гена цитохрома b горбуши

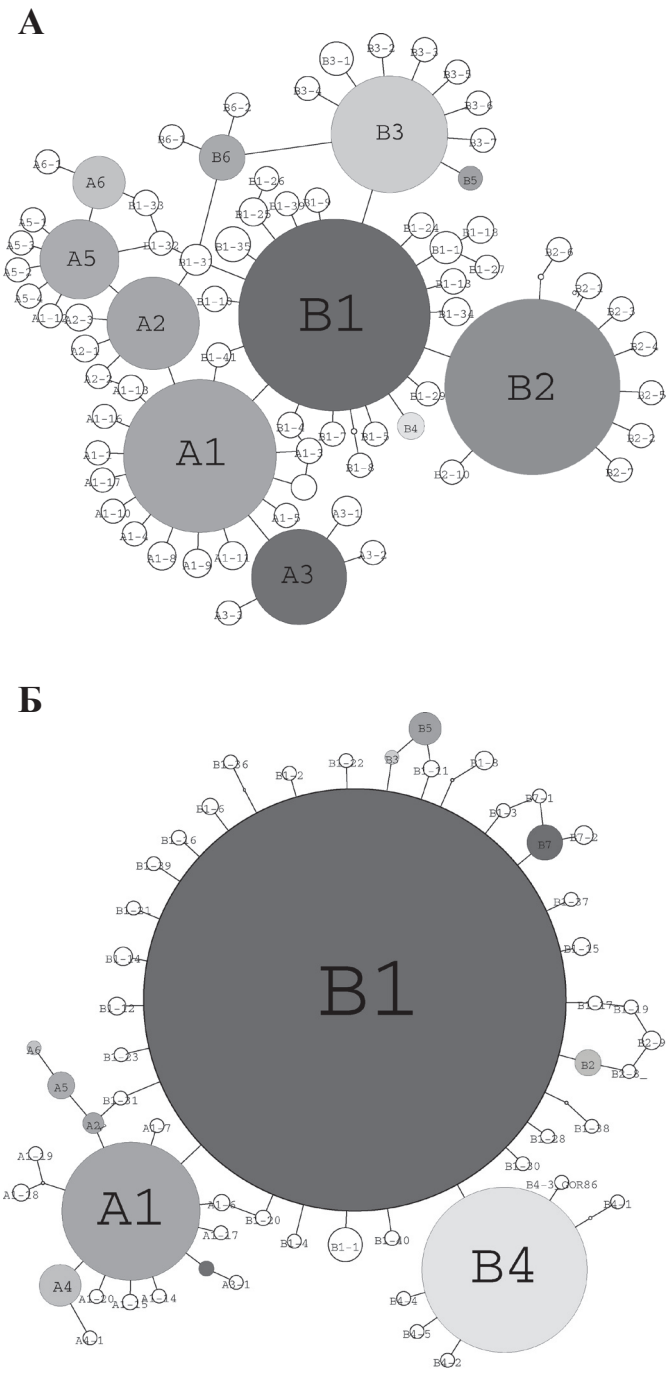


Рис. 6. Сеть митохондриальных гаплотипов горбуши четных (А) и нечетных (Б) лет нереста. Одни и те же гаплотипы показаны одинаковым цветом

ная» — с горбушей из южной части американского ареала.

Представленное исследование представляет собой первую попытку обобщить полученные в течение ряда лет данные секвенирования гена цитохрома b мтДНК тихоокеанских лососей. Наиболее полные сведения были получены для трех видов — нерки, горбуши и кеты, причем для первых двух были охвачены их ареалы практически полностью.

Для нерки и кижуча было показано существование двух основных гаплогрупп, различающихся четырьмя и пятью нуклеотидными заменами соответственно. Третья гаплогруппа у нерки была обнаружена только на юге североамериканской части ареала. Весьма вероятно, что подобная картина характерна и для кижуча, на что указывают исследования генетического полиморфизма в популяциях американского побережья (Smith et al., 2001).

Ареал кеты на азиатском побережье Тихого океана простирается южнее, чем у двух вышеупомянутых видов. Гаплотипический состав в популяциях Южного Приморья существенно отличается от такового из прочих регионов, что может служить доказательством преимущественного заселения этого района кетой, принадлежащей к другой филогруппе, отличной от доминирующей в других частях ареала. Данная гипотеза была сформулирована ранее (Маляр, Брыков, 2016) по результатам сравнительных исследований кеты и тайменя Приморья и Сахалина.

В двух линиях горбуши (четных и нечетных лет нереста) был выявлен принципиально различающийся состав гаплотипов. Как было показано ранее (Churikov, Gharrett, 2002), современная генетическая структура горбуши отражает расселение дивергировавших ранее линий горбуши по современному ареалу после Висконсинского оледенения. Полученные данные по пространственному распределению гаплотипов подтверждают независимое распространение горбуши из одних и тех же рефугиумов в каждой из линий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволили исследовать гаплотипическое разнообразие тихоокеанских лососей и проследить распределение гаплотипов по ареалам. Однако для детального изучения общей эволюционной истории данного комплекса видов требуется выполнение дополнительных статистической обработки и филогенетических построений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Маляр В.В., Брыков В.А. 2016. Генетическая изменчивость у анадромных рыб кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) и сахалинского тайменя *Parahucho perryi* (Brevoort, 1856) из Северо-Западной Пацифики как отражение осцилляций палеоклимата // Биология моря. Т. 42. № 4. С. 289–299.

Радченко О.А. 2004. Изменчивость нуклеотидных последовательностей гена цитохрома b митохондриальной ДНК гольцов рода *Salvelinu*s // Генетика. Т. 40. № 3. С. 322–333.

Хрусталева А.М. 2016. Филогеография азиатской нерки *Oncorhynchus nerka* по данным изменчивости митохондриальных локусов ОНП: анализ сценариев послеледникового расселения вида на азиатском побережье Тихого океана // Изв. ТИНРО. Т. 186. С. 93–106.

Avise J.C., Arnold J., Ball R.M., Bermingham E., Lamb T., Neigel J.E., Reeb C.A., Saunders N.C. 1987. Intraspecific phylogeography: the mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics // Ann. Rev. Ecol. Syst. V. 18. P. 489–522.

Behnke R.J. 1972. The systematics of salmonid fishes of recently glaciated lakes // J. Fish. Res. Bd. Can.V. 29. P. 639–671.

Bernatchez L. 2004. Ecological theory of adaptive radiation. In: Hendry AP, Stearns SC, editors. Evolution illuminated: salmon and their relatives. NewYork: Oxford University Press. P. 175–207.

Bickham J.W., Wood C.C., Patton J.C. 1995. Biogeographic implications of cytochrome b sequences and allozymes in Sockeye (*Oncorhynchus nerka*). J. Heredity V. 86. P. 140–144.

Churikov D., Gharrett A.J. 2002. Comparative phylogeography of the two pink salmon broodlines: an analysis based on a mitochondrial DNA genealogy // Molecular Ecology. V. 11. P. 1077–1101.

Clement M., Posada D., Crandall K.A. 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies // Molecular Ecology. V. 9. P. 1657–1659.

Crespi B.J., Fulton M.J. 2004. Molecular systematics of Salmonidae: combinednuclear data yields a robust phylogeny // Mol. Phyl. Evol. V. 31. P. 658–679.

Crête-Lafreniere A., Weir L.K., Bernatchez L. 2012. Framing the salmonidae family phylogenetic portrait: a more complete picture from increased taxon sampling // PLoS ONE. V. 7. P. 646–662.

Ivanova N.V., deWaard J., Hebert P.D.N. 2006. An inexpensive, automation-friendly protocol for recovering high-quality DNA // Molecular Ecology Notes. V. 6. P. 998–1002.

Kearse M., Moir R., Wilson A., Stones-Havas S., Cheung M., Sturrock S., Buxton S., Cooper A., Markowitz S., Duran C., Thierer T., Ashton B., Mentjies P., Drummond A. 2012. Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data // Bioinformatics. V. 28. P. 1647–1649.

Norden C.R. 1961. Comparative osteology of representative salmonid fishes,with particular reference to the grayling (*Thymallus arcticus*) and its phylogeny // J .Fish. Res. Bd. Can. V. 18. P. 679–791.

Phillips R.B., Rab P. 2001. Chromosome evolution in the Salmonidae (Pisces): an update // Biol. Rev V. 76. P. 1–25.

Smith C.T., Nelson R.J., Wood C.C., Koop B.F. 2001. Glacial biogeography of North American coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Molecular Ecology. V. 10. P. 2775–2785.

Stearley R.F., Smith G.R. 1993. Phylogeny of the Pacific trouts and salmons (*Oncorhynchus*) and genera of the family Salmonidae // Trans. Am. Fish. Soc. V. 122. P. 1–33.

Templeton A.R., Crandall K.A., Sing C.F. 1992. A cladistic analysis of phenotypic associations with haplotypes inferred from restriction endonuclease mapping and DNA sequence data. III. Cladogram estimation // Genetics. V. 132. P. 619–633.

Yoon M., Sato S., Seeb J.E., Brykov V., Seeb L.W., Varnavskaya N.V., Wilmot R.L., Jin D.H., Urawa S., Urano A., Abe S. 2008. Mitochondrial DNA variation and genetic population structure of chum salmon *Oncorhynchus keta* around the Pacific Rim // J. Fish Biol. V. 73. P. 1256–1266.

Yu J.N., Azuma N., Yoon M., Brykov M., Urawa S., Nagata M., Jin D.-H., Abe S. 2010. Population genetic structure and phylogeography of masu salmon (*Oncorhynchus masou masou*) inferred from mitochondrial and microsatellite DNA analyses // Zool. Sci. V. 27. P. 375–385.

УДК 597-154

ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* МАТЕРИКОВОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО МОРЯ

С.Л. Марченко

Советник, к. б. н.; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17
Тел.: (499) 264-93-87. E-mail: slm@vniro.ru

КЕТА, ПОПУЛЯЦИЯ, СТАДО, ТЕМПОРАЛЬНЫЕ ГРУППИРОВКИ

В работе обобщены многолетние материалы по кете материкового побережья Охотского моря, отражающие межгодовую динамику численности и изменение биологических показателей на протяжении нерестовой миграции. В ходе исследований было показано, что географическая структура кеты материкового побережья Охотского моря представлена семью локальными стадами, а ее темпоральная структура — тремя расами. Впервые описаны темпоральные группировки, совершающие миграцию в июне и в сентябре.

POPULATION STRUCTURE OF CHUM SALMON *ONCORHYNHUS KETA* OF THE SEA OF OKHOTSK CONTINENTAL COAST

S.L. Marchenko

Councillor, Ph. D. (Biology); Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography
107140, Moscow, V. Krasnoselskaya, 17
Tel.: (499) 264-93-87 E-mail: slm@vniro.ru

CHUM SALMON, POPULATION, STOCK, TEMPORAL GROUPS

Long term data illustrating interannual population dynamics and variety of biological patterns of chum salmon on the continental coast of the Sea of Okhotsk during its spawning migration are generalized in this work. The research has it demonstrated that geographical structure of chum salmon in the continental coast of the Sea of Okhotsk consists of seven local stocks, and the temporal structure – of three races. The temporal groups, migrating for spawning in June and September, are described for the first time.

Изначальные представления об темпоральных группировках кеты материкового побережья Охотского моря были даны Л.С. Бергом (1932). По его мнению, в регионе воспроизводится летняя раса кеты, у которой нет ходов, обособленных длительным перерывом. В более поздних публикациях было сделано предположение о возможности существования летней и осенней форм у кеты материкового побережья Охотского моря (Правдин, 1940; Костарев, 1970), и в начале 1980-х гг. видным исследователем кеты В.В. Волобуевым для р. Тауй были описаны ранняя и поздняя форма (Волобуев, 1983, 1984, 1986, 1990). Первая мигрирует на нерест в бассейн р. Кава (приток р. Тауй тундрового типа) в июне–июле, вторая занимает нерестилища, расположенные в р. Челомджа (приток р. Тауй горного типа). В дальнейшем темпоральная неоднородность североохотоморской кеты была подтверждена как В.В. Волобуевым (Волобуев и др., 1990, 1992), так и другими исследователями (Бачевская, 1983, 1990, 1992, 2002; Викторовский и др., 1986; Медников и др., 1988; Макоедов, Бачевская, 1992; Макоедов, 1999).

Первое разделение кеты материкового побережья Охотского моря на локальные стада было сделано В.К. Клоковым (1975, 1976). В качестве критерия он использовал данные о динамике численности и биологических признаков. Им были выделены четыре локальных стада кеты: пареньское, гижигинское, ямское и тауйское. Развитие этого направления позволило сделать вывод, что корректнее говорить не о пареньском, а о пенжинском локальном стаде, и, кроме того, было показано существование на материковом побережье еще нескольких локальных стад кеты: охотского и удского (Волобуев, Волобуев, 2000; Волобуев, Марченко, 2011), а также ульбано-искинского (Кульбачный, 2010).

Целью исследования является представление современной схемы темпоральной и географической структуры кеты материкового побережья Охотского моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основой для настоящей работы стали материалы по кете материкового побережья Охотского моря, собранные в 1945–2014 гг. сотрудниками МагаданНИРО, Охотскрыбвода, Охотской лаборатории Хабаровского филиала ТИНРО-Центра и Охотского территориального управления Росрыболовства, сведенные в формат электронных баз данных С.Л. Марченко.

Биологические данные собирались на протяжении большей части нерестового хода кеты в реки с периодичностью 4–5 дней. Во время разреженной миграции отлов рыб проводили при помощи ставных сетей, в период рунного хода — при помощи закидных неводов. Объем пробы составлял до 100 экз.

Морфометрический анализ проводили по схеме, предложенной И.Ф. Правдиным (1966). Для анализа отбирались рыбы без брачного наряда. Минимальный объем выборки составлял 25 экз. Промеры выполняли при помощи штангенциркуля с точностью ±0,1 мм. Для нивелирования размерной, половой и преднерестовой изменчивости экстерьерные признаки были трансформированы в индексы Хаксли (Huxley, 1932):

$$M_H = M_i \left(\frac{\overline{A}}{A_i} \right)^b ,$$

где M_H — значение индекса Хаксли; M_i — значение исходного признака данной особи; $\bar{A}$ — средняя длина тушки (OD) в группе; A_i — длина тушки данной особи; b — коэффициент аллометрии признака в группе, вычисленный по уравнению регрессии $\ln M_i = b \cdot \ln A_0$.

Общая численность подходов оценивалась как сумма рыб, учтенных на нерестилищах и добытых промыслом. Учет численности кеты, пропущенной в реки на нерест, с 1966 г. выполнялся аэровизуальным методом. Сведения об ее вылове получены из архива МагаданНИРО и дополнены материалами Охотскрыбвода и Охотского территориального управления Росрыболовства. Данные о динамике нерестовой миграции кеты собирались как самостоятельно, так и в рыболовецких бригадах.

Статистическая обработка материалов выполнена С.Л. Марченко с применением оригинальных процедур, написанных на VBA для MS Excel в соответствии с рекомендациями Н.А. Плохинского (1990). Обобщение материалов проведено в MS Excel, кластерный и дискриминантный анализы — в статистическом пакете Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Темпоральная структура

Нерестовая миграция кеты в реки материкового побережья Охотского моря очень растянута. Согласно данным промысловой статистики, в реки материкового побережья Охотского моря она начинает заходить уже в конце июня, а заканчивается ее ход в сентябре (табл. 1).

Исследования, проведенные в 2012–2014 гг. в верховьях р. Кава (р. Тауй), показали, что производители кеты уже в конце мая – начале июня находятся на нерестилищах, расположенных на удалении свыше 180 км от устья р. Тауй, а со слов жителей пос. Балаганного, расположенного в устье р. Тауй, гонцов кеты они ежегодно в начале мая отлавливают короткими сетями, выставляемыми в промоины во льду.

По экологии воспроизводства тихоокеанских лососей, первыми на нерест проходят самцы. Обобщение многолетних материалов показало, что кривая, отражающая динамику их относительной численности в р. Тауй, имеет несколько переломов (рис. 1). Один из них, который приходится на конец июля – начало августа, и был описан В.В. Волобуевым (1983) как смена в подходах кеты ранней и поздней форм.

Сходная с р. Тауй динамика численности самцов кеты отмечена и в других реках материкового побе-

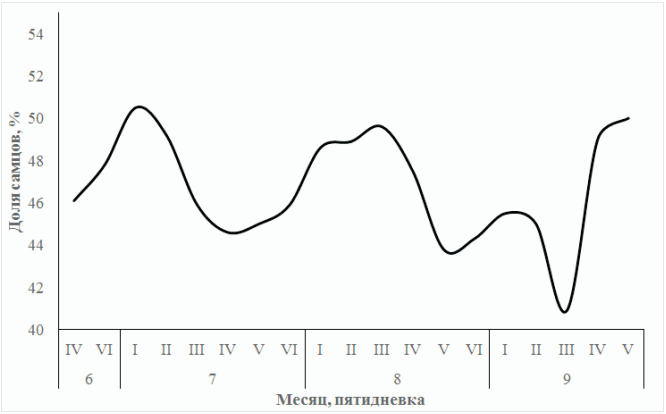


Рис. 1. Динамика относительной численности самцов на протяжении нерестовой миграции кеты в р. Тауй в 1960–2014 гг.

Таблица 1. Динамика анадромной миграции кеты в реки материкового побережья Охотского моря в 1959–2014 гг., %

Река	Месяц, пятидневка																				
	Июнь		Июль						Август						Сентябрь						Октябрь
	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	I
Гижига	ед.	ед.	ед.	0,4	1,8	9,2	12,7	11,9	10,5	11,5	15,4	13,6	3,7	2,3	1,7	4,0	1,3	ед.	ед.	ед.	ед.
Наяхан	–	–	1,1	0,5	1,6	2,4	4,1	11,3	14,0	13,1	18,7	11,5	12,1	5,8	1,3	1,7	0,8	–	–	–	–
Туманы	–	–	0,2	3,4	1,9	7,5	8,5	11,0	10,4	7,7	6,8	10,5	13,9	8,5	5,3	4,4	–	–	–	–	–
Яма	–	–	–	0,1	3,4	4,1	6,4	15,7	12,7	18,9	19,1	7,9	3,6	4,9	1,9	1,2	0,1	–	–	–	–
Тауй	0,2	3,9	11,9	4,7	8,7	7,2	4,0	3,5	10,2	6,2	8,2	13,0	2,6	14,7	1,0	ед.	ед.	ед.	ед.	ед.	ед.
Кухтуй	–	–	–	–	–	0,1	0,6	1,2	28,7	37,6	11,5	1,5	7,6	9,6	0,7	0,2	0,4	0,3	ед.	ед.	ед.

режья Охотского моря (рис. 2). Так, у кеты р. Гижига, также как и у кеты р. Тауй, есть темпоральная группировка, совершающая миграцию в июне. Отметим, что у гижигинской кеты во II пятидневке июня доля самцов в подходах составляла 93,8%, что говорит о начале ее миграции в реку.

Проявление темпоральных форм на протяжении нерестовой миграции напрямую зависит от их численности. Например, поздняя форма (в понимании В.В. Волобуева (1983)) у кеты р. Гижига относительно малочисленная, и на кривых динамики относительной численности самцов просматривается слабо, тогда как у кеты р. Кухтуй она составляет основу нерестовой миграции (рис. 2).

Темпоральные группировки кеты, совершающие миграции в реки материкового побережья Охотского моря в июне и в сентябре, в литературе не описаны. Вероятно, по срокам хода и по нересту на ключевых нерестилищах июньская кета является аналогом весенней кеты, воспроизводящейся в реках Камчатки (Абрамов, 1948; Николаева, Овчинников, 1988; Макоедов, Овчинников, 1992; Заварина, 1994; Овчинников, Макоедов, 1994; Николаева и др., 1995; Кузищин и др., 2010), а сентябрьская — аналогом амурской осенней кеты (Берг, 1932, 1948, 1953).

На протяжении нерестовой миграции кеты в реки материкового побережья Охотского моря изменение доли самцов синхронизовано с изменением ее экстерьера (рис. 3). Применение морфометрического анализа для разделения темпоральных группировок показало достаточно высокую чувствительность и надежность этого метода исследований. Экологические формы кеты различаются нерестовыми биотопами, поэтому основной вклад в их дискриминацию вносят признаки, формирующиеся под влиянием температуры (длина основания спинного и анального плавников), глубины (наибольшая высота спинного и анального плавников, длина грудных плавников, наибольшая высота тела) и скорости течения на нерестилищах (ширина лба).

Из выявленных темпоральных группировок кеты наименьшими размерами характеризуется осенняя раса, а наиболее крупной является летняя (ранняя и поздняя) раса. Здесь необходимо отметить, что в большинстве исследованных рек ранняя форма летней расы либо крупнее, либо имеет такие же линейно-весовые показатели, как и поздняя форма летней расы, и только в р. Тауй она всегда существенно мельче поздней формы летней расы. Весенняя и осенняя расы характеризуются наименьшей плодовитостью. Кроме того, обращает на себя внимание, что на протяжении нерестовой миграции в пределах темпоральных групп наблюдается снижение возраста полового созревания: в начале хода основу формируют рыбы, созревающие, в основном, в возрасте 4+, а конце — в возрасте 3+ (табл. 2).

Темпоральная подразделенность кеты южной части материкового побережья Охотского моря была описана С.Е. Кульбачным (2010): для кеты р. Тугур им выделены летняя и осенняя расы.

Географическая структура

В литературе не удалось найти ни одного анализа динамики численности подходов кеты в реки материкового побережья статистическими методами, направленного на выявление локальных стад. Для восполнения этого пробела был проведен кластерный анализ динамики подходов кеты в 16 рек побережья,

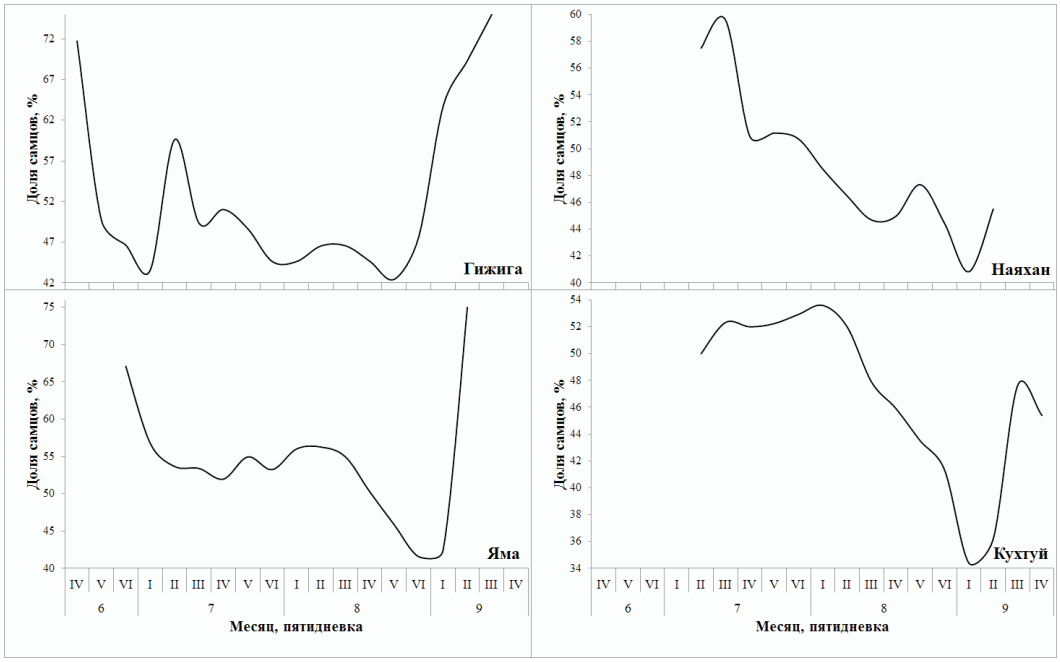


Рис. 2. Динамика относительной численности самцов на протяжении нерестовой миграции кеты в основные реки материкового побережья (обобщенные многолетние данные за 1945–2014 гг.)

для которых есть протяженные ряды наблюдений, позволяющие оценить численность поколений. В результате кластерного анализа была построена дендрограмма (рис. 4А), которая в соответствии с данными, приведенными на рис. 4Б, распадается на три кластера, объединяющих, соответственно, реки зал. Шелихова, Тауйской губы и Охотского района. Полученная схема локальных стад кеты отличается от схемы, описанной нами в работе В.В. Волобуева и С.Л. Марченко (2011). Причиной объединения гижигинского и ямского стада в общий кластер является отсутствие протяженных рядов наблюдений по динамике численности поколений кеты для рек, расположенных на отрезке побережья от р. Широкой до р. Яма, что не дает нам весомых оснований для отказа от ранее разработанной схемы, в которой реки гижигинского и ямского стад являются самостоятельными географическими единицами.

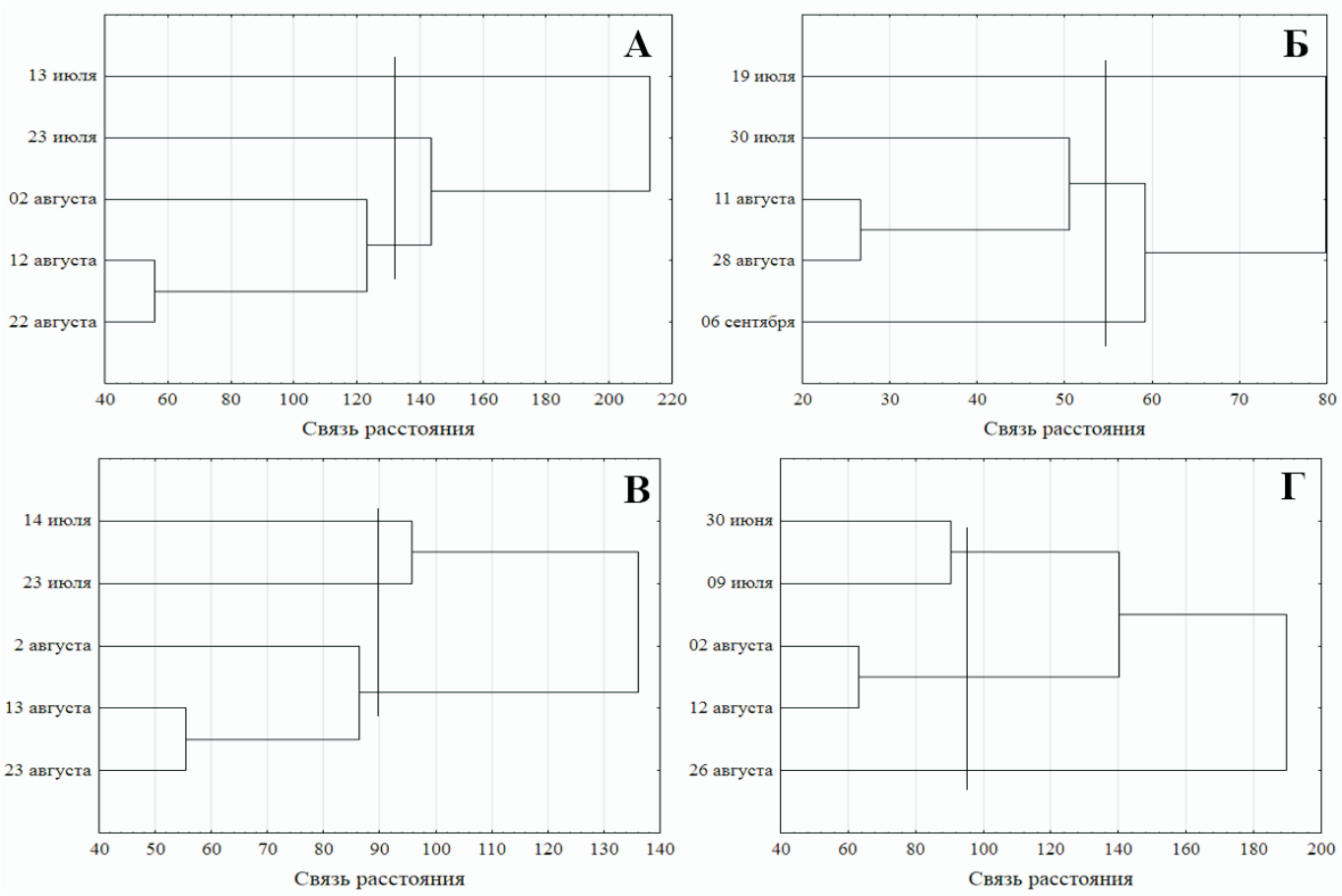


Рис. 3. Дендрограмма сходства морфометрических выборок кеты разных сроков хода в реки Гижига (А), Туманы (Б), Яма (В) и Тауй (Г), построенная по значениям расстояний Махаланобиса непарно-групповым методом (UPGMA)

Таблица 2. Биологическая характеристика темпоральных группировок кеты материкового побережья Охотского моря в 1959–2014 гг.

Река	Темпоральная группа	Длина тела по Смитту, см			Масса тела, кг			ИП, икр.	Возрастной состав, %				
		самцы	самки	оба пола	самцы	самки	оба пола		2+	3+	4+	5+	6+
Гижига	весенняя	65,3	63,0	64,2	3,32	2,92	3,13	2502	–	9,2	84,3	6,5	–
	летняя ранняя	66,8	64,0	65,3	3,88	3,32	3,59	2720	0,2	29,0	66,7	4,1	ед.
	летняя поздняя	66,1	63,5	64,7	3,84	3,28	3,54	2668	3,9	51,3	42,5	2,3	ед.
Наяхан	летняя ранняя	65,7	63,2	64,5	3,70	3,25	3,48	2705	0,2	20,1	65,9	13,7	0,1
	летняя поздняя	64,3	62,2	63,1	3,53	3,14	3,32	2546	2,8	51,5	41,0	4,6	0,1
	осенняя	64,9	62,1	63,3	3,38	2,98	3,15	2939	4,2	54,2	41,2	0,4	–
Яма	весенняя	67,2	63,5	66,0	3,58	2,92	3,37	1862	–	2,5	84,8	11,4	1,3
	летняя ранняя	67,8	64,4	66,2	3,99	3,35	3,69	2553	8,2	15,7	60,3	15,5	0,3
	летняя поздняя	67,0	63,8	65,4	3,95	3,32	3,64	2654	8,5	46,6	40,3	4,5	0,1
	осенняя	65,0	61,7	63,1	3,56	3,09	3,29	2676	4,8	68,6	25,9	0,7	–
Тауй	весенняя	63,6	60,1	61,8	3,32	2,71	3,00	2402	0,6	25,0	56,3	16,2	1,9
	летняя ранняя	64,6	60,8	62,6	3,59	2,87	3,21	2450	0,6	30,9	57,9	10,3	0,3
	летняя поздняя	66,5	63,0	64,6	4,21	3,46	3,81	2528	2,6	50,1	43,8	3,4	0,1
	осенняя	65,1	62,1	63,4	3,78	3,18	3,46	2503	9,6	61,0	27,4	2,0	–
Кухтуй	летняя ранняя	65,1	62,4	63,8	4,07	3,41	3,76	2667	0,9	30,9	58,8	9,3	0,1
	летняя поздняя	65,3	62,4	63,8	4,08	3,42	3,74	2693	4,2	55,7	38,5	1,6	–
	осенняя	62,6	60,5	61,2	3,40	3,01	3,15	2487	29,2	57,0	13,4	0,4	–

Примечание: ИП — индивидуальная плодовитость

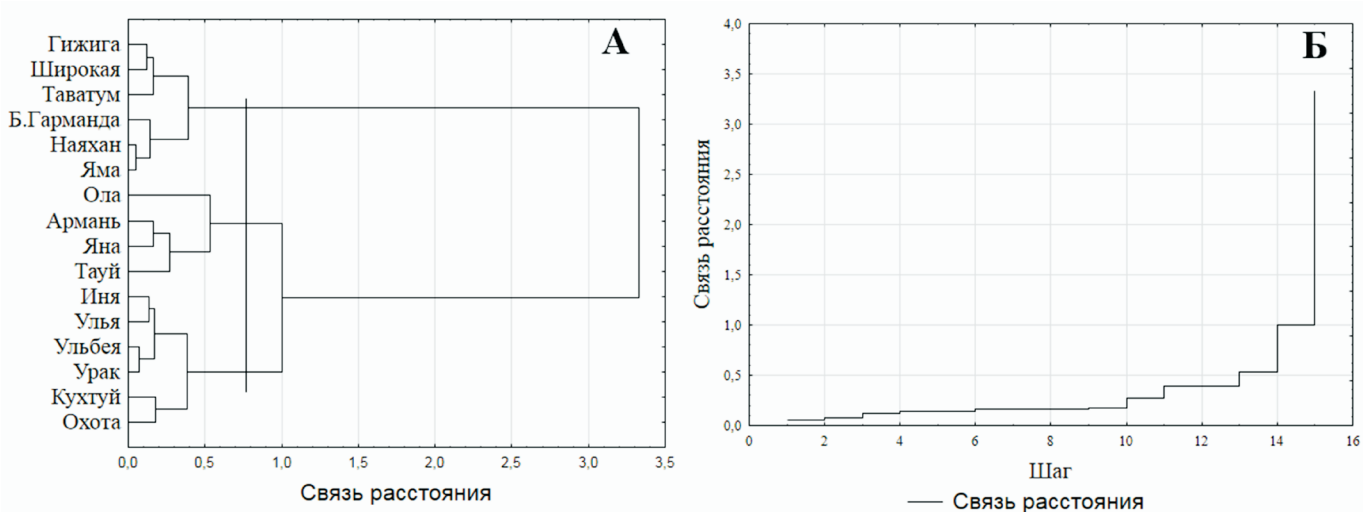


Рис. 4. Дендрограмма рек материкового побережья Охотского моря, построенная непарно-групповым методом (UPGMA) по численности поколений кеты в 1966–2014 гг. (А), и график объединения (Б)

Восточная граница удского стада кеты приводится в работе С.Е. Кульбачного (2010) (где он удское стадо именует как аяно-тугурское). Там же он описывает границы ульбано-искинского локального стада, в которое входят реки на отрезке побережья от рек заливов Ульбанского и Николая до рек Сахалинского залива (материковое побережье) включительно. По данным исследователя, эти стада приурочены к разным гидрогеологическим бассейнам и различаются сроками и направлением миграции кеты в нерестовые реки (например, в водотоки, входящие в состав удского стада, кета подходит с северо-востока, а в реки ульбано-искинского стада — с юго-востока).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог изложенному, отметим более сложную темпоральную структуру кеты материкового побережья, чем считалось ранее. Она представлена тремя расами: весенней, летней и осенней, при этом летняя раса подразделяется на две формы (хода) — раннюю и позднюю. Географическая структура кеты остается без изменений и состоит из семи локальных стад: пенжинского, гижигинского, ямского, тауйского, охотского, удского и ульбано-искинского.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Автор выражает свою искреннюю благодарность сотрудникам МагаданНИРО, Охотскрыбвода, Охотской лаборатории Хабаровского филиала ТИНРО-Центра и Охотского теруправления Росрыболовства, участвовавшим в сборе данных для настоящей работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абрамов В.В. 1948. Осеняя форма кеты на Камчатке // Докл. АН СССР. Т. 63. № 1. С. 89–91.

Бачевская Л.Т. 1983. Генетические различия локальных стад кеты некоторых рек охотоморского побережья // Тез. Докл. XX Всес. симп. «Биологические проблемы Севера». Магадан. Ч. 2. С. 143–144.

Бачевская Л.Т. 1990. Межпопуляционные различия и внутрипопуляционная дифференциация кеты Севера Охотского моря. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток. 17 с.

Бачевская Л.Т. 1992. Генетическая дифференциация кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) североохотоморского побережья и некоторых рек Камчатки // Популяционная биология лососей Северо-Востока Азии. Владивосток: ДВО РАН СССР. С. 42–52.

Бачевская Л.Т. 2002. Популяционно-генетическая структура кеты некоторых рек североохотоморского побережья // Современные проблемы физиологии и экологии морских животных. Ростов н/Д: Биос. РГУ. С. 10–12.

Берг Л.С. 1932. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Часть 1. Л.: ВНИОРХ. 543 с.

Берг Л.С. 1948. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Часть 2. М.-Л.: АН СССР. 466 с.

Берг Л.С. 1953. Яровые и озимые расы у проходных рыб // Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.-Л.: АН СССР. С. 242–260.

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 ее запасов // Биология моря. № 2. С. 51–59.

Волобуев В.В. 1983. О внутривидовой дифференциации кеты р. Тауй (Североохотоморское побережье) // Тез. докл. X Всес. симп. «Биологические проблемы Севера». Ч. 2. С. 155–156.

Волобуев В.В. 1984. Об особенностях размножения кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) (Salmonidae) и экологии ее молоди в бассейне р. Тауй // Вопр. ихтиологии. Т. 24. Вып. 6. С. 953–963.

Волобуев В.В. 1986. О внутривидовой неоднородности кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря // Тез. докл. XI Всес. симп. «Биологические проблемы Севера». Вып. 4. Якутск. С. 22–23.

Волобуев В.В. 1990. Внутривидовая структура и пути формирования популяций кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря // Тез. докл. Междунар. симп. по тихоокеанским лососям. Владивосток. С. 15–17.

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. 510–529.

Волобуев В.В., Марченко С.Л. 2011. Тихоокеанские лососи континентального побережья Охотского моря (биология, популяционная структура, динамика численности, промысел). ФГУП «МагаданНИРО». Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 303 с.

Волобуев В.В., Рогатных А.Ю., Кузищин К.В. 1990. О внутривидовых формах кеты *Oncorhynchus keta* материкового побережья Охотского моря // Вопр. ихтиологии. Т. 30. Вып. 2. С. 221–228.

Волобуев В.В., Рогатных А.Ю., Царев Ю.И., Кузищин К.В. 1992. Морфологическая дифференциация ранней и поздней кеты *Oncorhynchus keta* (Walb.) р. Тауй // Популяционная биология лососей Северо-Востока Азии. Владивосток. С. 72–80.

Заварина Л.О. 1994. Некоторые черты биологии весенней формы кеты реки Камчатки // Матер. V Всерос. совещ. Систематика, биология и биотехника разведения лососевых рыб. СПб.: ГосНИОРХ. С. 66–67.

Клоков В.К. 1975. Популяционная структура и динамика численности кеты северного побережья Охотского моря. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток. ТИНРО. 27 с.

Клоков В.К. 1976. Пространственная структура кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) на северном побережье Охотского моря // Экология и систематика лососевых рыб Л.: ЗИН АН СССР. С. 49–51.

Костарев В.Л. 1970. Промысел охотской кеты // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 71. С. 133–143.

Кузищин К.В., Груздева М.А., Савваитова К.А., Павлов Д.С., Стэнфорд Д.А. 2010. Сезонные расы кеты *Oncorhynchus keta* и их взаимоотношения в реках Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 50. № 2. С. 202–215.

Кульбачный С.Е. 2010. Экология и структура популяций кеты северо-западной части континентального побережья Охотского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 24 с.

Макоедов А.Н. 1999. Кариология, биохимическая генетика и популяционная фенетика лососевых рыб Сибири и Дальнего Востока. М.: УМК «Психология». 301 с.

Макоедов А.Н., Бачевская Л.Т. 1992. Генетические и фенетические особенности кеты разного времени нерестового хода // Биол. моря. № 3–4. С. 62–68.

Макоедов А.Н., Овчинников К.А. 1992. Внутрипопуляционная дифференциация кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) р. Хайрюзовой (охотоморское побережье Камчатки) // Популяционная биология лососей Северо-Востока Азии. Владивосток. С. 53–71.

Медников Б.М., Волобуев В.В., Горшков В.А., Максимов В.А., Савоскул С.П., Царев Ю.И. 1988. Структура нерестовой популяции кеты *Oncorhynchus keta* бассейна реки Тауй (по данным молекулярной гибридизации ДНК) // Вопр. ихтиологии. Т. 28. Вып. 5. С. 724–731.

Николаева Е.Т., Заварина Л.О., Николаева А.А. 1995. Морфологическое описание «весенней» и «летней» кеты *Oncorhynchus keta* р. Камчатки (Камчатка) // Тр. КамчатНИРО. Вып. 3. С. 125–129.

Николаева Е.Т., Овчинников К.А. 1988. О внутривидовой структуре кеты *Oncorhynchus keta* на Камчатке // Вопр. ихтиологии. Т. 28. Вып. 3. С. 493–496.

Овчинников К.А., Макоедов А.Н. 1994. Особенности сезонных группировок кеты северо-западного побережья Камчатки // Систематика, биология и биотехника разведения лососевых рыб. СПб.: Госниорх. С. 142–144.

Плохинский Н.А. 1990. Биометрия. М.: МГУ. 365 с.

Правдин И.Ф. 1940. Обзор исследований дальневосточных лососей // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 18. 107 с.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-ть. 376 с.

Huxley J.S. 1932. Problem of relative growth. New York: Dail Press. 276 p.

УДК 597-154

ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА КИЖУЧА *ONCORHYNCHUS KISUTCH* МАТЕРИКОВОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО МОРЯ

С.Л. Марченко, Д.В. Макаров*

Советник, к. б. н.; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17
Тел.: (499) 264-93-87. E-mail: slm@vniro.ru
**Н. с.; Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии*
685000, Магадан, Портовая, 36/10

КИЖУЧ, ПОПУЛЯЦИЯ, СТАДО, ТЕМПОРАЛЬНЫЕ ГРУППИРОВКИ

В работе впервые приводятся сведения о географической подразделенности кижуча материкового побережья и о наличии у него темпоральных форм.

THE POPULATION STRUCTURE OF COHO SALMON *ONCORHYNHUS KISUTCH* OF THE CONTINENTAL COAST OF THE SEA OF OKHOTSK

S.L. Marchenko, D.V. Makarov*

Councillor, Ph. D. (Biology); Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography
107140, Moscow, V. Krasnoselskaya, 17
Tel.: (499) 264-93-87 E-mail: slm@vniro.ru
**Researcher, Magadan Research Institute of Fisheries and Oceanography*
685000, Magadan, Portovaya, 36/10

COHO SALMON, POPULATION, STOCK, TEMPORAL GROUPS

Data on geographical differentiation of coho salmon of the continental coast of the Sea of Okhotsk and evidence of seasonal forms are provided for the first time.

Популяционная структура кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря изучена слабо. Например, его географическая подразделенность не разрабатывалась, а эколого-темпоральная структура по современным представлениям состоит только из одной расы — летней (Таболин, Марченко, 2001; Волобуев, Марченко, 2011; Марченко и др., 2013).

Одна раса, но осенняя, известна для кижуча Северных Курильских о-вов (Ведищева, 2004), а для кижуча, воспроизводящегося в реках Камчатки и Сахалина, описаны и летняя, и осенняя расы (Грибанов, 1948; Зорбиди, 1970, 1975, 1978, 1983, 1990; 2010; Смирнов, 1975; Жульков, 1978; Ковтун, 1994; Мешкова и др., 2004). На Камчатке летний кижуч заходит в реки с конца июля по октябрь и для нереста занимает притоки рек, осенний — мигрирует с конца сентября по январь и нерестится в основном русле рек. Кижуч осенней расы крупнее летнего и имеет бóльшую плодовитость, а их смена в нерестовых реках на протяжении миграции прослеживается по резкому увеличению коэффициента зрелости самцов, что объяснятся более высоким гонадо-соматическим индексом (ГСИ) самцов в начале хода (Зорбиди и др., 2006).

Целью исследования является представление современной схемы темпоральной и географической структуры кижуча материкового побережья Охотского моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основой для настоящей работы стали материалы по кижучу за 1961–2014 гг., собранные авторами, а также сотрудниками МагаданНИРО, Охотскрыбвода, Охотской лаборатории Хабаровского филиала ТИНРО-Центра и Охотского территориального управления Росрыболовства, и сведенные в формат электронных баз данных С.Л. Марченко.

Биологические данные собирались на протяжении нерестового хода кижуча в реки с периодичностью 4–5 дней. Во время разреженной миграции отлов рыб проводили при помощи ставных сетей, в период рунного хода — при помощи закидных неводов. Объем пробы составлял до 100 экз.

Общая численность подходов оценивалась как сумма рыб, учтенных на нерестилищах и добытых промыслом. Учет численности кижуча, пропущенного в реки на нерест, с 1978 г. выполнялся аэровизуальным методом. Сведения о его вылове получены из архива МагаданНИРО и дополнены материалами Охотскрыбвода и Охотского территориального управления Росрыболовства. Данные о динамике нерестовой миграции кижуча собирались как самостоятельно, так и в рыболовецких бригадах.

Статистическая обработка материалов выполнена С.Л. Марченко с применением оригинальных процедур, написанных на VBA для MS Excel в соответствии с рекомендациями Н.А. Плохинского (1990). Обобщение материалов проведено в MS Excel, построение карт — в ArcGIS, кластерный анализ — в статистическом пакете Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В реках материкового побережья гонцы кижуча появляются в середине июля, но его массовый ход начинается не ранее начала – середины августа и продолжается до начала – середины сентября (табл. 1). В дальнейшем интенсивность его миграции резко сокращается, но отдельные группы и пары производителей проходят на нерест до конца декабря – января включительно.

Если рассматривать гонадо-соматический индекс и долю самцов как индикаторы хода темпоральных группировок, как это, например, делает Ж.Х. Зорбиди с соавторами (2006), то обращает на себя внимание синхронность изменения этих показателей в парах рек Яма и Ола, а также Яна и Кухтуй. В первой паре перелом в доле самцов происходит в начале, а во второй паре — в середине сентября. Но наиболее рельефно изменения в показателях–индикаторах прослеживаются у кижуча р. Кухтуй (рис. 1).

В начале миграции кижуча в реки Яма, Ола и Яна наблюдается увеличение доли самцов и их ГСИ. Это позволяет предположить наличие у летней расы, как минимум, двух экотипов (форм). Ранняя форма — малочисленная, она заходит в реки до середины августа и затем сменяется поздней формой. Существование экотипов обусловлено различиями в условиях воспроизводства. О подразделении рас камчатского кижуча на экотипы (формы) сообщала Ж.Х. Зорбиди с соавторами (2006). Такое подразделение известно и для других лососей, например, для кеты (Бирман, 1977) и для горбуши (Марченко, 2004).

Из-за пресса промысла в условиях летней межени ранний экотип летней расы кижуча в реках материкового побережья Охотского моря практически потерял промысловое значение. Наиболее сильно в этом отношении пострадал кижуч рек Яма и Ола: начало его нерестового хода в период с 1990 по 2014 гг. сместилось с первых чисел на середину августа, а улов

Таблица 1. Динамика нерестового хода кижуча в реки материкового побережья в 1999–2016 гг.

Река	Месяц, пятидневка										
	Август						Сентябрь				
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V
Яма	ед.	ед.	0,6	9,6	17,9	20,1	25,8	19,1	6,9	–	–
Ола	0,1	0,5	2,8	19,9	15,2	27,4	30,8	3,3	–	–	–
Яна	–	0,4	1,1	3,6	23,7	40,8	21,8	8,3	0,3	–	–
Тауй	–	–	6,4	31,9	51,1	10,6	–	–	–	–	–
Кухтуй	0,6	2,9	8,3	12,3	25,0	23,4	13,1	9,1	3,8	1,0	0,5

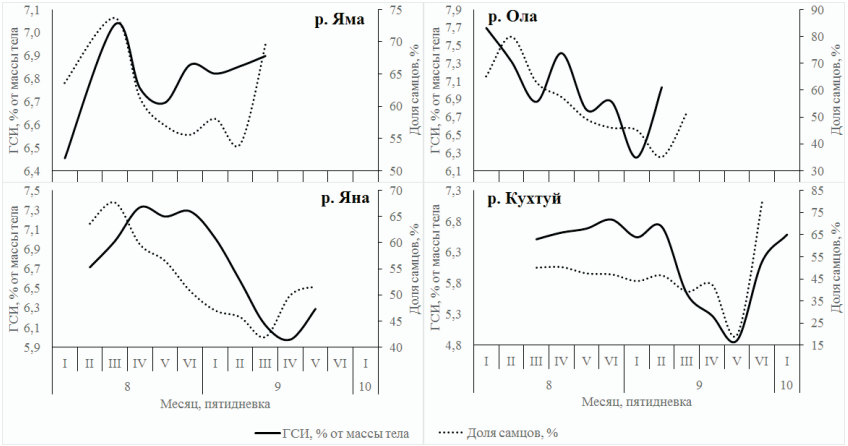


Рис. 1. Обобщенная динамика ГСИ и доли самцов кижуча рек Яма, Ола, Яна и Кухтуй за 1961–2014 гг.

на замет закидного невода снизился с нескольких сотен до отдельных рыб. Сохранению позднего экотипа летней расы, по-видимому, способствовали паводки, которые ежегодно наблюдаются в реках в конце августа – начале сентября.

В р. Кухтуй в подходах кижуча преобладают рыбы с одним годом речного нагула. Его осенняя раса всегда крупнее летней и имеет наибольшую плодовитость. У кижуча остальных исследованных рек материкового побережья наиболее крупные особи относятся к позднему экотипу летней расы. Для него же характерна наибольшая плодовитость. Кроме того, у кижуча рек Яма, Ола и Яна самки или крупнее самцов, или имеют одинаковые с ними линейно-весовые показатели (табл. 2). На протяжении хода у летней расы кижуча наблюдается увеличение линейно-весовых показателей. Аналогичная динамика описана для летней расы камчатского кижуча (Зорбиди, 1974).

Между темпоральными группами кижуча, проходящими на нерест в реки материкового побережья, Камчатки и Сахалина, нет разрыва, который наблюдается, например, во время хода летней и осенней рас амурской кеты, но смена рас кижуча и в исследованных реках материкового побережья, и в реках Камчатки (Зорбиди и др., 2006) проходит в одни сроки.

Выделение локальных стад у кижуча материкового побережья Охотского моря осложняется тем, что исторически он учитывался в относительно небольшом количестве водоемов, а рек, имеющих непрерывные ряды наблюдений, всего пять: Яма, Ола, Тауй, Кухтуй и Охота́ (рис. 2). Кластерный анализ объединил нерестовые водоемы в две группы: в первую вошли реки Ола и Тауй, впадающие в Тауйскую губу, во вторую — реки Яма, Кухтуй и Охота, относящиеся к разным географическим районам материкового побережья, находящимся на расстоянии более 200 км: р. Яма впадает в зал. Переволочный (Ямская губа, зал. Шелихова), а реки Кухтуй и Охота — в Охотское море. Исходя из географического расположения рек, можно с определенной долей уверенности говорить о наличии на материковом побережье Охотского моря трех локальных стад кижуча: ямского (р. Яма), тауйского (реки Ола и Тауй) и охотского (реки Кухтуй и Охота).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на многолетнюю историю исследований, кижуч материкового побережья остается слабо изученным. Проведенное исследование показало, что он так же, как и кижуч других районов воспроизводства, имеет в своей структуре и темпоральные группировки, и географические единицы.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам МагаданНИРО, Охотскрыбвода, Охотской лаборатории Хабаровского филиала ТИНРО-Центра и Охотского теруправления Росрыболовства за сбор и представление данных для настоящей работы.

Таблица 2. Биологическая характеристика эколого-темпоральных группировок кижуча материкового побережья Охотского моря

Река	Раса	Экотип	Длина тела по Смитту, см			Масса тела, кг			ИП,	Возрастной состав, %		
			самцы	самки	оба пола	самцы	самки	оба пола	икр.	1.1	2.1	3.1
Яма	летняя	ранний	64,8	64,8	64,8	3,56	3,57	3,57	4635	15,5	80,1	4,4
		поздний	64,8	65,9	65,2	3,79	3,97	3,85	5295	23,4	73,0	3,6
Ола	осенняя		62,4	65,2	63,3	3,20	3,67	3,34	4448	27,3	66,6	6,1
	летняя	ранний	63,1	64,8	63,9	3,32	3,53	3,42	4448	39,6	57,0	3,4
		поздний	63,9	65,9	64,6	3,47	3,77	3,58	4658	46,0	52,7	1,3
Яна	осенняя		60,0	62,6	61,6	2,67	3,07	2,92	4297	20,1	79,9	–
	летняя	ранний	65,0	65,4	65,2	3,74	3,82	3,78	4713	21,8	75,4	2,8
		поздний	66,6	67,2	66,8	4,20	4,23	4,21	5103	13,8	73,5	12,7
Кухтуй	осенняя		62,0	61,7	61,8	2,92	3,01	2,97	3836	40,4	59,6	–
	летняя		66,4	65,2	65,7	4,26	4,08	4,16	4852	69,2	30,5	0,3
	осенняя		69,2	66,3	68,0	4,96	4,38	4,71	4978	90,2	9,8	–

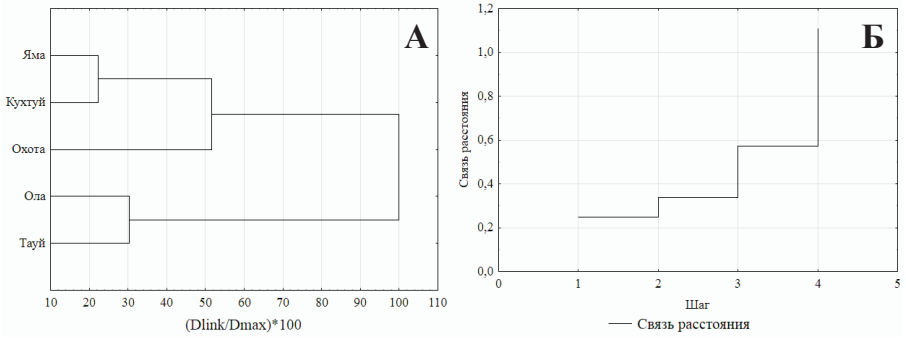


Рис. 2. Дендрограмма рек материкового побережья Охотского моря, построенная непарно-групповым методом (UPGMA) по численности подходов поколений кижуча в 1978–2014 гг. (А) и график объединения рек (Б)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бирман И.Б. 1977. О внутрипопуляционных группировках амурской осенней кеты *Oncorhynchus keta* (Walb.) // Вопр. ихтиологии. Т. 17. Вып. 5 (106). С. 879–889.

Ведищева Е.В. 2004. Особенности биологии и возможности промыслового использования лососей рода *Oncorhynchus* северных Курильских островов. Дис. … канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 25 с.

Волобуев В.В., Марченко С.Л. 2011. Тихоокеанские лососи континентального побережья Охотского моря (биология, популяционная структура, динамика численности, промысел). ФГУП «МагаданНИРО». Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 303 с.

Грибанов В.И. 1948. Кижуч (*Oncorhynchus kisutch* (Walb.)) (биологический очерк) // Изв. ТИНРО. Т. 28. С. 43–101.

Жульков А.И. 1978. Биологические особенности кижуча острова Сахалин. Биология лососевых // Тез. докл. Междунар. четырехстор. совещ. (СССР, США, Канада, Япония). Владивосток. С. 40–42.

Зорбиди Ж.Х. 1970. О динамике стада кижуча // Изв. ТИНРО. Т. 78. С. 61–72.

Зорбиди Ж.Х. 1974. Динамика численности камчатского кижуча *Oncorhynchus kisutch* и экология его молоди в пресных водах. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО. 25 с.

Зорбиди Ж.Х. 1975. Биологические показатели и численность камчатского кижуча // Тр. ВНИРО. Т. 106. С. 34–42.

Зорбиди Ж.Х. 1978. Определение локальных стад кижуча (*Oncorhynchus kisutch* Walb.) в море по структуре чешуи // Изв. ТИНРО. Т. 102. С. 76–83.

Зорбиди Ж.Х. 1983. Популяционная структура кижуча Камчатки // Тез. докл. X Всес. симп. «Биологические проблемы Севера». Магадан. Ч. 2. С. 179.

Зорбиди Ж.Х. 1990. Сезонные расы у кижуча *Oncorhynchus kisutch* // Вопр. ихтиологии. Т. 30. Вып. 1. С. 31–40.

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

Зорбиди Ж.Х., Толстяк Т.И., Маслов А.В. 2006. Характеристика внутривидовых форм азиатского кижуча *Oncorhynchus kisutch* Walbaum (Salmonidae) // Тр. КамчатНИРО. 2006. Вып. 8. С. 126–141.

Ковтун А.А. 1994. Промыслово-биологическая характеристика кижуча бассейна р. Тымь. (северо-восточное побережье Сахалина) // Систематика, биология и биотехника разведения лососевых рыб. Матер. V Всес. совещ. СПб. С. 103–105.

Марченко С.Л. 2004. Особенности биологии и популяционная структура горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) северного побережья Охотского моря. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 24 с.

Марченко С.Л., Волобуев В.В., Макаров Д.В. 2013. Биологическая структура кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. № 29. С. 70–83.

Мешкова М.Г., Смирнов Б.П., Введенская Т.Л., Зорбиди Ж.Х. 2004. Особенности биологии кижуча *Oncorhynchus kisutch* Walbaum (Salmonidae) озера Большой Вилюй // Тр. КамчатНИРО. Вып. 7. С. 171–180.

Плохинский Н.А. 1990. Биометрия. М.: МГУ. 365 с.

Смирнов А.И. 1975. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. М.: МГУ. 334 с.

Таболин А.П., Марченко С.Л. 2001. Состояние запасов и биология кижуча *Oncorhynchus kisutch* материкового побережья Охотского // Сб. науч. тр. МагаданНИРО. Вып. 1. С. 159–166.

УДК 597.553.2

ТЕМПОРАЛЬНЫЕ ГРУППИРОВКИ У ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ РЕКИ БОЛЬШОЙ (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)

О.М. Запорожец, Г.В. Запорожец, Ж.Х. Зорбиди

Вед. н. с., д. б. н.; вед. н. с., к. б. н.; к. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: zaporozhets.o.m@kamniro.ru, zaporozhets.g.v@kamniro.ru

ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ, ТЕМПОРАЛЬНЫЕ ГРУППИРОВКИ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Выделены темпоральные группировки производителей тихоокеанских лососей в бассейне р. Большой, определены ориентировочные границы их нерестового хода на основе анализа динамики встречаемости в устьевых уловах и изменения коэффициента зрелости. Проведены статистические сравнения размеров, массы, плодовитости, пресноводного, морского и суммарного возраста возврата рыб. Показаны достоверные различия по ряду параметров между выделенными группами.

TEMPORAL GROUPS OF SPAWNING PACIFIC SALMON IN THE BOLSHAYA RIVER, WEST KAMCHATKA

O.M. Zaporozhets, G.V. Zaporozhets, Zh.H. Zorbidi

Leading Scientist, Dr. Sc. (Biology); Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Ph. D. (Biology); Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: zaporozhets.o.m@kamniro.ru, zaporozhets.g.v@kamniro.ru

PACIFIC SALMON, TEMPORAL GROUPS, BIOLOGICAL CHARACTERISTICS

Temporal groups of spawning Pacific salmon in the basin of Bolshaya River were figured out, approximate limits of their spawning runs were estimated on the base of analysis of the occurrence frequency dynamics in the river mouth catches and changes of the maturity coefficient. Statistical comparison is made for the body length, weight, fecundity, freshwater, marine and totals ages of the fish in returns. Reliable differences between figured groups are demonstrated on several characteristics.

Темпоральные группировки у тихоокеанских лососей, представляющие отдельные единицы запаса, известны достаточно давно (Берг, 1934; Грибанов, 1948; Смирнов, 1975; и др.). Принципиальная необходимость их изучения для прогнозирования подходов и промысла не вызывает сомнений. Однако конкретные характеристики темпоральных групп в каждом промысловом речном бассейне имеют свою специфику — временной диапазон хода, возрастную и половую структуру и другие биологические параметры.

В бассейне реки Большой воспроизводятся шесть видов тихоокеанских лососей, и для части из них (прежде всего, нерки и кижуча) уже показано наличие темпоральных и экологических группировок (Семко, 1939; Крохин, Крогиус, 1937; Егорова, 1987; Бугаев и др., 2002; Зорбиди, 2010), но достоверные количественные различия между таковыми обнаружены только у нерки (Запорожец и др., 2013). Поэтому нами была предпринята попытка не только обозначить наличие (или отсутствие) отдельных темпоральных группировок тихоокеанских лососей р. Большой, но и сравнить между собой их основные биологические характеристики.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Проанализированы данные по биологическим характеристикам производителей тихоокеанских лососей бассейна Большой, собранные сотрудниками КамчатНИРО и Севвострыбвода в период с 1929 по 2016 гг.: горбуши — 54 305, кеты —

16 709, нерки — 33 640, кижуча — 24 670, чавычи — 11 577 экз. (всего около 130 тыс. рыб).

В ходе дисперсионного анализа данных сравнивали основные характеристики (длину, массу, плодовитость, коэффициент зрелости и возраст) рыб разных темпоральных и экологических групп. Результаты исследований обработаны с помощью программы STATISTICA.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На нерест в р. Большую тихоокеанские лососи заходят обычно в следующем порядке: сначала идет нерка, затем — чавыча, сима, а позже почти одновременно появляются горбуша и кета. Самым поздненерестующим видом является кижуч.

Нерка

В рассматриваемом водном бассейне нерка представлена двумя экологическими формами: озерной (преимущественно из оз. Начикинского и немного из оз. Сокоч) и речной (из отдельных крупных притоков Быстрой, Карымчина, Банной и др.), состоящих, в свою очередь, из ранней (весенней) и поздней (летней) рас (Крохин, Крогиус, 1937; Семко, 1954; Бугаев и др., 2002). Весенняя нерка идет в реку обычно в начале–середине мая и до конца июня, и через небольшое количество дней производителей уже можно видеть на оз. Начикинском; летняя красная идет по реке преимущественно в июле–августе и нерестится до поздней осени (рис. 1).

В среднем ранняя нерка заметно мельче поздней и по размерам и по массе ($p<0,00001$), но если разделить еще по полу и по экологическим группам, то различия достигают достоверного уровня ($p<0,0001$) только у озерных форм (рис. 2), в основном потому, что количество ранней нерки, идентифицированной как «речная», в наших пробах очень невелико (77 экз.). Большая часть ранней нерки — это «озерная» форма, нерестующая, как правило, в притоках оз. Начикинского (рек Прямой, Верхней, Бабьей, Медвежьей и др.).

Плодовитость ранней речной расы (4042±150 экз.) достоверно меньше ($p<0,01$), чем поздней (4709±43 экз.), а у озерной нерки этот параметр недостаточно различается по расам. С другой стороны, у ранней озерной в среднем достоверно дольше ($p<0,02$) длится пресноводный период нагула (1,68±0,03 года), чем у поздней (1,55±0,02 года), а морской — наоборот, короче (2,30±0,03 и 2,54±0,03 года соответственно).

В целом средний возраст возврата на нерест летней нерки (3,85±0,01 г) меньше ($p<0,00001$), чем весенней (4,11±0,01 г).

Чавыча

Для этого вида на американском континенте известно две экологические формы: «речная», уходящая на нерест весной и летом в верховья, и «океаническая», нерестующая обычно осенью в низовьях рек и подходящая к устьям достаточно зрелой. Кроме того, океаническая (осенняя) чавыча скатывается преимущественно сеголетками, а речная — через год и позже, следовательно, пресноводный период у первой короче, чем у второй, а морской — наоборот (Healey,

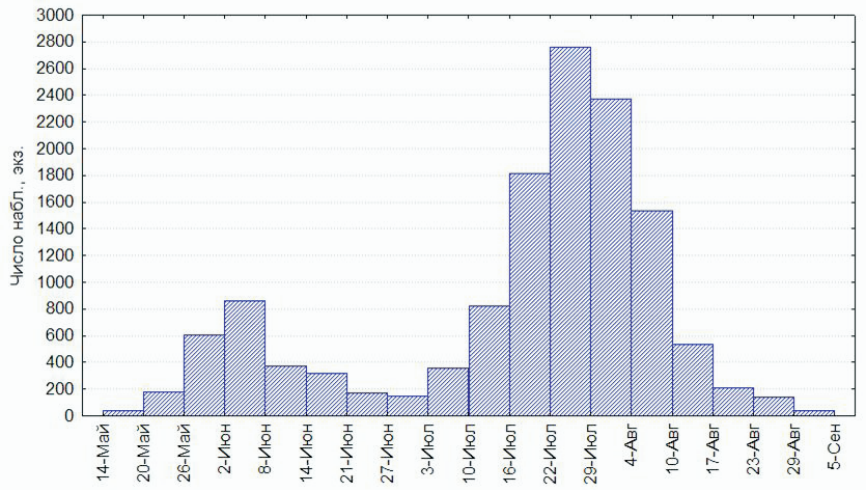


Рис. 1. Динамика встречаемости производителей большерецкой нерки в устьевых исследовательских уловах 1929–2016 гг.

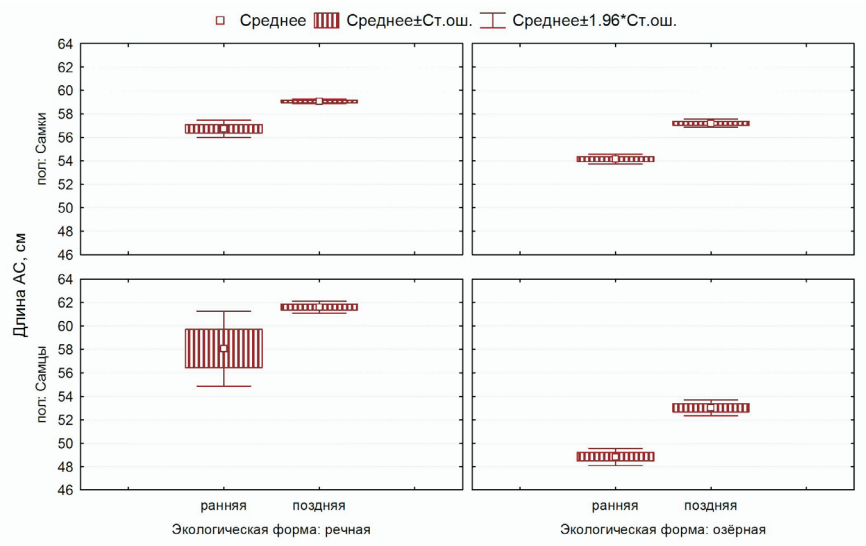


Рис. 2. Сравнение размеров разных форм и рас у большерецкой нерки

1991; Шунтов, Темных, 2008). Считается, что в Азии существует только речная (весенняя форма), но, тем не менее, В.П. Шунтов и О.С. Темных (2008) не исключают возможности существования осенней чавычи и в азиатских водах, основываясь на стабильной, хоть и небольшой, доле сеголеток в скате камчатской чавычи.

Для выделения разных субъединиц хода была построена гистограмма распределения встречаемости производителей этого вида в уловах из низовьев р. Большой (рис. 3, вверху), на которой можно видеть три достаточно хорошо заметные группировки: «весеннюю» (1), «раннюю летнюю» (2) и «позднюю летнюю» (3). Далее, чтобы уточнить временные границы хода групп, построили диаграмму распределения коэффициента зрелости (Кзр) самок и самцов по датам поимки в низовьях реки (рис. 3, внизу).

Граница первой и второй групп — самое начало июня, второй и третьей — середина июля. Обратим внимание, что в эти два момента Кзр самок заметно меняется: с первых чисел июня он быстро растет и еще быстрее падает, а после 14 июля увеличивается скачкообразно практически в 2 раза (примерно от 10 до 20% с лишним). Изменения Кзр самцов гораздо менее заметны.

После выделения предполагаемых темпоральных группировок у большерецкой чавычи, мы выполнили дисперсионный анализ ряда биологических характеристик: длины АС, массы (рис. 4, вверху), плодовитости, пресноводного (рис. 4, внизу) и морского возрастов нагула. Оказалось, что размеры и масса самцов в первой группе достоверно больше других ($p<0,05$ и $p<0,0001$), а поздно идущие на нерест самцы третьей группы минимальны по массе ($p<0,03$).

Самки по этим показателям и плодовитости не различались. Длительность пресноводного возраста была максимальна у самцов и самок «ранней летней» чавычи ($p<0,01$), а морского — «весенней», как и на американском побережье.

Горбуша

Горбуша имеет простую возрастную структуру (практически все особи возвращаются двухлетками) и две независимые линии воспроизводства — четных и нечетных лет (Семко, 1939; Кагановский, 1949). В периоды 1911–1915, 1937–1949, 1957–1983 гг. по численности преобладали нечетные поколения, а в 1916–1936 и 1984–2016 гг. — четные.

По данным 1935–2016 гг., заходы производителей горбуши в реку наблюдали с 20-х чисел июня по начало сентября, и в последние 30 лет этот диапазон сохранялся, причем ход горбуши в четные годы обычно заканчивался позже, чем в нечетные (рис. 5). Кроме того, на гистограмме для нечетных поколений можно условно выделить три модальные группы:

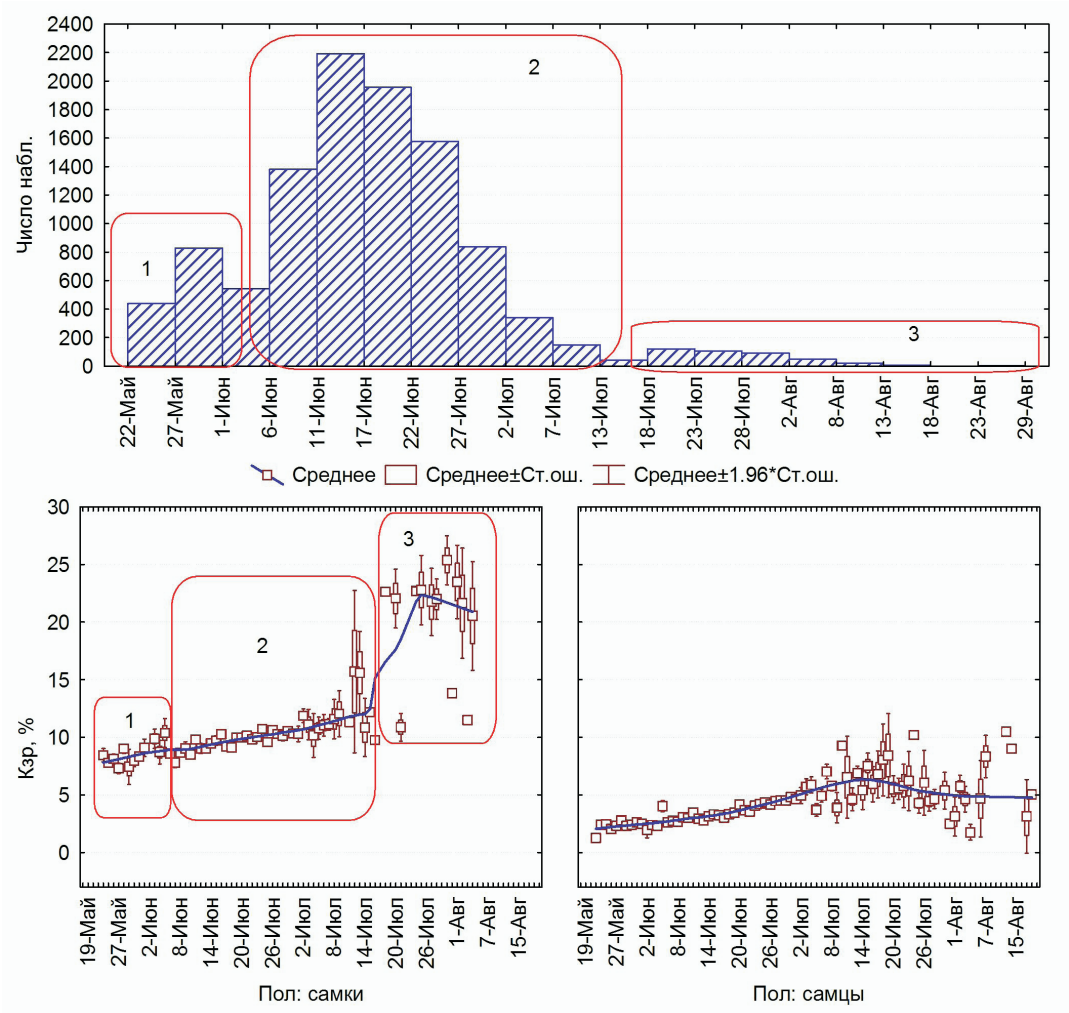


Рис. 3. Динамика встречаемости (вверху) и распределения коэффициента зрелости (внизу) производителей чавычи в исследовательских уловах в низовьях р. Большой в 1973–2016 гг. и выделение темпоральных группировок: 1 — «весенняя», 2 — «ранняя летняя», 3 — «поздняя летняя». Аппроксимация — с помощью робастной регрессии

«раннюю летнюю» (1), «летнюю» (2) и «позднюю летнюю» (3). На гистограмме уловов четных лет тоже можно обнаружить соответствующие группы, но границы провести сложнее.

Если исследовать зависимость коэффициента зрелости гонад горбуши от даты поимки, то можно выделить те же три группы, определив их границы по наиболее заметным прогибам аппроксимирующей

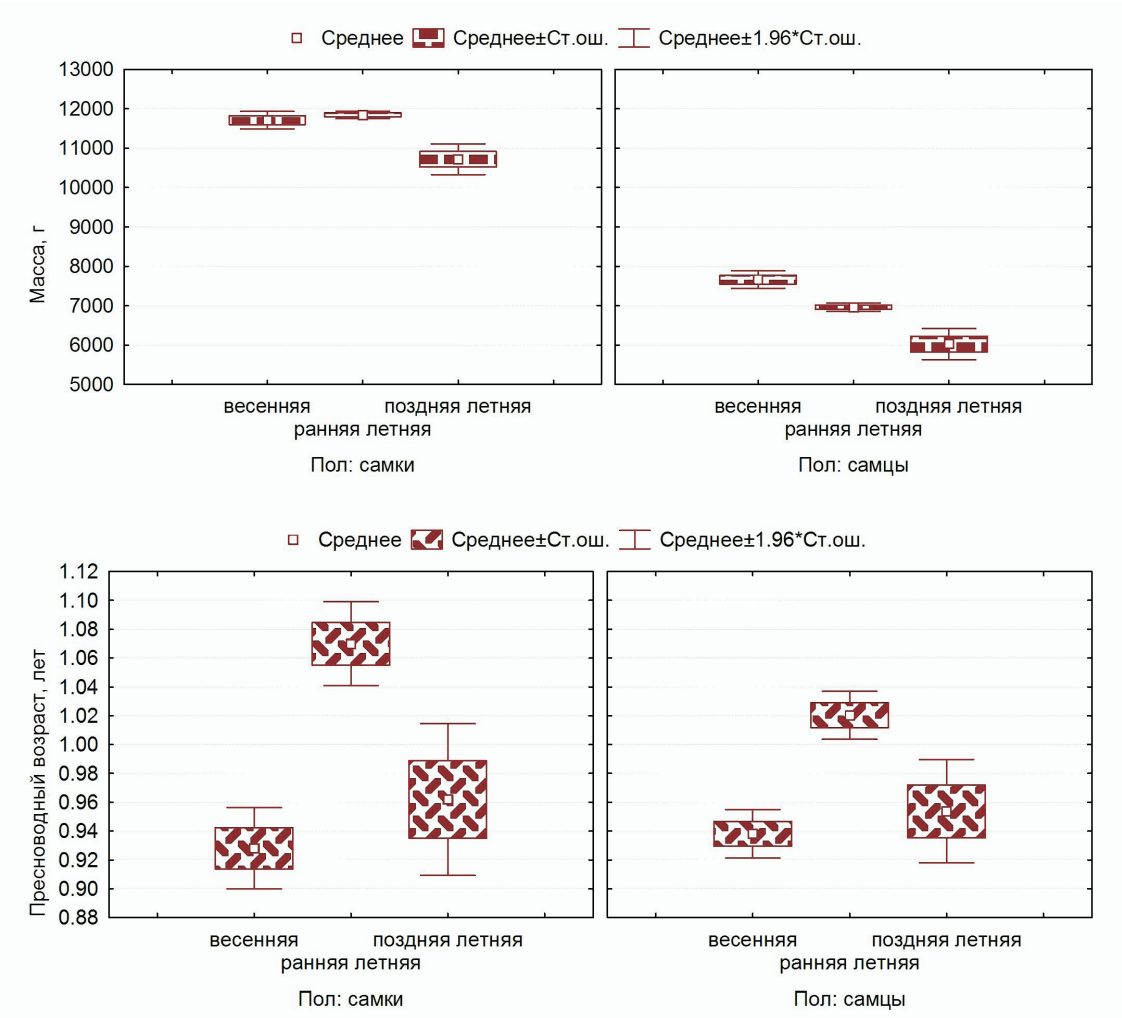


Рис. 4. Сравнение массы (вверху) и пресноводного возраста (внизу) разных темпоральных групп большерецкой чавычи

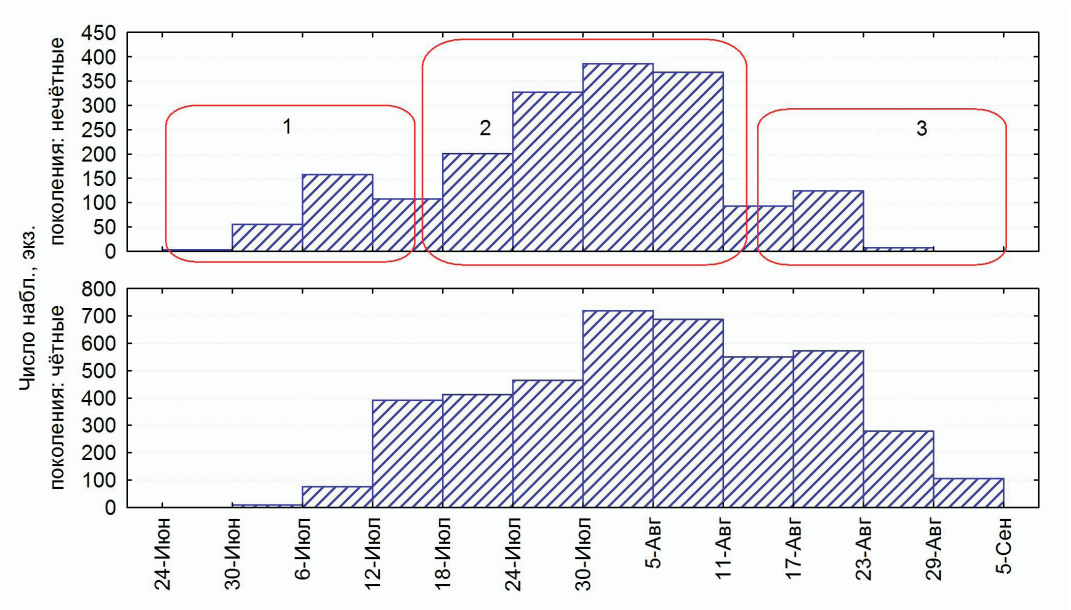


Рис. 5. Динамика встречаемости производителей большерецкой горбуши в устьевых исследовательских уловах 1997–2016 гг. и выделение темпоральных группировок: 1 — «ранняя летняя», 2 — «летняя», 3 — «поздняя летняя»

кривой (робастной регрессией) (рис. 6) — также в середине июля и в середине августа. В то же время аппроксимация данных сплайнами несколько сдвигает границу первой и второй групп ближе к 18 июля (но подтверждает вторую границу).

Далее мы сравнили размеры (рис. 7), массу и плодовитость горбуши из разных групп.

Дисперсионный анализ данных показал, что у самцов из «ранней летней» группы размеры тела достоверно меньше, чем из других — «летней» ($p<0,022$) и «поздней летней» ($p<0,0001$). Это отчасти касается и массы тела: у самцов различаются по этому показателю «ранняя летняя» горбуша с «летней» ($p<0,0001$), а также самки, возвращающиеся в нечетные годы. Кроме того, у последних плодовитость максимальна в «поздней летней» группе ($p<0,01$), а в четные годы — в «ранней летней» ($p<0,03$).

Можно предположить, что выявленные нами различия могут быть связаны с тем, что первая горбуша, заходящая в реку, нерестует в верхних частях бассейна, имеющих, по большей части, горный характер, особенно в годы высокой численности (Семко, 1939), когда ее размеры достоверно меньше, чем в малочисленных поколениях (Запорожец и др., 2013). И наоборот: поздно заходящая горбуша нерестует в низовьях на нерестилищах другого типа — с подрусловым по-

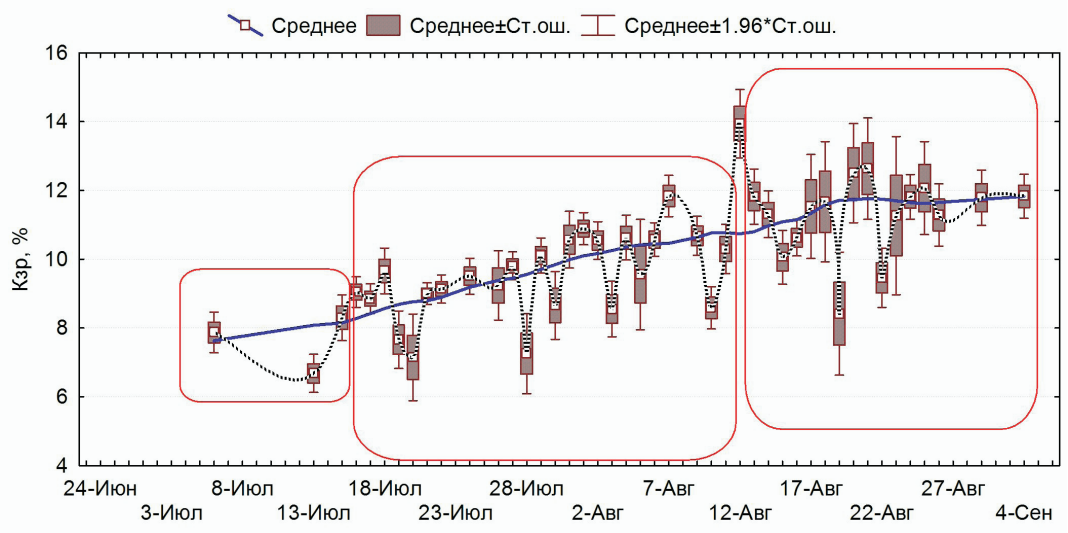


Рис. 6. Динамика коэффициента зрелости (Кзр) большерецкой горбуши в устьевых исследовательских уловах 2008–2013 гг. Сплошная линия — аппроксимация робастной регрессией, пунктирная — сплайнами

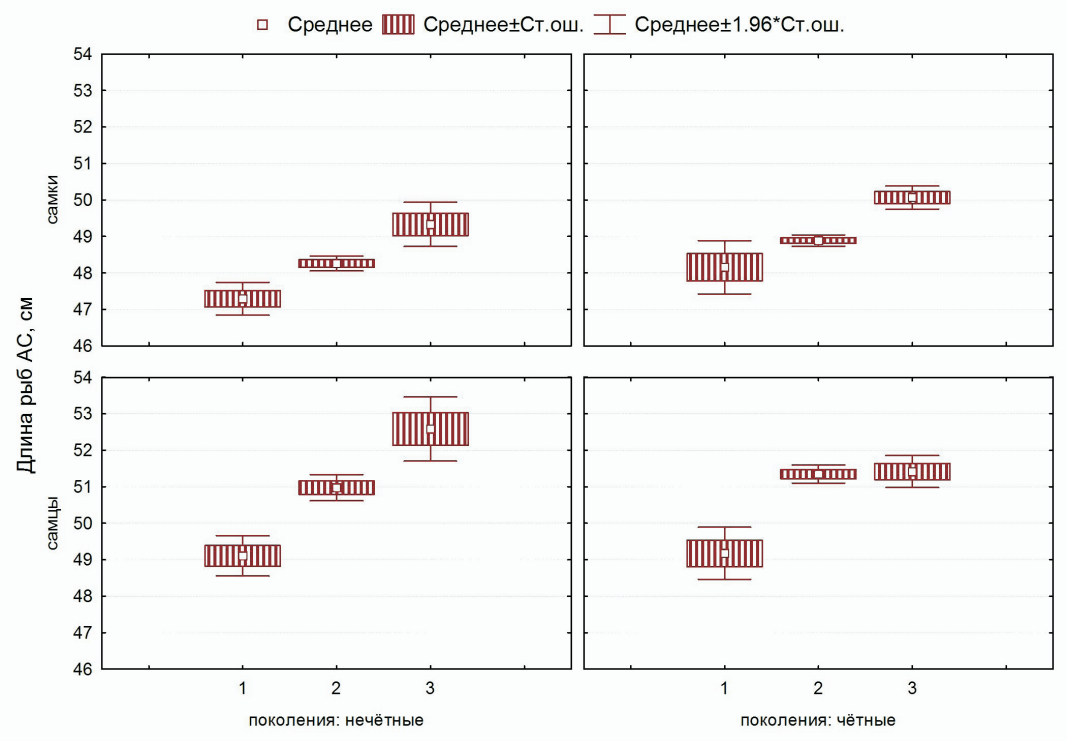


Рис. 7. Сравнение размеров горбуши р. Большой в 2010–2015 гг.

током и медленно текущей водой (Семко, 1939). Мы сами наблюдали сентябрьский ход и поздний нерест горбуши в протоках р. Большой напротив Усть-Большерецка.

Кета

У этого вида давно известно существование нескольких темпоральных группировок, ранние из которых идут в верховья, а поздние нерестуют в низовьях (Заварина, 1995; Шунтов, Темных, 2008; Иванков, Иванкова, 2013), но соответствующих данных по р. Большой мы не обнаружили. Нерестовый ход кеты в низовьях продолжается с 20-х чисел июня по конец сентября, и, построив гистограмму распределения рыб в устьевых исследовательских уловах, мы смогли выделить три темпоральные группы: «раннюю летнюю» (1), «позднюю летнюю» (2) и «осеннюю» (3) (рис. 8). Сравнение биологических характеристик показало, что размеры (рис. 9) и масса производителей раннего хода самые большие, а осеннего — самые маленькие ($p<0,01$). Таково же и распределение возраста возврата по темпоральным группам (1, 2, 3): 4,03±0,11, 3,76±0,01, 3,37±0,03 — у самок ($p<0,001$); и 4,09±0,06, 3,75±0,01, 3,47±0,05 — у самцов ($p<0,02$). Плодовитость максимальна ($p=0,01$) у ранней летней кеты (2639±143 экз.), а у поздней и осенней — не различается (2300±8 и 2316±28 соответственно).

Кижуч

Для большерецкого кижуча наличие двух сезонных группировок было описано ранее (Зорбиди, 2010; Запорожец и др., 2013), однако статистического сравнения показателей не проводили.

Построив гистограмму распределения рыб в устьевых исследовательских уловах, а также коэффициента зрелости по датам хода, мы смогли уточнить границу двух темпоральных групп: «ранней» и «поздней» — в начале третьей декады сентября

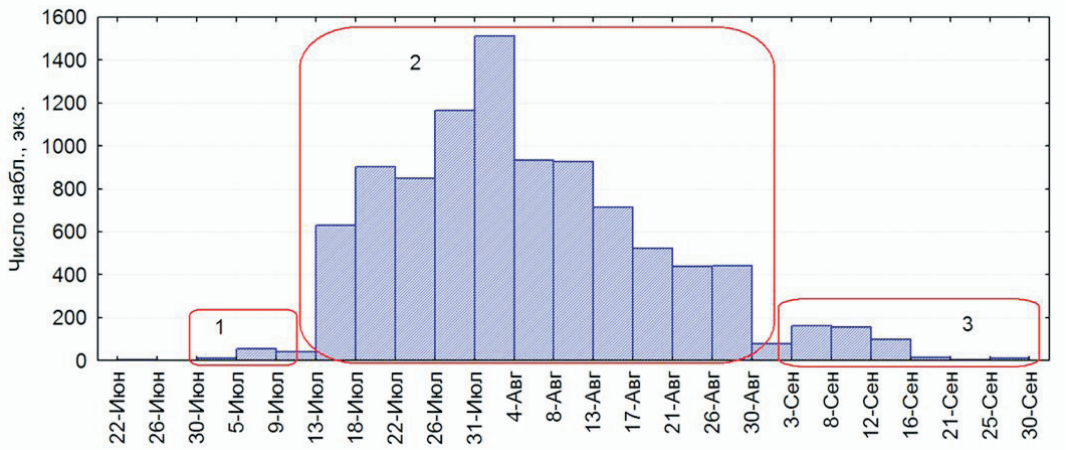


Рис. 8. Динамика встречаемости производителей большерецкой кеты в устьевых исследовательских уловах 1990–2016 гг. и выделение темпоральных группировок: 1 — «ранняя летняя», 2 — «поздняя летняя», 3 — «осенняя»

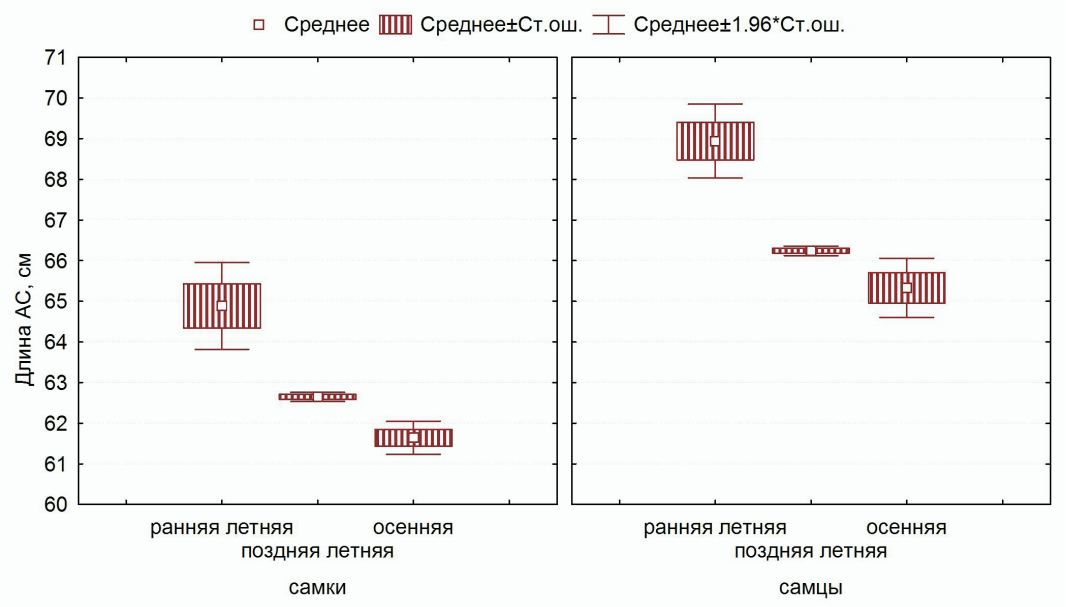


Рис. 9. Сравнение размеров кеты р. Большой в 1990–2016 гг.

(рис. 10). В это время Кзр самок резко растет после заметного падения, а еще больше увеличивается дисперсия показателя, что связано с неоднородностью степени зрелости идущих производителей — арьергарда ранней расы и авангарда поздней. Изменения Кзр самцов, как и у чавычи, менее заметны.

Сравнение биологических характеристик кижуча показало, что «поздние» самки достоверно крупнее по размерам, чем «ранние» ($p<0{,}0001$), и плодовитость их выше ($p<0{,}00001$); масса самцов раннего хода больше, чем позднего ($p<0{,}00001$). Возрастные различия обнаружены только по длительности периода морского нагула самцов: он достоверно короче у поздней расы ($p=0{,}01$). Остальные различия не достигают достоверного уровня значимости.

Кроме прочего, у самцов обеих темпоральных рас кижуча с начала и до конца растут размеры тела. Когда заканчивается ход раннего кижуча и начинается позднего, происходит резкое падение величины этой характеристики, хорошо заметное в конце 2-й – начале 3-й декады сентября. Это, также как и четкое изменение коэффициента зрелости самок, является хорошим доказательством реальности существования этих темпоральных групп.

Сима

Сима, как и другие тихоокеанские лососи, имеет несколько «волн хода» (3–4), связанных, с локальными популяциями отдельных притоков главной реки и выраженных в разной степени. Эти «волны» просматриваются и на гистограмме встречаемости производителей в низовых исследовательских уловах, и на графиках распределения коэффициента зрелости самок и самцов по датам хода, и на аналогичных кривых, аппроксимирующих распределения длины и массы тела. К сожалению, рамки тезисов не позволяют более подробно остановиться на этом объекте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа динамики встречаемости в уловах в низовьях р. Большой и изменения коэффициента зрелости производителей тихоокеанских лососей определены границы нерестового хода различных темпоральных группировок для каждого из шести обитающих там видов: нерки, чавычи, симы, горбуши, кеты и кижуча. Проведены статистические сравнения основных биологических характеристик — размеров, массы, плодовитости, пресноводного, морского и суммарного возраста возврата. Показаны досто-

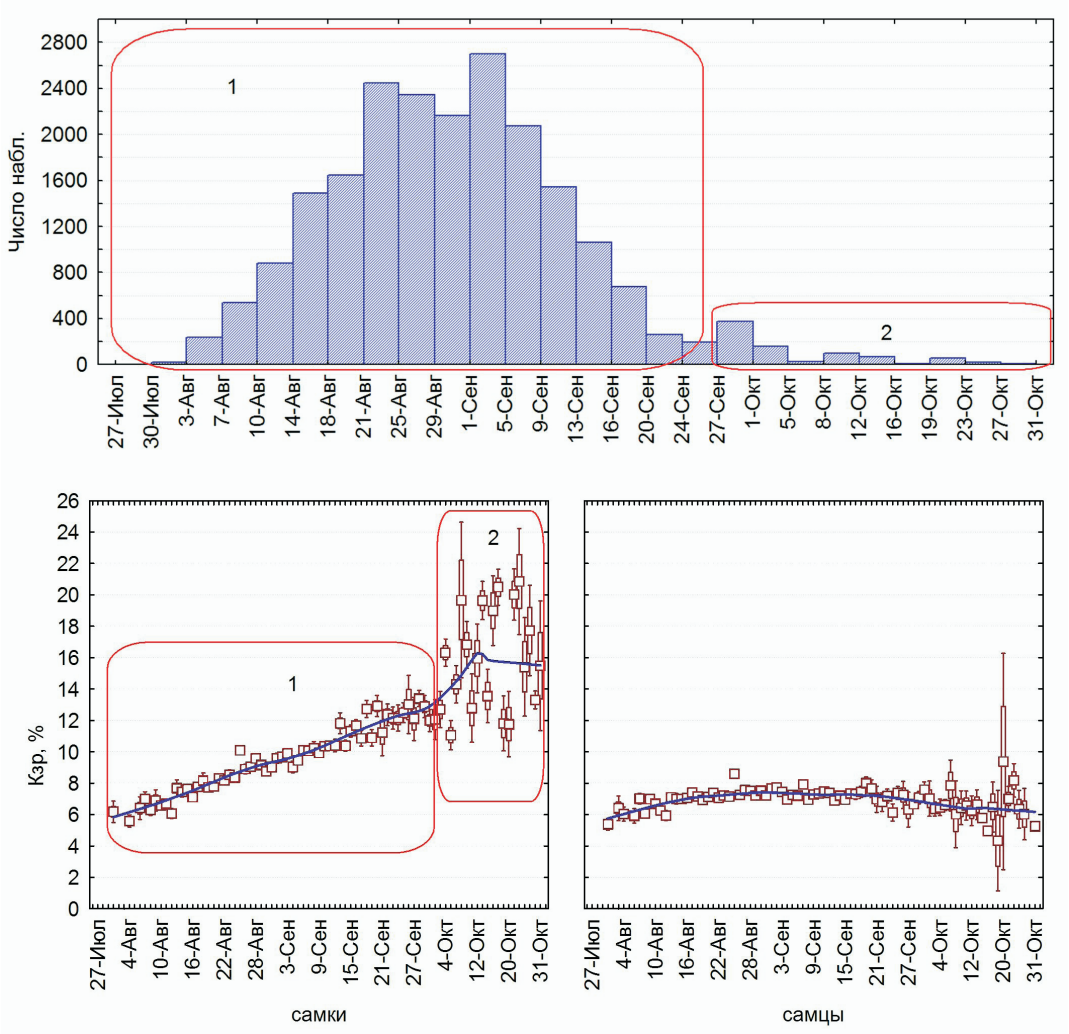


Рис. 10. Динамика встречаемости производителей большерецкого кижуча в низовых исследовательских уловах 1955–2016 гг. (вверху), распределения коэффициента зрелости самок и самцов по датам хода в низовьях реки (внизу) и выделение темпоральных группировок: 1 — «ранняя», 2 — «поздняя». Аппроксимация — с помощью робастной регрессии

верные различия по ряду параметров между выделенными группами, там, где они существуют, исходя из имеющихся данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Берг Л.С. 1934. Яровые и озимые расы у проходных рыб // Изв. АН СССР. № 5. С. 711–732.

Бугаев В.Ф., Остроумов А.Г., Непомнящий Е.Ю., Маслов А.В. 2002. Некоторые особенности биологии нерки *Oncorhynchus nerka* р. Большой (Западная Камчатка) и факторы, влияющие на ее биологические показатели // Изв. ТИНРО. Т. 130. Ч. 2. С. 758–776.

Грибанов В.И. 1948. Кижуч (*Oncorhynchus kisutch*, Walb.) (биологический очерк) // Изв. ТИНРО. Т. 28. С. 45–101.

Егорова Т.В. 1987. Сезонная динамика биологической структуры и численности стада горбуши р. Большой // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Биологические ресурсы камчатского шельфа, их рациональное использование и охрана». Петропавловск-Камчатский: КО ТИНРО. С. 44–45.

Заварина Л.О. 1995. Морфобиологическое описание «весенней» формы кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) бассейна реки Камчатки // Исслед. биологии и динамики численности промысловых рыб западно-камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Вып. 3. С. 120–124.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Зорбиди Ж.Х. 2013. Динамика численности и биологические характеристики тихоокеанских лососей реки Большой (Западная Камчатка) // Изв. ТИНРО. Т. 174. С. 38–67.

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

Иванков В.Н., Иванкова Е.В. 2013. Внутривидовые репродуктивные стратегии у тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* (фундаментальное сходство и видовые различия) // Изв. ТИНРО. № 173. С. 103–118.

Кагановский А.Г. 1949. Некоторые вопросы биологии и динамики численности горбуши // Изв. ТИНРО. Т. 31. С. 3–57.

Крохин Е.М., Крогиус Ф.В. 1937.Очерк бассейна р. Большой и нерестилищ лососевых, расположенных в нем (из работ Камчатского отделения ТИНРО) // Изв. ТИНРО. Т. 9. С. 1–157.

Семко Р.С. 1939. Камчатская горбуша // Изв. ТИНРО. Т. 16. Владивосток. 111 с.

Семко Р.С. 1954. Запасы западнокамчатских лососей и их промысловое использование // Изв. ТИНРО. Т. 41. С. 3–109.

Смирнов А.И. 1975. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. Монография. М.: МГУ. 336 с.

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

Healey M.C. 1991. Life History of Chinook Salmon (*Oncorhynchus tschawytscha*) // Pacific Salmon Life Histories. Vancouver : UBC Press Univ. of British Columbia. P. 313–393.

УДК 575.174; 575.174.015.3; 597.553.2

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA* (WALBAUM, 1792) ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ, МАТЕРИКОВОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО МОРЯ И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

О.А. Пильганчук, Н.Ю. Шпигальская, А.Д. Денисенко

Зав. лаб., к. б. н.; дир., к. б. н.; мл. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: pilganchuk.o.a@kamniro.ru

НЕРКА, ONCORHYNCHUS NERKA, МИКРОСАТЕЛЛИТНАЯ ЯДЕРНАЯ ДНК, ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Исследована изменчивость девяти выборок нерки из нерестовых водоемов западного побережья Камчатки, материкового побережья Охотского моря и Курильских островов по семи микросателлитным локусам (*Ots*107, *Oki*1a, *Oki*1b, *One*104, *One*109, *Ots*G68, *Oki*6). Значения величины межпопуляционной дифференциации (θ_{st}) статистически значимы по всем локусам. В среднем они достигают показателя 6,46%. Использованные генетические маркеры являются эффективным инструментом для проведения дальнейших популяционно-генетических изысканий в данном районе.

DIVERSITY OF THE MICROSATELLITE LOCI OF SOCKEYE SALMON *ONCORHYNCHUS NERKA* (WALBAUM, 1792) OF THE WEST COAST OF KAMCHATKA, CONTINENTAL COAST OF THE SEA OF OKHOTSK AND KURIL ISLANDS

O.A. Pilganchuk, N.Yu. Shpigalskaya, A.D. Denisenko

Head of Lab., Ph. D. (Biology); Director, Ph. D. (Biology); Researcher;
Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: pilganchuk.o.a@kamniro.ru

SOCKEYE SALMON, ONCORHYNCHUS NERKA, MICROSATELLITE NUCLEAR DNA, POPULATION-GENETIC DIVERSITY

Diversity in nine sockeye salmon samples from spawning rivers on the west coast of Kamchatka, continental coast of the Sea of Okhotsk and Kuril Islands was examined on seven microsatellite loci (*Ots*107, *Oki*1a, *Oki*1b, *One*104, *One*109, *Ots*G68, *Oki*6). The values of the interpopulation differentiation (θ_{st}) were statistically significant on all the loci. In the average the values were up to 6,46%. The genetic markers used are an effective tool to provide future population-genetic researches in mentioned area.

Нерка *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) — представитель тихоокеанских лососей, имеющий сложную популяционную структуру. Она относится к проходным моноцикличным видам с ярко выраженным «хомингом» (возвращение на нерест в родные водоемы). Нерка — один из важнейших промысловых объектов в Северной Пацифике, в 2016 году ее вылов на Дальнем Востоке России достиг 50 тыс. т (Шунтов и др., 2017). Сравнительный анализ нерки Охотоморского бассейна, в т. ч. западного побережья Камчатки, материкового побережья Охотского моря и Курильских островов, с применением современных молекулярно-генетических методов расширит знания о популяционно-генетической структуре вида, а результаты могут быть использованы в целях рациональной организации промысла, поддержании популяций в оптимальном состоянии. Цель настоящей работы — оценка генетической дифференциации нерки данного региона на основе изменчивости семи микросателлитных локусов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе проанализировано 9 выборок производителей нерки, отобранных в бассейнах рек и озер западного побережья Камчатки, материкового побережья Охотского моря и Курильских островов (398 экз.) (табл. 1, рис. 1). Тотальную

ДНК выделяли из фиксированных в 96%-м этаноле плавников или сердечной мышцы стандартным способом (Маниатис и др., 1984; Sambrook et al., 1989). Амплификацию проводили с использованием наборов, содержащих 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. ПЦР микросателлитных локусов нерки проводили по ранее описанной для кеты *Oncorhynchus keta* схеме (Афанасьев и др., 2006). В качестве маркера длины фрагментов использовали ДНК плазмиды *pBR*322, обработанную рестриктазой *Hpa*II (ООО «СибЭнзим», РФ).

Таблица 1. Места сбора и объем проанализированного материала при исследовании популяционно-генетической изменчивости нерки западного побережья Камчатки, материкового побережья Охотского моря и Курильских островов

№	Локальность (дата сбора)	Объем выборки, экз.
1	Оз. Курильское (28.07.2010)	47
2	Оз. Курильское (06.08.2010)	50
3	Оз. Курильское (25.08.2010)	50
4	Р. Большая (28.07.2010)	48
5	Оз. Начикинское (21.09.2011)	30
6	Р. Палана (09.07.2014)	48
7	Р. Ола (04.07.2012)	28
8	Р. Охота (23.07.2011)	49
9	Оз. Красивое, о. Итуруп (хх.10.2006)*	48
	Всего	398

Примечание: * — число и месяц сбора материала неизвестны.

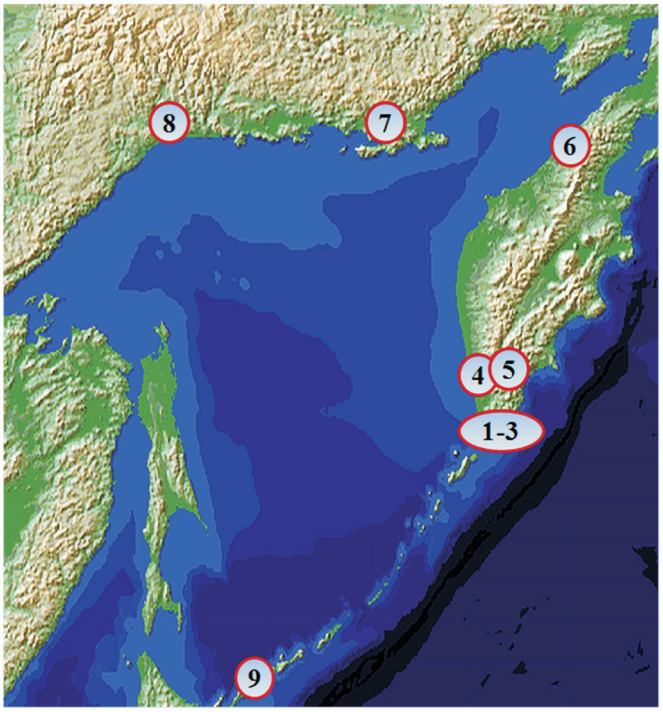


Рис. 1. Карта-схема сбора материала для исследования изменчивости микросателлитных локусов у нерки западного побережья Камчатки, материкового побережья Охотского моря и Курильских островов (номера выборок соответствуют таковым в табл. 1)

В качестве маркеров, характеризующих генетическую изменчивость, использовали микросателлитные локусы *Oki*1a, *Oki*1b, *Oki*6 (Smith et al., 1998), *Ots*107 (Nelson, Beacham, 1999), *OtsG*68, (Williamson et al., 2002), *One*104, *One*109 (Olsen et al., 2000). Указанные микросателлиты охарактеризованы ранее как наиболее информативные и включены в анализ при описании популяционной структуры нерки восточного побережья п-ова Камчатка (Пильганчук и др., 2013; Пильганчук, Шпигальская, 2013). Использование единого набора локусов позволит в дальнейшем расширить анализ, включив в него все районы воспроизводства данного вида на азиатской части ареала.

С помощью программы GDA рассчитывали частоту аллелей, ожидаемую (H_e) и наблюдаемую (H_o) гетерозиготности, среднее число аллелей на локус, оценку межпопуляционной дифференциации (θ_{st} — аналог F_{st}), бутстрэп-интервал для θ_{st}, индекс фиксации f (Вейр, 1995), а также соответствие распределению Харди–Вайнберга (Lewis, Zaykin, 2001). Показатель генетической дифференциации F_{st} был получен в пакете программ Arlequin2000 (Schneider et al., 2000). Популяционная структура оценивалась в программе *STRUCTURE* 2.3.4. (Pritchard et al., 2000) путем моделирования, с использованием метода Марковских цепей Монте-Карло при заданном числе K (вероятное число самостоятельных групп) от 1 до 9. Для каждого предполагаемого числа кластеров (K) анализ повторяли 10 раз. Количество генераций Марковских цепей составило 50 000 с отбрасыванием (burn-in) первых 1500. Наиболее вероятному числу кластеров соответствовало наибольшее среднее значение логарифма правдоподобия LnPr(X/K).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованных микросателлитных локусах число аллелей варьировало от 5 (*Ots*G68) до 23 (*One*104) (табл. 2). Общее число выявленных аллелей состави-

Таблица 2. Характеристика микросателлитных локусов нерки (п. н. — пары нуклеотидов, H_e — средняя ожидаемая гетерозиготность, H_o — средняя наблюдаемая гетерозиготность, f — индекс фиксации (Вейр, 1995)

Локус	Число аллелей/ число исследованных экз.	Размер фрагмента, п. н.	H_e	H_o	f
*Ots*107	6/392	88–124	0,277	0,242	0,127
*Oki*1a	6/395	144–164	0,514	0,458	0,109
*Oki*1b	5/396	108–124	0,463	0,419	0,096
*One*104	23/393	116–208	0,914	0,867	0,050
*One*109	17/392	124–188	0,884	0,813	0,080
*OtsG*68	5/390	136–152	0,584	0,535	0,083
*Oki*6	9/386	76–94	0,506	0,515	–0,019
Среднее	10,142		0,592	0,550	0,070

ло 81, среднее число аллелей на локус — 10,1. Средняя наблюдаемая гетерозиготность по всем исследованным локусам заметно отличалась, достигая наибольшего уровня в *One*104 (0,867) и наименьшего в *Ots*107 (0,242). Незначительный избыток гетерозигот (индекс фиксации — –0,019) наблюдался в локусе *Oki*6, в остальных отмечен их дефицит, наиболее заметный в локусах *Ots*107 и *Oki*1a (индекс фиксации — 0,127 и 0,109 соответственно). Характеристики изменчивости каждой из исследованных выборок представлены в табл. 3. Генетическое разнообразие варьировало от наименьших значений в реках Охота, Палана по локусу *Ots*107 (0,041 и 0,063 соответственно) до наибольших в оз. Красивом и р. Большой по локусу *One*109 (0,958 и 0,938 соответственно). Следует отметить, что между всеми анализируемыми выборками наблюдаются значимые различия по числу обнаруженных аллелей. Так, в выборке из оз. Красивого (о. Итуруп) присутствуют 28 аллельных вариантов, в р. Палана — 47, оз. Курильском — 55. Наибольшее число редких аллелей встречалось у особей из оз. Курильского и р. Охота. В анализируемых выборках в большинстве случаев соблюдалось равновесие Харди–Вайнберга, за исключением отдельных локусов в

Таблица 3. Генетическая изменчивость нерки западного побережья Камчатки, материкового побережья Охотского моря и Курильских островов

Локальность	Характеристики популяции	Микросателлитные локусы							Среднее по выборкам
		*Ots*107	*Oki*1a	*Oki*1b	*One*104	*One*109	*OtsG*68	*Oki*6	
Оз. Красивое	A	2	2	2	7	9	3	3	4,000
	H_o	0,500	0,468	0,189	0,761	0,868	0,648	0,535	0,567
	H_e	0,563	0,438	0,167	0,792	0,958	0,771	0,630	0,617
	f	–0,127	0,066	0,117	–0,040	–0,106	–0,192	–0,181	–0,089
	p	0,550	0,429	0,133	0,626	0,431	0,063	0,179	
Оз. Курильское (28.07.2010)	A	5	2	3	16	13	4	4	6,714
	H_o	0,431	0,486	0,377	0,903	0,886	0,537	0,404	0,575
	H_e	0,467	0,370	0,478	0,936	0,804	0,522	0,422	0,571
	f	–0,084	0,242	–0,271	–0,038	0,093	0,029	–0,044	0,007
	p	0,793	0,037*	0,262	0,464	0,065	0,604	0,981	
Оз. Курильское (06.08.2010)	A	5	4	5	20	13	4	4	7,857
	H_o	0,266	0,512	0,495	0,895	0,861	0,559	0,476	0,581
	H_e	0,292	0,560	0,540	0,880	0,840	0,612	0,438	0,594
	f	–0,098	–0,095	–0,092	0,017	0,024	–0,096	0,082	–0,024
	p	0,577	0,560	0,514	0,568	0,497	0,390	0,418	
Оз. Курильское (25.08.2010)	A	4	4	3	17	15	4	4	7,286
	H_o	0,349	0,545	0,478	0,883	0,848	0,534	0,454	0,584
	H_e	0,240	0,660	0,480	0,780	0,820	0,560	0,542	0,583
	f	0,315	–0,214	–0,005	0,117	0,033	–0,049	–0,196	0,002
	p	0,001*	0,925	0,886	0,008*	0,378	0,846	0,137	
Оз. Начикинское	A	3	3	4	16	9	3	6	6,286
	H_o	0,169	0,321	0,578	0,922	0,814	0,324	0,517	0,521
	H_e	0,179	0,367	0,333	0,931	0,700	0,308	0,615	0,490
	f	–0,055	–0,143	0,427	–0,010	0,142	0,050	–0,196	0,059
	p	0,495	0,663	0,001*	0,795	0,065	0,117	0,257	
Р. Большая	A	3	3	4	15	11	4	4	6,286
	H_o	0,138	0,459	0,501	0,861	0,876	0,499	0,410	0,535
	H_e	0,146	0,348	0,404	0,936	0,938	0,553	0,396	0,532
	f	–0,058	0,244	0,195	–0,088	–0,071	–0,110	0,036	0,006
	p	0,427	0,088	0,097	0,065	0,203	0,428	0,578	
Р. Палана	A	2	4	3	15	13	5	4	6,571
	H_o	0,061	0,461	0,476	0,898	0,860	0,518	0,423	0,528
	H_e	0,063	0,500	0,563	0,889	0,837	0,417	0,500	0,538
	f	–0,022	–0,086	–0,185	0,010	0,027	0,198	–0,183	–0,019
	p	0,070	0,639	0,272	0,897	0,215	0,046*	0,151	
Р. Ола	A	3	2	4	14	7	2	4	5,143
	H_o	0,198	0,503	0,356	0,905	0,793	0,382	0,653	0,541
	H_e	0,143	0,250	0,143	0,857	0,607	0,357	0,607	0,423
	F	0,282	0,508	0,604	0,053	0,238	0,066	0,072	0,221
	p	0,034	0,001*	0,000*	0,523	0,005*	0,367	0,447	
Р. Охота	A	2	3	2	15	15	3	6	6,571
	H_o	0,040	0,503	0,502	0,901	0,865	0,623	0,520	0,565
	H_e	0,041	0,490	0,510	0,837	0,694	0,542	0,571	0,526
	f	–0,011	0,027	–0,017	0,072	0,199	0,132	–0,099	0,069
	p	0,023*	0,733	0,858	0,090	0,001*	0,218	0,413	

Примечание. 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.

некоторых популяциях (табл. 3). Поскольку нерка относится к видам с высокой численностью и сложной популяционной структурой, одним из наиболее вероятных объяснений данного факта является «эффект Валунда», возникающий в генетически подразделенных популяциях.

Анализ межпопуляционной дифференциации, измеряемой показателем θ_{st}, в среднем по семи локусам составил 6,46% (табл. 4) и оказался статистически значимым (95%-й бутстреп-интервал положительный, нижняя граница — 4,75%, верхняя — 9,31%). Максимальный вклад в дифференциацию нерки исследованных локальностей внесли локусы *Ots*G68 и *Ots*107 (10,09% и 13,62% соответственно), минимальный — *One*109%, *One*104% (3,49% и 4,42%).

Таблица 4. Показатель дифференциации нерки западного побережья Камчатки, материкового побережья Охотского моря и Курильских островов (в %)

Локус	θ_{st}
*Ots*107	13,62
*Oki*1a	7,55
*Oki*1b	6,28
*One*104	4,42
*One*109	3,49
*OtsG*68	10,09
*Oki*6	6,18
Среднее	6,46
95%-й бутстреп-интервал	4,75–9,31

Анализ попарной дифференциации выборок (табл. 5) показал, что генетически значимые различия между тремя выборками из оз. Курильского отсутствуют, что позволило объединить их для дальнейшего анализа. В наименьшей степени отличается нерка из р. Большой и оз. Курильского. Наибольшие дистанции выявили между выборками из озер Красивое и Начикинское (0,174) и выборками из оз. Красивого и р. Палана (0,157).

Для дальнейшей оценки генетической дифференциации нерки из изучаемых нагульно-нерестовых водоемов был выполнен байесовский анализ в программном пакете STRUCTURE 2.3.4. для всех включенных в анализ особей (398 экз.). Средние значения логарифма функции правдоподобия увеличивались до K=7. Максимальное значение вероятности, соответствующее минимальной оценке логарифма правдоподобия LnPr(X/K), было найдено для K=7, что дает возможность предположить наиболее вероятное отнесение исследуемых экземпляров к семи кластерам (рис. 2). При использованной модели анализа (No admixture) с наибольшей достоверностью дифференцируется выборка о-ва Итуруп (вероятность 99,3). Возможность отличить особей оз. Начикинского и р. Большой также находится на довольно высоком

Таблица 5. Значения попарных величин F_{st} (под диагональю) и значимость различий (над диагональю)

№	Выборка	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Оз. Курильское (28.07.2010)		–	–	+	+	+	+	+	+
2	Оз. Курильское (06.08.2010)	0,001		–	+	+	+	+	+	+
3	Оз. Курильское (25.08.2010)	0,001	0,001		+	+	+	+	+	+
4	Р. Большая	0,019	0,009	0,014		+	+	+	+	+
5	Оз. Начикинское	0,078	0,054	0,066	0,075		+	+	+	+
6	Р. Палана	0,065	0,051	0,060	0,090	0,101		+	+	+
7	Р. Ола	0,050	0,046	0,049	0,070	0,092	0,066		+	+
8	Р. Охота	0,043	0,034	0,029	0,033	0,102	0,057	0,086		+
9	Оз. Красивое	0,076	0,081	0,079	0,111	0,174	0,157	0,109	0,138	

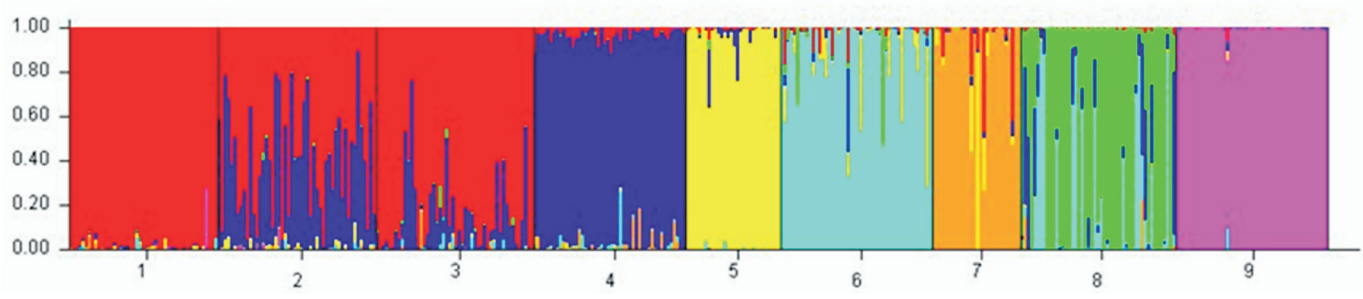


Рис. 2. Графическое представление результатов байесовского анализа 9 выборок нерки западного побережья Камчатки, материкового побережья Охотского моря и Курильских островов, выполненного в программе *STRUCTURE* 2.3.4. (номера выборок соответствуют таковым в табл. 1, значения вероятности указаны по оси ординат)

уровне — 96,0–93,0%. Высока вероятность отнесения к «своей» группе особей из рек Ола и Палана (87,9%, 88,3% соответственно). Экземпляры нерки из басс. оз. Курильского кластеризуются в одну группу с вероятностью 80,4%. При этом часть из них по своим генетическим характеристикам сходны с особями из р. Большой. Особи, отобранные в басс. р. Охота, с достаточно большой вероятностью (67,4%) группируются в отдельный кластер, но отдельные экземпляры имеют сходство с особями басс. р. Палана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные результаты свидетельствуют о высоком уровне изменчивости проанализированных выборок нерки западного побережья Камчатки, материкового побережья Охотского моря и Курильских островов по частотам аллелей микросателлитной ядерной ДНК. Полученные оценки региональной дифференциации кратно превышают таковые в пределах отдельных регионов (Пильганчук и др., 2013; Пильганчук, Шпигальская, 2013), что согласуется с мнением ряда исследователей о том, что сложность картин пространственных распределений по высокополиморфным локусам у нерки указывает на множественность центров расселения этого вида в период отступления Плейстоценовых ледников (Варнавская, 2006; Хрусталева и др., 2016; Хрусталева, 2016).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасьев К.И., Рубцова Г.А., Малинина Т.В., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т., Животовский Л.А. 2006. Микросателлитная изменчивость и дифференциация популяций кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum), воспроизводимых сахалинскими рыбоводными заводами // Генетика. Т. 42. № 12. С. 1694–1702.

Варнавская Н.В. 2006. Генетическая дифференциация популяций тихоокеанских лососей. Петропавловск-Камчатский: Камчат-НИРО. 488 с.

Вейр Б. 1995. Анализ генетических данных. М.: Мир. 400 с.

Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. 1984. Молекулярное клонирование. М.: Мир. 479 с.

Пильганчук О.А., Шпигальская Н.Ю. 2013. Популяционно-генетическая дифференциация нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) восточного побережья Камчатки // Биология моря. Т. 39. № 5. С. 371–379.

Пильганчук О.А., Шпигальская Н.Ю., Савенков В.В., Саравański О.Н., Базаркин Г.В., Ельников А.Н. 2013. Изменчивость микросателлитных локусов нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) восточного побережья Камчатки // Биология моря. Т. 39. № 4. С. 272–280.

Хрусталева А.М. 2016. Филогеография азиатской нерки *Oncorhynchus nerka* по данным изменчивости митохондриальных локусов ОНП: анализ сценариев послеледникового расселения вида на азиатском побережье Тихого океана // Известия ТИНРО. Т. 186. С. 93–106.

Хрусталева А.М., Волков А.А., Расторгуев С.М., Углова Т.Ю. 2016. Реконструкция послеледникового расселения азиатской нерки *Oncorhynchus nerka* // Тр. ВНИРО. Т. 261. С. 65–77.

Шунтов В.П., Темных О.С., Иванов О.А. 2017. Об устойчивости стереотипов в представлениях о морской экологии тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus* spp.) // Изв. ТИНРО. Т. 188. С. 3–36.

Lewis P.O., Zaykin D.Yu. 2001. Genetic data analysis: computer program for the analysis of allelic data. (http:/lewis.eeb.uconn.lewishome/software.html).

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.

Olsen J.B., Wilson S.L., Kretschmer E.J., Jones K.C., Seeb J.E. 2000. Characterization of 14 tetranucleotide microsatellite loci derived from sockeye salmon // Mol. Ecol. V. 9. P. 2185–2187.

Pritchard J.K., Stefens M., Donnelly P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data // Genetics. V. 155. P. 945–959.

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.

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., 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 575.857: 597.552.51

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МАЛЬМЫ (*SALVELINUS MALMA* WALBAUM) КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ И ЕЕ ОТНОШЕНИЯ С ДРУГИМИ ПОПУЛЯЦИЯМИ МАЛЬМЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МИКРОСАТЕЛЛИТНОГО АНАЛИЗА

В.А. Сошнина, С.Д. Павлов*, Д.А. Зеленина

Мл. н. с.; вед. н. с., к. б. н., Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
107140, Москва, Верхняя Красносельская, 17
Тел., факс: (499) 264-85-19. E-mail: valnestle@yandex.ru
**Доцент, к. б. н.; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*
119234, Москва, Ленинские горы, 1-12. E-mail: serge_pavlov@mail.ru

ЛОСОСЕВЫЕ, SALVELINUS MALMA, ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, МИКРОСАТЕЛЛИТНАЯ ДНК, КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА

Проведено исследование полиморфизма девяти микросателлитных локусов ядерной ДНК мальмы *Salvelinus malma* Командорских островов и ряда выборок из рек п-ова Камчатка. В островных популяциях был обнаружен высокий генетического полиморфизма, сравнимый с таковым в материковых популяциях Камчатки. Выявлено достоверное отличие мальмы острова Медный от всех прочих исследованных популяций. Обнаружен географический маркер — локус Smm5, который отличает мальму Восточной Камчатки от представителей из других регионов.

GENETIC DIVERSITY OF DOLLY VARDEN (*SALVELINUS MALMA* WALBAUM) OF THE COMMANDER ISLANDS AND RELATION OF THIS POPULATION AND THE OTHER DOLLY VARDEN POPULATIONS BASED ON MICROSATELLITE ANALYSIS

V.A. Soshnina, S.D. Pavlov*, D.A. Zelenina

Researcher; Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Russian Federation Research Institute of Fishery and Oceanography
107140, Moscow, Verkhnyaya Krasnoselskaya, 17
Tel., fax: (499) 264-85-19. E-mail: valnestle@yandex.ru
**Assistant Professor, Ph. D. (Biology), Lomonosov Moscow State University*
119234, Moscow, Leninskie Gori, 1-12. E-mail: serge_pavlov@mail.ru

SALMONIDAE, SALVELINUS MALMA, GENETIC DIVERSITY, MICROSATELLITE DNA, COMMANDER ISLANDS

Microsatellite polymorphism in the Dolly Varden (*Salvelinus malma*) populations from the Commander Islands and the Kamchatka Peninsula was considered. The level of genetic polymorphism of the archipelago populations is high and comparable to that in the mainland populations of Kamchatka. An authentic difference between the Dolly Varden of the Mednyi Island and all other investigated populations is revealed. A geographical marker is found – the Smm5 locus, making specifics of East Kamchatkan Dolly Varden comparing poulations of the other regions.

Гольцы рода *Salvelinus,* относящиеся к отряду лососеобразных (Salmoniformes), семейству лососевых (Salmonidae), имеют циркумполярное распространение. Представители данного рода являются одной из наиболее интересных в микроэволюционном плане группой лососевых рыб. Они характеризуются сложной популяционной структурой, высокой экологической пластичностью, географической изменчивостью и морфоэкологическим разнообразием.

Первая обширная научная сводка по описанию гольцов рода *Salvelinus* была составлена Л.С. Бергом (1948). Он отмечал, что на территории бывшего СССР обитает около 12 видов гольцов. Другие авторы, также относящие отдельные формы гольцов к разным видам, выделяют до 15–17 видов гольцов (Викторовский, 1978; Глубоковский, 1995, Черешнев и др., 2002).

В то же время К.А. Савваитова признает такие рано дивергировавшие виды, как *S. leucomaenis, S. fontinalis и S. namaycush*, а остальные виды объединяет в

Salvelinus alpinus complex — сложноиерархический таксон надвидового порядка. В пределах комплекса ею выделяются три морфотипа: альпиноидный, доминирующий в Европе, мальмоидный, преобладающий в бассейне Тихого океана, и высокоарктический, преимущественно встречающийся у арктических побережий Северной Америки и Сибири (Савваитова, 1989). Такие «комплексные» виды являются характерными для высоких широт, обладающих экстремальными условиями внешней среды (Мина, 1986).

Помимо морфотипов, К.А. Савваитова выделяет ряд экотипов: проходные, речные, озерно-речные и озерные, при этом в озерах наблюдается значительно большее разнообразие форм (Савваитова, 1989).

Согласно концепции Р. Бенке (Behnke, 1989), которой придерживаются большинство современных исследователей, внутри рода *Salvelinus* выделяется три подрода: *Baione*, представленный видом *S. fontinalis*, *Christivomer (S. namaycush)* и, собственно, *Salvelinus*, в который входят два видовых комплекса: *S. alpinus* complex и *S. malma* complex, а также виды *S. leucoemanis* и *S. confluentus* (Behnke, 1989).

Выделение сложнокомплексных видов связано с историей их образования и географического распространения. Гольцы, входящие в *S.alpinus* complex, распространены в арктических морях и являются наиболее холодолюбивыми представителями сем. Salmonidae. Гольцы, принадлежащие к более теплолюбивому *S.malma* complex, обитают, в основном, в бореальных широтах по побережью Тихого океана (Behnke, 1989).

В силу труднодоступности многие популяции гольцов продолжают оставаться слабоизученными. Гольцы Командорских островов представляют собой одну из таких групп. В 80-е годы XX века были изучены особенности морфологии гольцов Командорских островов (Савваитова, 1989). В 2013–2014 гг. в ходе экспедиционных работ на Командорских островах сотрудникам кафедры ихтиологии МГУ удалось собрать уникальный материал, впервые позволивший исследовать филогенетические и популяционные отношения командорских гольцов с помощью молекулярно-генетических методов. Представленная работа продолжает и дополняет проведенные ранее исследования полиморфизма митохондриальной ДНК гольцов данного региона (Сошнина и др., 2015, 2016), представляя собой изучение генетического разнообразия мальмы Командорских островов и сравнение с представителями данного вида из других регионов с помощью микросателлитного анализа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для данной работы послужили семь выборок, собранных в 2013–2015 гг. на Командорских островах, а также четыре выборки с полуострова Камчатка (рис. 1, 2, табл. 1).

Всего исследовано 327 особей с использованием 9 микросателлитных локусов (*Smm3, Smm22, Smm5, Smm10, Sco205, Smm24, SSOSL456, Smm21, Sco218*), отобранных из локусов, популярных в исследованиях лососевых рыб. Перечень используемых микросателлитных локусов, тип флуоресцентной метки и последовательности праймеров приведены в табл. 2.

Выделение и очистку ДНК проводили методом абсорбции на колонках PALL (Ivanova et al., 2006).

Реакцию амплификации осуществляли в объеме 15 мкл (1^{x}HotTaqBuffer pH 8,3 («Sileks»); 2,5 мМ $MgCl_2$; 0,7 мМ dNTP, 1,5 пМ прямого праймера (3 пМ для праймера *Smm24*), модифицированного на 5'-конце флуоресцентным красителем FAM, R6G или TAMRA;

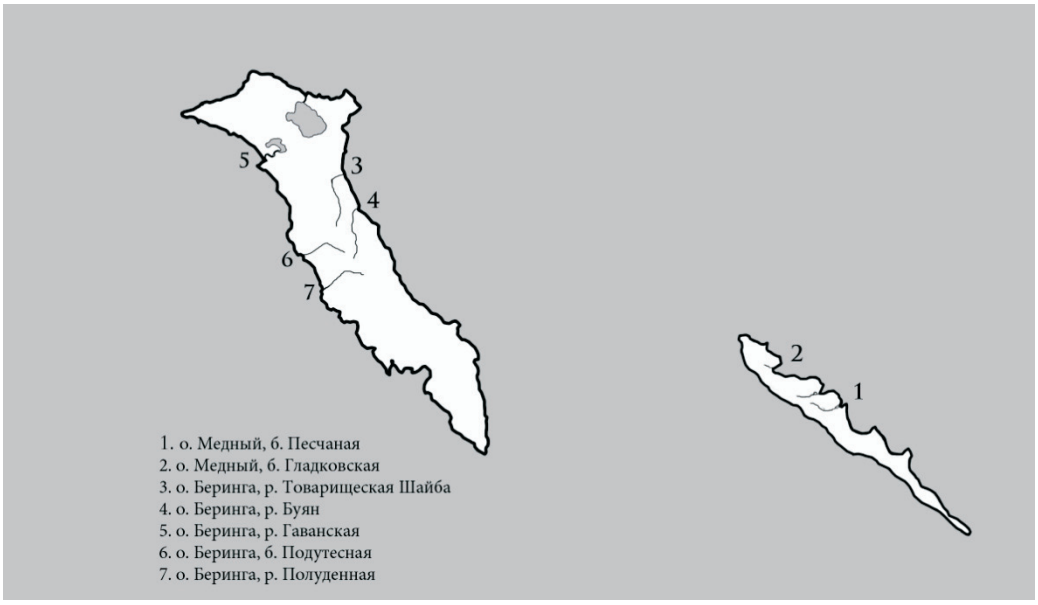


Рис. 1. Локализация мест сбора образцов на Командорских островах. Выборки пронумерованы в соответствии с табл. 1



Рис. 2. Локализация мест сбора образцов на полуострове Камчатка. Выборки пронумерованы в соответствии с табл. 1

1,5 пМ обратного праймера (3 пМ для праймера *Smm24),* ~100 нг ДНК, и 2 единицы HotTaq-полимеразы (Sileks)) по следующей схеме: предварительная денатурация ДНК 6 мин; синтез ПЦР-продуктов (30 циклов, в каждом из которых температура отжига праймеров снижалась на 0,2 ºС): плавление: 90 ºС — 20 сек, отжиг праймеров — 58 ºС (в первом цикле) — 25 сек, синтез ДНК: 72 ºС — 40 сек); синтез ПЦР-продуктов (7 циклов): плавление: 90 ºС — 20 сек, отжиг праймеров — 52 ºС — 25 сек, синтез ДНК — 72 ºС — 40 сек; 1 завершающий цикл для улучшения посадки флуоресцентно-меченных зондов и окончательной достройки цепей: плавление — 90 ºС — 20 сек, отжиг праймеров — 52 ºС — 25 сек, синтез ДНК — 72 ºС — 10 мин.

Электрофоретическое разделение продуктов амплификации проводили с помощью системы капиллярного электрофореза ABI 3130 Genetic Analyzer, определение длин аллелей и генотипирование осуществляли с использованием программного обеспе-

Таблица 1. Характеристика материала, использованного в исследовании

№	Локальность	Объем генетической выборки	Обозначение выборки	Год сбора материала	Коллектор
1	Б. Гладковская (о. Медный)	30 особей	NML	2014	Минеева Т.В. (МГУ)
2	Р. Песчаная (о. Медный)	16 особей	SND	2014	Минеева Т.В. (МГУ)
3	Р. Товарищеская шайба (о. Беринга)	24 особи	BTS	2013	Малютина А.М., Минеева Т.В. (МГУ)
4	Р. Буян (о. Беринга)	27 особей	BBU	2013	Малютина А.М., Минеева Т.В. (МГУ)
5	Р. Гаванская (о. Беринга)	29 особей	BHA	2013	Малютина А.М., Минеева Т.В. (МГУ)
6	Б. Подутесная (о.Беринга)	29 особей	BPU	2013	Малютина А.М., Минеева Т.В. (МГУ)
7	Р. Полуденная (о. Беринга)	38 особей	PLD	2015	Филатова О. (ИПЭЭ им. Северцова)
8	Р. Пономарка (Вост. Камчатка)	37 особей	PON	2016	Минеева Т.В. (МГУ, ВНИРО)
9	Р. Бушуйка (Вост. Камчатка)	22 особи	BSH	2016	Минеева Т.В. (МГУ, ВНИРО)
10	Р. Жупанова (Вост. Камчатка)	48 особей	ZHU	2004	Сборы КамчатНИРО
11	Р. Коль (Зап. Камчатка)	30 особей	KL	2008	Кузищин К.В., Груздева М.А. (МГУ)

Таблица 2. Перечень микросателлитных локусов, тип флуоресцентной метки и последовательность праймеров, по которым приводятся данные анализа

№	Локус	Флуоресцентная метка	Последовательность праймера (5’-3’)	Источник
1	*Smm3*	FAM	F: TGG CTC AAA TTA AGA TCC TAC R: AGC CAT TAT GCA TTA CTT GTT C	Crane et al., 2004
2	*Smm22*	R6G	F: CCC AAT GCA GAT AAG ACC TT R: TCT ATA GGC TTA TTT GAA TGG AAT	Crane et al., 2004
3	*Smm5*	TAMRA	F: AGA TGT GTG ATA AAC TCA GCC TC R: AGT TGT TTA AAT AGG GCG GAT AG	Crane et al., 2004
4	*Smm10*	FAM	F: AAA ATG TCT CCC CTC CCT CTC R: TCC CTA ACA TAA CAA GTT TTC ATC CT	Crane et al., 2004
5	*Sco205*	R6G	F: GAG AGA TGA GTG GAT GGA TAG A R: GAT ACC TGA AGG GGA GAC AC	Dehaan, Ardren, 2005
6	*Sco218*	TAMRA	F: TTC TAA CTG TTG GCA CTC TG R: GTG TGG TTG GGT GGT AAG	Dehaan, Ardren, 2005
7	*Smm24*	FAM	F: CAT TGA TCA AGA AGC CAG TGC R: TGT ATT TGG CCA ATA TAA CAC AGC	Crane et al., 2004
8	*SSOSL 456*	R6G	F: CTT CCC AGG AGT CAT CAT AAA TCT R: TAA ACC CCA CTG CTT GTT GAG TGT	Slettan et al., 1997
9	*Smm21*	TAMRA	F: GGC TGT TCA CCA CAT AGA GTA AT R: TTA AGA TGG GAT GCA TAT TCA GT	Crane et al., 2004

чения GeneMarker v.2.1 (SoftGenetics LLC). Статистическую обработку результатов генотипирования проводили с помощью программного обеспечения GENALEX6 для MS-EXCEL (Peakall, Smouse, 2006) и Arlequin, версия 3.5.2.2 (Excoffier, Lischer, 2010). Байесовский кластерный анализ проводился в программе STRUCTURE, версия 2.3.4.

Для визуализации результатов и их математического подтверждения методами Эванно (Evanno et al., 2005) была использована веб-программа STRUCTURE HARVESTER.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В подавляющем большинстве выборок/локусов наблюдалось соответствие равновесию Харди–Вайнберга; наблюдаемая гетерозиготность соответствовала ожидаемой или отклонялась от нее незначительно. Значения ожидаемой гетерозиготности варьировали от 0 до 0,966. По ряду микросателлитных локусов (*Smm10, Sco218, Smm24*) в островных популяциях было обнаружено некоторое снижение аллельного разнообразия по сравнению с материковыми, однако в целом аллельное разнообразие в большинстве популяций было сходно друг с другом (табл. 3). Соответствие большинства выборок/локусов равновесию Харди-Вайнберга указывает на то, что в выбранных локусах отсутствовали нуль-аллели. В исследуемых островных популяциях практически не наблюдалось снижения генетического разнообразия по сравнению с материковыми выборками, что соответствует полученным ранее результатам по изучению митохондриального полиморфизма у данных островных выборок (Сошнина и др., 2015, 2016).

При проведении статистической обработки микросателлитных данных были взяты выборки из пяти локальностей острова Беринга и одной — острова Медный, а также четыре выборки с полуострова Камчатка. Выборка из р. Песчаной (SND) не использовалась при проведении статистического анализа в силу ее малого размера, так как недостаточный ее объем мог исказить результаты. Однако в программе STRUCTURE мы исследовали данную выборку, т. к. при байесовском кластерном анализе изучается каждая особь отдельно, а не популяция в целом. Генетическое разнообразие выборок мальмы представлено в табл. 3. Расчеты межвыборочных F_{st} и их достоверностей выявили достоверные различия между всеми парами популяций, за исключением двух близких выборок из рек бассейна оз. Азабачьего (BSH и PON). В пространстве главных координат (рис. 3), которое было построено на основе оценки попарных межвыборочных F_{st}, присутствуют два кластера: кластер материковых популяций и кластер островных, которые разделяются по первой главной координате, обеспечивающей 38,96% различий. Полученный результат указывает на заметную генетическую дифференцированность командорской мальмы от камчатской.

При проведении байесовского кластерного анализа к отмеченным ранее выборкам была добавлена выборка из 16 особей, собранная на о. Медном в р. Песчаной (SND). Была использована модель Admixture, предполагающая перемешивание особей

Таблица 3 (начало. Окончание на с. 199). Основные показатели изменчивости 9 микросателлитных локусов в выборках гольцов Командорских островов и Камчатки. Обозначения выборок представлены в соответствии с таблицей 1

NML									
Локус	***Smm3***	***Smm22***	***Smm5***	***Smm10***	***Sco205***	***Sco218***	***Smm24***	***SSOSL456***	***Smm21***
N	29	29	30	29	29	30	30	30	30
Na	2	15	3	12	8	20	21	6	9
Ho	0,483	0,862	0,4	0,759	0,724	0,667	0,733	0,667	0,9
He	0,499	0,898	0,34	0,88	0,733	0,788	0,886	0,576	0,813
Fis	0,033	0,04	–0,176	0,138	0,012	0,154	0,172	–0,158	–0,107
P	0,858	0,293	0,599	0,354	0,163	0,001***	0,000***	0,57	0,745
SND									
N	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Na	3	11	2	6	7	8	11	3	5
Ho	0,500	1,000	0,063	0,875	0,750	0,438	0,938	0,250	0,563
He	0,525	0,869	0,061	0,730	0,730	0,584	0,861	0,320	0,604
Fis	0,048	–0,151	–0,032	–0,198	–0,027	0,251	–0,088	0,220	0,068
P	0,718	0,161	0,897	0,542	0,03*	0,001***	0,667	0,001***	0,715
BTS									
Локус	***Smm3***	***Smm22***	***Smm5***	***Smm10***	***Sco205***	***Sco218***	***Smm24***	***SSOSL456***	***Smm21***
N	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Na	3	14	3	12	11	21	23	6	10
Ho	0,292	0,917	0,333	0,917	0,875	0,667	0,875	0,625	0,833
He	0,503	0,905	0,284	0,857	0,87	0,932	0,928	0,634	0,819
Fis	0,42	–0,012	–0,174	–0,07	–0,006	0,285	0,057	0,014	–0,018
P	0,104	0,462	0,811	0,875	0,559	0,019*	0,003**	0,522	0,081

из разных популяций и модель корреляции аллельных частот при числе задаваемых кластеров (K), равном последовательно 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. С каждым предполагаемым числом K проводили по 5 итераций с периодом прогона 10 000 и продолжительностью последующей симуляции 100 000. Была выявлена

Таблица 3 (окончание). Основные показатели изменчивости 9 микросателлитных локусов в выборках гольцов Командорских островов и Камчатки. Обозначения выборок представлены в соответствии с таблицей 1

BBU									
Локус	***Smm3***	***Smm22***	***Smm5***	***Smm10***	***Sco205***	***Sco218***	***Smm24***	***SSOSL456***	***Smm21***
N	26	26	26	25	26	26	26	26	26
Na	2	19	3	12	11	27	20	7	12
Ho	0,385	0,885	0,423	0,84	0,885	0,923	0,846	0,731	0,808
He	0,426	0,93	0,397	0,853	0,872	0,937	0,915	0,696	0,833
Fis	0,097	0,049	–0,065	0,015	–0,014	0,015	0,075	–0,05	0,03
	0,62	0,731	0,807	0,958	0,387	0,644	0,404	0,408	0,754
BHA									
Локус	***Smm3***	***Smm22***	***Smm5***	***Smm10***	***Sco205***	***Sco218***	***Smm24***	***SSOSL456***	***Smm21***
N	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Na	3	21	3	11	10	22	25	7	8
Ho	0,448	0,897	0,172	0,828	0,793	0,448	0,966	0,621	0,862
He	0,513	0,917	0,245	0,826	0,745	0,941	0,946	0,728	0,767
Fis	0,126	0,023	0,296	–0,002	–0,065	0,523	–0,021	0,148	–0,124
P	0,701	0,466	0,116	0,509	0,408	0,000***	0,518	0,2	0,212
BPU									
Локус	***Smm3***	***Smm22***	***Smm5***	***Smm10***	***Sco205***	***Sco218***	***Smm24***	***SSOSL456***	***Smm21***
N	29	29	29	28	27	27	28	28	29
Na	3	17	3	8	10	24	22	8	9
Ho	0,517	0,828	0,414	0,929	0,852	0,815	0,821	0,679	0,966
He	0,536	0,873	0,495	0,859	0,863	0,94	0,929	0,729	0,828
Fis	0,034	0,052	0,163	–0,081	0,013	0,133	0,115	0,069	–0,166
P	0,967	0,081	0,491	0,612	0,37	0,604	0,465	0,589	0,036*
PLD									
Локус	***Smm3***	***Smm22***	***Smm5***	***Smm10***	***Sco205***	***Sco218***	***Smm24***	***SSOSL456***	***Smm21***
N	36	33	34	35	36	35	36	36	36
Na	3	21	2	11	11	24	29	7	8
Ho	0,556	0,939	0,235	0,857	0,861	0,829	0,917	0,778	0,722
He	0,567	0,933	0,251	0,789	0,883	0,945	0,935	0,743	0,799
Fis	0,02	–0,007	0,062	–0,087	0,025	0,123	0,02	–0,047	0,096
P	0,924	0,907	0,717	0,016*	0,532	0,018*	0,001**	0,764	0,121
BSH									
Локус	***Smm3***	***Smm22***	***Smm5***	***Smm10***	***Sco205***	***Sco218***	***Smm24***	***SSOSL456***	***Smm21***
N	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Na	3	19	1	16	9	29	23	6	6
Ho	0,227	0,818	0	0,909	0,909	0,955	0,864	0,455	0,727
He	0,582	0,912	0	0,918	0,843	0,955	0,939	0,597	0,698
Fis	0,609	0,103	–	0,01	–0,078	0	0,08	0,239	–0,041
P	0,000***	0,131	–	0,383	0,068	0,613	0,242	0,905	0,259
PON									
Локус	***Smm3***	***Smm22***	***Smm5***	***Smm10***	***Sco205***	***Sco218***	***Smm24***	***SSOSL456***	***Smm21***
N	37	37	37	35	36	36	37	37	37
Na	3	22	1	17	13	37	26	7	6
Ho	0,432	0,973	0	0,886	0,833	0,944	0,676	0,73	0,703
He	0,513	0,936	0	0,879	0,828	0,966	0,933	0,63	0,659
Fis	0,157	–0,039	–	–0,007	–0,006	0,022	0,276	–0,159	–0,067
P	0,561	0,516	–	0,019**	0,731	0,802	0,001**	0,999	0,828
ZHU									
Локус	***Smm3***	***Smm22***	***Smm5***	***Smm10***	***Sco205***	***Sco218***	***Smm24***	***SSOSL456***	***Smm21***
N	48	48	47	48	48	48	48	48	48
Na	3	25	1	20	12	36	31	8	7
Ho	0,417	0,917	0	0,833	0,813	0,813	0,896	0,396	0,5
He	0,463	0,939	0	0,883	0,823	0,961	0,955	0,48	0,566
Fis	0,101	0,024	–	0,056	0,013	0,155	0,062	0,176	0,117
P	0,502	0,021*	–	0,995	0,928	0,004**	0,088	0,371	0,612
KL									
Локус	***Smm3***	***Smm22***	***Smm5***	***Smm10***	***Sco205***	***Sco218***	***Smm24***	***SSOSL456***	***Smm21***
N	30	30	30	29	29	29	29	29	29
Na	2	19	2	14	10	28	27	8	9
Ho	0,367	0,933	0,033	0,897	0,621	0,759	0,966	0,724	0,621
He	0,455	0,924	0,033	0,866	0,703	0,957	0,952	0,694	0,727
Fis	0,194	–0,01	–0,017	–0,036	0,117	0,207	–0,014	–0,044	0,146
P	0,288	0,686	0,926	0,558	0,165	0,032*	0,468	0,992	0,25

Примечание: N — число образцов, Na — число аллелей, He и Ho — ожидаемая и наблюдаемая гетерозиготность соответственно, Fis — индекс фиксации. Результат теста на соответствие равновесию Харди–Вайнберга (p: *— <0,05, **— <0,01, ***— <0,001).

максимальная величина вероятности, соответствующая минимальной оценке лог-правдоподобия lnPr(X/K) для K=3 (–12 661,56) (рис. 4), т. е. с наибольшей вероятностью вся совокупность проанализированных особей подразделяется на три группы.

Кластерный анализ выборок мальмы Командорских островов и полуострова Камчатка выявил во всей совокупности исследованных выборок присутствие трех генетически различающихся групп (рис. 5). При этом некоторые выборки преимущественно состоят из особей, принадлежащих с высокой долей вероятности к одной из трех групп. Так, к первой группе с вероятностью 0,601–0,661 относятся все три выборки с Восточной Камчатки, а также выборка из р. Коль (Западная Камчатка). Однако западнокамчатская популяция занимает обособленное положение в данной группировке, имея отличия от восточнокамчатской мальмы. Эти данные указывают на генетическое родство популяций данного региона, по край-

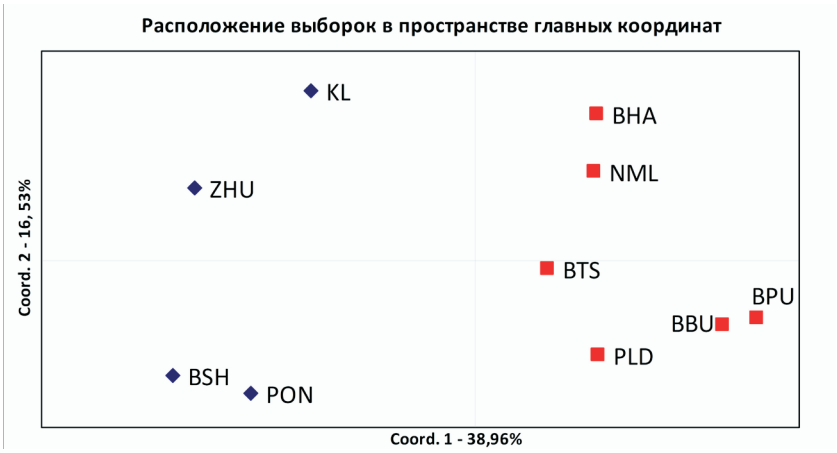


Рис. 3. Расположение выборок *S. malma* в пространстве главных координат. Ромбами показаны выборки с полуострова Камчатка, квадратами — выборки с Командорских островов. Обозначения выборок представлены в соответствии с таблицей 1

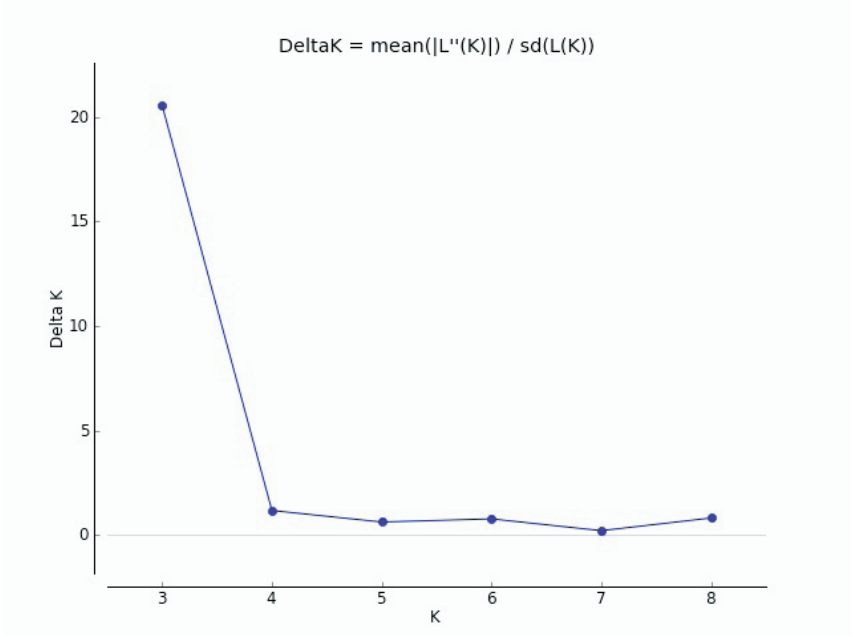


Рис. 4. График определения оптимального количества кластерных групп для исследуемых 11 популяций особей *Salvelinus malma*

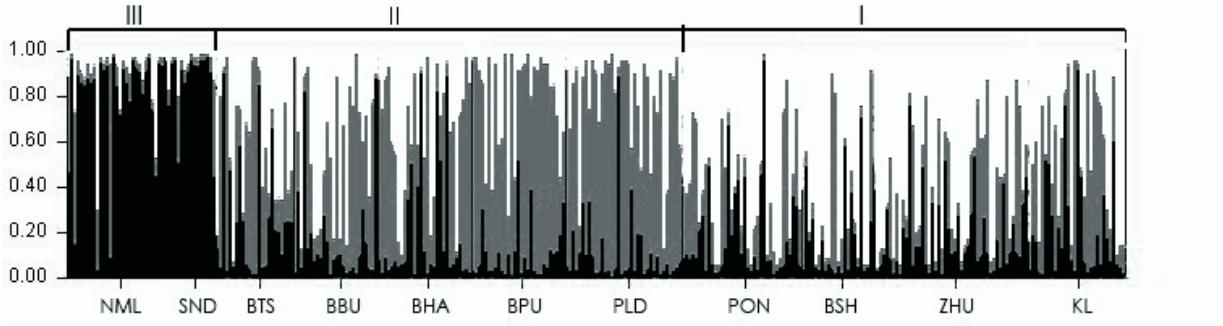


Рис. 5. Гистограмма, построенная с помощью программы STRUCTURE на основании данных микросателлитного анализа и отражающая вероятность принадлежности особей к каждой из трех предполагаемых генетически различающихся групп. На оси абсцисс обозначены выборки. По оси ординат представлена вероятность отнесения особей к каждой из трех групп. Название выборок соответствует таковому в табл. 1. Обозначение кластеров: белым цветом — первый, серым — второй, черным — третий

ней мере, в пределах центральной части тихоокеанского побережья полуострова Камчатка.

Ко второй группе с вероятностью 0,679–0,689 относятся выборки из рек Полуденная и Подутесная с острова Беринга, расположенных друг от друга на близком расстоянии (около 8 км). Закономерным представляется объединение мальмы этих рек в одну группу, учитывая их географическую близость и невысокий уровень хоминга, свойственный виду *Salvelinus malma* (Revet, 1962).К этой группе также можно отнести другие выборки с о. Беринга, несмотря на то что они менее однородны, чем мальма из рек Полуденная и Подутесная.

В третий кластер с вероятностью 0,781–0,870 были включены выборки с о. Медный, формирующие отдельную наиболее обособленную генетически группу от всей совокупности исследованных образцов. Это позволяет предположить выраженную репродуктивную изоляцию гольцов о. Медный.

С целью более детального исследования командорской мальмы был проведен кластерный анализ для популяций только этого региона. Число задаваемых кластеров (K) было равно 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. С каждым предполагаемым числом K проводили по 5 анализов с периодом «прогона» 10 000 повторностей, при периоде отжига 100 000 повторов. Была выявлена максимальная величина вероятности, соответствующая минимальной оценке лог-правдоподобия lnPr(X/K) для K=2 (–7199,42), т. е. наиболее вероятная принадлежность особей данной суммарной выборки к двум K.

Вероятность принадлежности каждой исследуемой островной особи к одному из двух кластеров отражена в гистограмме, представленной на рис. 6. К первой группе относятся все популяции с о. Беринга с вероятностью от 0,661–0,921, однако степень вероятности принадлежности особей к данной группе варьирует в разных выборках. Так, выборки из рек Полуденная и Подутесная никак не выделяются в отдельный кластер, однако эти две популяции наиболее гомогенны. С другой стороны, выборка из реки Товарищеская Шайба имеет наименьший процент принадлежности к этой группе.

Вторая группа состоит из двух выборок с острова Медный. Все особи, за исключением трех, принадлежат к своей группе с очень высокой степенью вероятности (0,85–0,936). В выборке из р. Гладковской были обнаружены три особи, которые со столь же высокой долей вероятности относятся к противоположной группе. Учитывая гомогенность кластера о. Медный, мы можем предположить, что присутствие трех данных особей является результатом стреинга, который в разной степени наблюдается у многих гольцов рода *Salvelinus* и указывает на определенный обмен генами с популяциями о. Беринга.

Использование отобранных нами высокополиморфных и низкополиморфных локусов еще раз показывает, что такая комбинация наиболее полно характеризует популяционную структуру мальмы. Наличие низкополиморфных локусов зачастую позволяет лучше выявлять различия за счет малого количества аллелей, среди которых могут присутствовать диагностические. Использование таких низкополиморфных локусов в сочетании с высокополиморфными помогает более четко выявлять соответствие генетически дифференцированных выборок с их географической принадлежностью. Нами было обнаружено отсутствие полиморфизма по микросателлитному локусу *Smm5* у выборок, собранных на Восточной Камчатке. У других исследуемых выборок в данном локусе присутствовало 2–3 аллеля. Сходные данные были получены А.Л. Сенчуковой (2014) при исследовании гольцов оз. Кроноцкого. Таким образом, гомозиготность по локусу *Smm5* может считать-

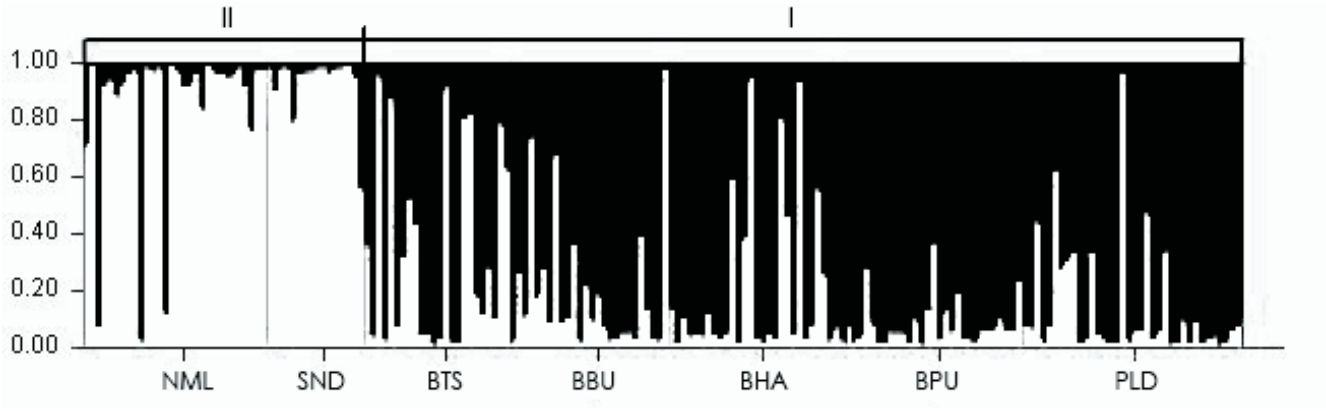


Рис. 6. Гистограмма, построенная с помощью программы STRUCTURE на основании микросателлитного анализа, отражающая вероятность принадлежности островных особей к каждому из двух предполагаемых кластеров. На оси абсцисс обозначены выборки. По оси ординат представлена вероятность соответствия особей в представленных выборках к каждому из трех предполагаемых кластеров. Название выборок соответствует таковому в табл. 1. Обозначение кластеров: черным цветом — первый, белым — второй

ся отличительной чертой гольцов центральной части тихоокеанского побережья полуострова Камчатка и является хорошим географическим маркером.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очевидно, что для островных командорских популяций гольцов свойственен высокий уровень генетического полиморфизма как ядерных, так и митохондриальных ДНК-маркеров, сравнимый с таковым у материковых (в нашем случае камчатских) популяций. Такое явление для островных популяций не совсем обычно. Известно, что при освоении островной части ареала большинство видов проходит через «бутылочное горлышко» отбора, что закономерно приводит к снижению, зачастую значительному, генетического разнообразия. В случае командорской мальмы данное явление не наблюдалось, однако мы не можем сказать, является ли это свойством вида в целом или отличительной чертой гольцов именно данного региона. Вполне вероятно, что Командорские острова являются местом встречного расселения гольцов Восточной и Западной Пацифики и обогащены за счет потока генов с обеих сторон. Тем самым гольцов данного региона можно рассматривать не как обедненную островную фауну, а как зону контакта популяций гольцов из двух географически разнесенных районов Пацифики, с обеих сторон вносящих вклад в генетическое разнообразие командорских популяций. Для подтверждения или опровержения этой теории следует продолжить наше исследование командорской мальмы и изучить генетическое разнообразие *S. malma* из других островных регионов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят сотрудников кафедры ихтиологии МГУ А.М. Малютину и Т.В. Минееву за сбор большей части генетических коллекций. А также сотрудников ФГБУ Государственный природный биосферный заповедник «Командорский» им. С.В. Маракова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Behnke R.J. 1989. Interpreting the phylogeny of Salvelinus // Physiol. Ecol. Japan. Spec.V. 1. P. 35–48.

Берг Л.С. 1948. Рыбы пресноводных вод СССР и сопредельных стран. М.; Л.: АН СССР. Ч. 1. 446 с.

Викторовский Р.М. 1978.Механизмы видообразования у гольцов Кроноцкого озера. М.: Наука. 112 с.

Глубоковский М.К. 1995. Эволюционная биология лососевых рыб. М.: Наука. 343 с.

Мина М.В. 1986. Микроэволюция рыб. М.: Наука. 297 с.

Савваитова К.А. 1989. Арктические гольцы. М.: Агропромиздат. 223 с.

Сенчукова А.Л. 2014. Генетическая дифференциация гольцов (род *Salvelinus*) озерно-речной системы Кроноцкая (Камчатка). Автореф. дис. … канд. биол. наук. М.

Сошнина В.А., Павлов С.Д., Зеленина Д.А. 2015. Филогенетические отношения мальмы *Salvelinus malma* Walbaum Командорских островов с другими представителями рода *Salvelinus* по результатам исследования митохондриальной ДНК // Матер. XVI Науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 18–19 ноября 2015 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 340–344.

Сошнина В.А., Павлов С.Д., Зеленина Д.А. 2016. Генетическое разнообразие гольцов Командорских островов по результатам исследования митохондриальной ДНК // Генетика. Т. 52. № 11. С. 1336–1341.

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

Evanno G., Regnaut S., Goudet J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software Structure: a simulation study. Molecular Ecology 14, 2611–2620.

Excoffier L., Lischer H.E.L. 2010. Arlequin suite ver. 3.5: a new series of programs to perform population genetic analyses under Linux and Windows // Mol. Ecol. Res. V. 10. P. 564–567.

Ivanova N.V., deWaard J., Hebert P.D.N. 2006. An inexpensive, automation-friendly protocol for recovering high-quality DNA // Molecular Ecology Notes. V. 6. P. 998–1002.

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. 299–295.

Revet L. 1962. A preliminary study of the migration and growth of the Dolly Varden Char in Kitoi Bay, Alaska. Alaska Department of Fish and Game. 7 p.

УДК 597.5; 591.471.31

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЧЕШУИ КЕФАЛЕЙ ЛОБАНА *MUGIL CEPHALUS* LINNAEUS, 1758, СИНГИЛЯ *LIZA AURATA* (RISSO, 1810) И ПИЛЕНГАСА *LIZA HAEMATOCHEILUS* (TEMMINCK ET SCHLEGEL, 1845)

А.В. Старцев, А.В. Назаренко, А.Ю. Карасева[1], В.А. Бутова[1]

Ст. н. с., к. б. н.; н. с., к. ф.-м. н.; Южный научный центр РАН
344006, Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41
Тел.: (863) 250-98-11, 250-98-05. E-mail: star847@mail.ru, avnazfrenko@gmail.com
[1]Студент, студент; Донской государственный технический университет
344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
Тел.: (863) 273-84-90. E-mail: alexandrakaraseva2508@mail.ru, tori.butova@yandex.ru

КЕФАЛИ, ЛОБАН, СИНГИЛЬ, ПИЛЕНГАС, ЦИКЛОИДНАЯ ЧЕШУЯ, КТЕНОИДНАЯ ЧЕШУЯ, СКЛЕРИТЫ, КТЕНИИ, РАДИАЛЬНЫЕ ЛУЧИ

В работе представлен сравнительный анализ чешуи рыб семейства кефалевых лобана, сингиля и пиленгаса. Выявлены основные морфологические признаки чешуи, которые могут быть применены для решения таксономических задач. Основные различия ктеноидной чешуи кефалевых заключаются в форме и расположении ктений. Наиболее выраженные ктении наблюдаются на чешуе пиленгаса, они имеют форму клыка и достаточно сближены между собой. Ктении на чешуе лобана хорошо выражены, но ряды не налегают друг на друга. У сингиля ктении выглядят как ромбические пластинки с небольшими выступающими шипами, напоминающие мелкую терку. Также описаны морфотипы чешуи пиленгаса в зависимости от их локализация на теле рыбы. Здесь основные различия выявляются в наличии или отсутствие ктений, отношении поперечного и продольного диаметров и площади занимаемой каудальным полем чешуи.

THE MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF SCALE OF GREY MULLET *MUGIL CEPHALUS* LINNAEUS, 1758, GOLDEN GREY MULLET *LIZA AURATA* (RISSO, 1810) AND HAARDER *LIZA HAEMATOCHEILUS* (TEMMINCK ET SCHLEGEL, 1845)

A.V. Startsev, A.V. Nazarenko, A.Yu. Karaseva[1], V.A. Butova[1]

Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Researcher, Ph. D. (Physico-mathematical sciences); Southern scientific center of RAS
344006, Rostov-on-Don, Chekhova av., 41
Tel.: (863) 250-98-11, 250-98-05. E-mail: star847@mail.ru, avnazfrenko@gmail.com
[1] Undergraduate student, Undergraduate student; Don State Technical University
344006, Rostov-on-Don, Gagarin sq., 1
Tel.: (863) 273-84-90. E-mail: alexandrakaraseva2508@mail.ru tori.butova@yandex.ru

MULLETS, GREY MULLET, GOLDEN GREY MULLET, HAARDER, CYCLOID SCALE, CTENOID SCALE, SCLERITIS, CTENYI, RADIAL RAYS

Comparative analysis of scale for several species of Mugilidae, including grey mullet, golden grey mullet and haarder, is presented. General morphological characteristics potentially useful for taxonomic purposes are figured out. The main differences revealed on ctenoid scales of mullets are the shape and the distribution of ctenyi. Haarder's scales demonstrate the most perfect ctenyi, which are of the fang shape and situated very close to each other. Grey mullet's scale ctenyi can be seen clearly, but their series do not overlap each other. The ctenyi in the golden grey mullet's scales are clear, looking as rhombic plates with small protruding spikes resembling a small grater. The morphotypes of haarder's scale depending on the place on the fish body are also described. The major differences are in present or absent ctenyi and in the ratio between the transversal or longitudinal diameters and the square of the scale caudal plot.

В настоящее время морфология чешуи современных костистых рыб мало используется в таксономических исследованиях. Тем не менее, использование 3D лазерного сканирующего микроскопа KEYENCE VK-9700 Generation II и мощных оптических микроскопов с фотонасадками способствует созданию таких иллюстраций, которые дают представление о широком полиморфизме строения рельефа чешуи костистых рыб и возможности диагностики рыб по их чешуе. Обычно в работах по систематике костистых рыб учитывается тип чешуи: циклоидная, каудальный край которой гладкий, или ктеноидная — с зубчиками на выступающей наружу стороне. Среди меристических признаков определя-

ются число вертикальных рядов и количество чешуй в продольном ряду, причем отдельно указывается число чешуй, прободенных порами боковой линии. Морфологическое описание самой чешуи, как правило, упускается. Вместе с тем особенности строения чешуи, ее форма, структура, рельеф, наличие и форма ктений, расположение склеритов, радиальных лучей и других элементов в строении чешуи могут помочь решать таксономические задачи (Дгебуадзе, Чернова, 2009).

На наш взгляд, при диагностике кефалевых, кроме всех прочих признаков, достаточно хорошо могут учитываться морфологические особенности чешуи, особенно в тех случаях, когда для исследования предоставлены только отдельные элементы чешуйчатого покрова (питание хищников, биологическая экспертиза, палеонтологические и прочие исследования).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Отбор и подготовку чешуйного материала проводили стандартным способом. Чешую брали с середины тела выше боковой линии, промывали в слабом растворе аммиака, подсушивали и скрепляли между двумя предметными стеклами. При сборе материала из каждой пробы выбиралась чешуя с наиболее ясной структурой и неповрежденной центральной зоной (Галкин, 1958, Чугунова, 1959).

Исследования поверхности чешуи выполняли на 3D лазерном сканирующем микроскопе KEYENCE VK-9700 Generation II и стереоскопическом микроскопе МБС-10, здесь фотографирование производили цифровой камерой для микроскопа MYscope 320M CCD.

Нами была исследована ктеноидная чешуя трех видов рыб семейства кефалевых: аборигенных Азово-Черноморского бассейна лобана *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758, сингиля *Liza aurata* (Risso, 1810) и акклиматизированного здесь представителя дальневосточных кефалей — пиленгаса *Liza haematocheilus* (Temminck et Schlegel, 1845). Некоторые данные по архитектонике чешуи кефалиевых рыб ранее обобщены в собственных исследованиях (Старцев и др., 2010).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Лобан Mugil cephalus Linnaeus, 1758

Центр чешуи лобана немного смещен вниз. По величине продольный и поперечный диаметры одинаковы либо первый превышает второй. Краниальный край двулопастной. Лопасти между собой разделены двумя–тремя центральными радиальными лучами. Всего на краниальном поле может быть до 13 подобных лучей, центральные из которых непрерывные и самые длинные. Латеральные лучи короткие и расположены ближе к краниальному краю. На каудальном поле подобные образования отсутствуют (рис. 1а).

Склериты имеются как на краниальном, так и каудальном полях. На краниальном поле они расположены поперечно длинной оси чешуи и прерываются радиальными лучами разной длины. Расчлененные лучами склериты образуют ложбины стока, продольные углубления, ориентированные вдоль тела чешуи. У лобана можно насчитать от 2–3 до десяти и более ложбин разной длины, самые протяженные отмечаются ближе к длинной оси чешуи.

На дорзальном и вентральном полях склериты располагаются параллельно центральной оси. Часть склеритов вклинивается на каудальное поле. Нередко в центральной части чешуи склериты имеют круговое расположение. Часть латеральных склеритов прерывается на каудальном поле.

На каудальном поле имеются ктении, располагающиеся по всей площади. Ктении цельные, не налегают друг на друга, по форме напоминают длинные зубья с тупыми концами (рис. 1б).

Сингиль Liza aurata (Risso, 1810)

Краниальный край чешуи сингиля ровный, с небольшими волнами посередине, образованными радиальными лучами, количество которых на краниальном поле варьирует от 8 до 13 шт. Форма чешуи представляет пятиугольную фигуру с плоским основанием краниального края и округлым каудальным полем. Дорсальное и вентральное поля также имеют ровные края. Центр чешуи располагается посредине или немного смещен к каудальному краю (рис. 2а).

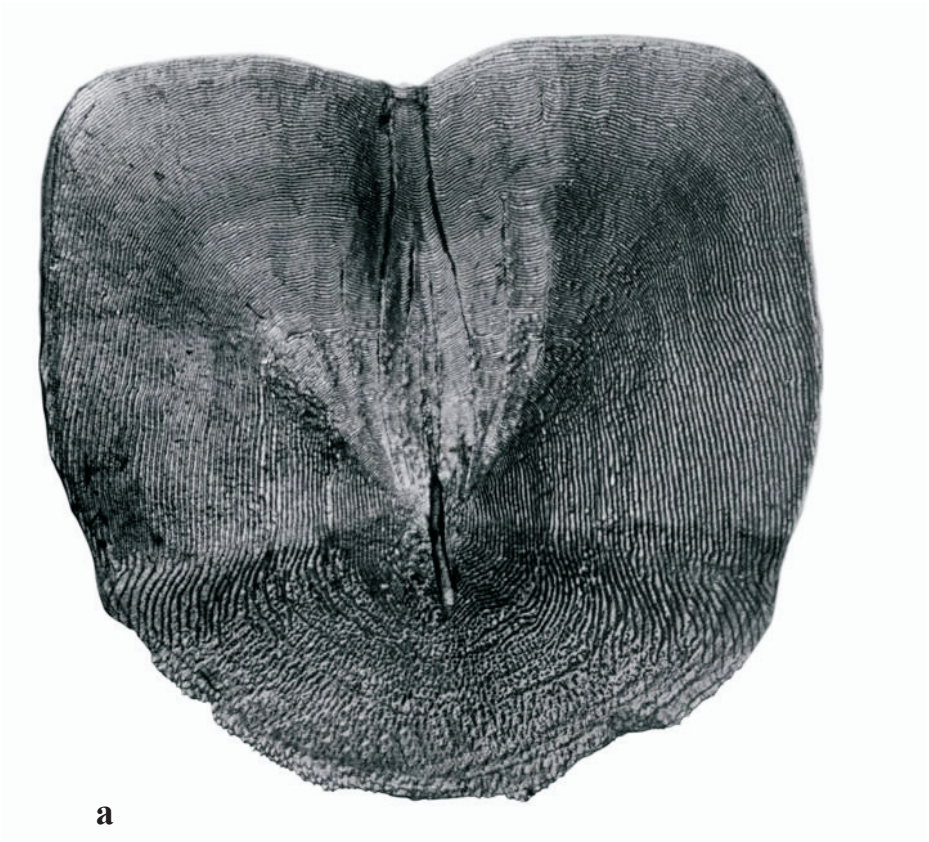
Лучи присутствуют только на краниальном поле. Расположение склеритов и ложбин стока имеют сходство с вышеописанным морфотипом чешуи лобана.

Ктении в виде ромбов, с небольшими шипами, напоминающими мелкую терку. Чешуя сейсмосенсорной системы имеет один центрально расположенный канал в виде вдавленного желобка (рис. 2б).

Пиленгас Liza haematocheilus (Temminck et Schlegel, 1845)

Краниальный край чешуи пиленгаса имеет ровные плечи и волнистый центр, с образованными радиальными лучами фестонами. Лучи присутствуют только на краниальном поле. Расположение склеритов и ложбин стока имеют сходство с вышеописанным морфотипом чешуи лобана и сингиля (рис. 3а).

Центр смещен к каудальному краю, отчего края дорсального и вентрального полей вытянуты и имеют прямую форму. Каудальный край округлый. Ктении



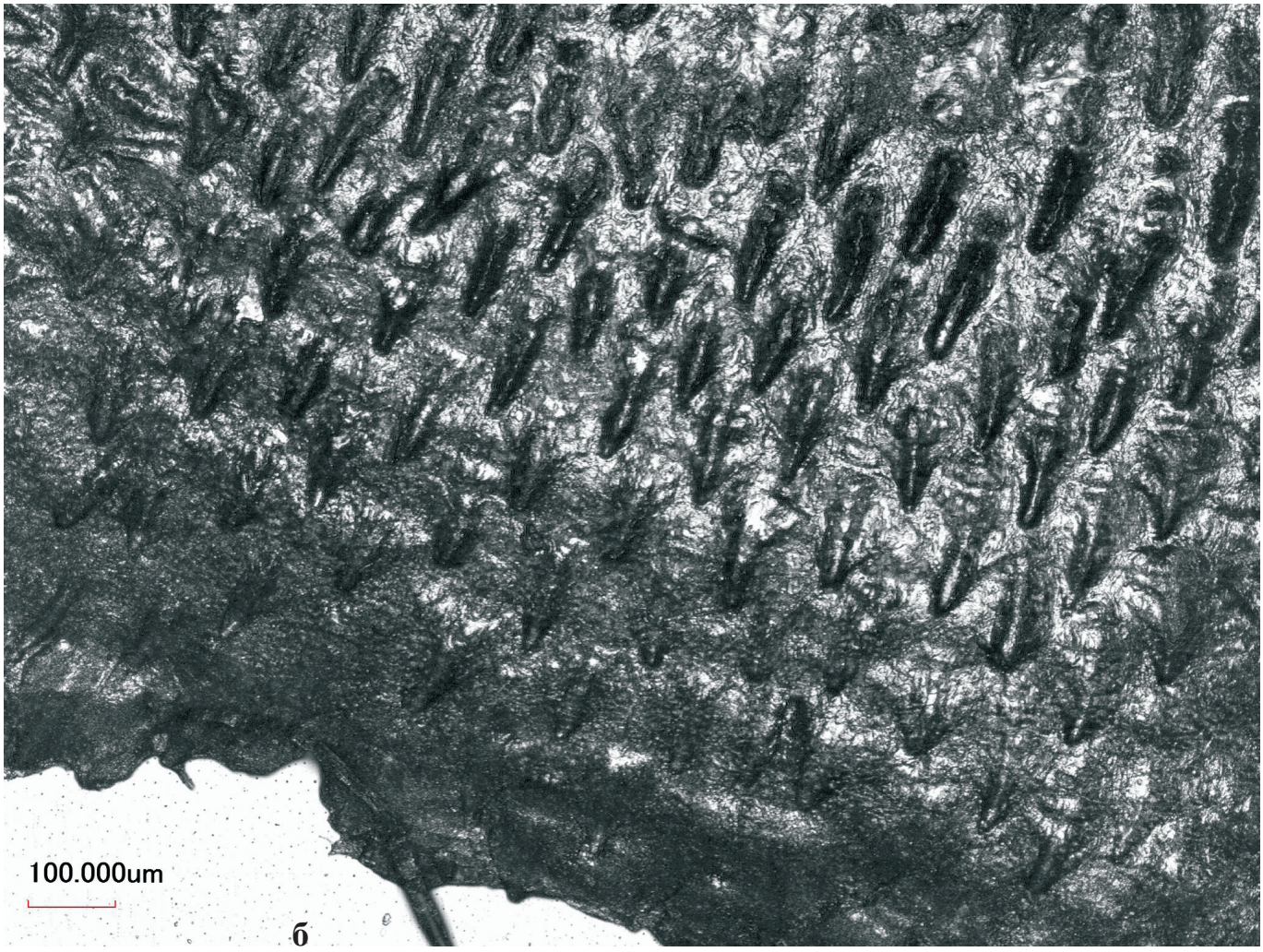


Рис. 1. Чешуя лобана: а — общий вид; б — структура каудального поля, ктении

налегают друг на друга, имеют вид больших ромбов с хорошо заметными острыми когтеобразными шипами (рис. 3б). Одиночный канал сейсмосенсорной системы, в виде желобка, имеет центральное расположение.

На разных участках тела кефалей форма и размеры чешуи имеют существенные различия. Характеризуя чешуйный покров пиленгаса, в зависимости от участков расположения нами было выделено несколько морфотипов.

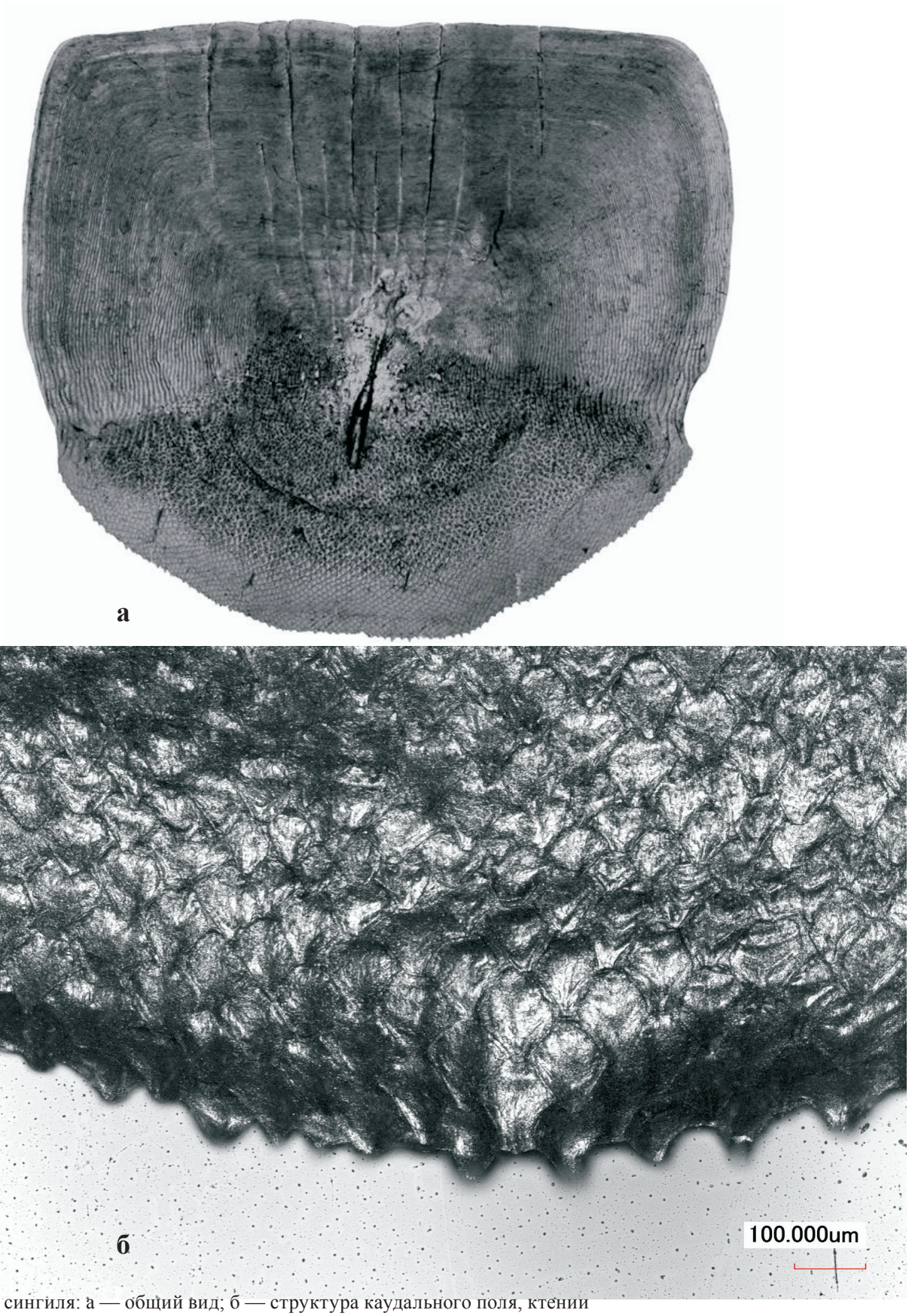


Рис. 2. Чешуя сингиля: а — общий вид; б — структура каудального поля, ктении

Чешуя, расположенная на краниальном (головном) участке циклоидная, имеет овальную форму, поперечный диаметр которой превышает продольный (рис. 4). Краниальное поле занимает около 50–70% поверхности. Центр сдвинут в каудальном направлении либо размещен посредине. Склериты повторяют контур чешуи, имеются почти на всей поверхности (утеря некоторых на каудальном поле). Радиальные

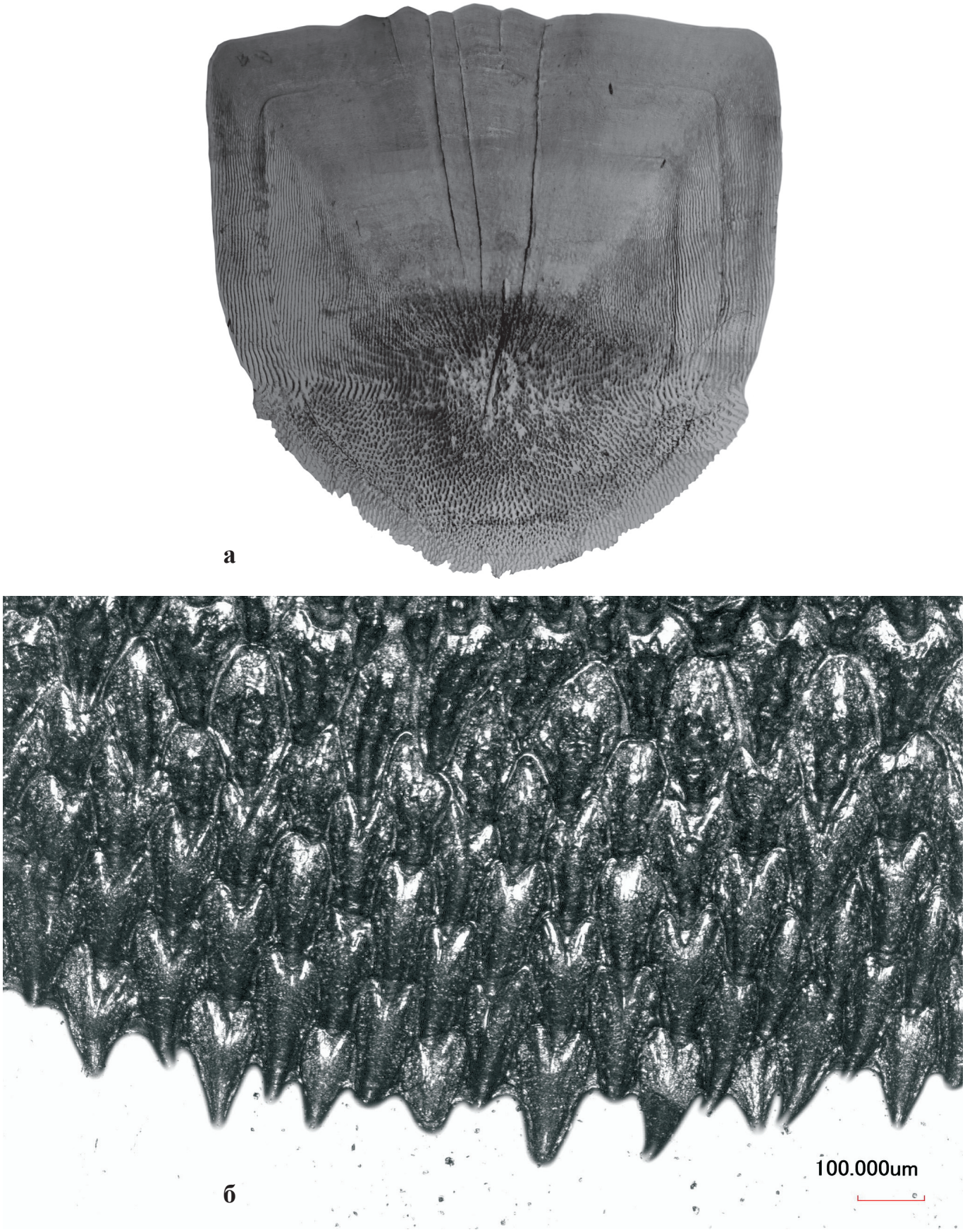


Рис. 3. Чешуя пиленгаса: а — общий вид; б — структура каудального поля, ктении

лучи слабо развиты или отсутствуют (простые чешуи). Обычно простые чешуи покрывают только голову рыбы. На чешуях заднего участка верхней части головы проявляются желобки сейсмосенсорной системы.

Чешуя латерального морфотипа (бокового) ктеноидная. У разных видов имеет овальную или близкую к округлой формы (рис. 1–3).

Краниальное поле занимает около 60–70% поверхности. Центр расположен либо в середине чешуи, либо сдвинут в каудальном направлении. Склериты идут параллельно краю чешуи и повторяют ее контуры, имеются почти на всей поверхности (утеря некоторых на каудальном поле). Волнистость краниального края поверхности чешуи обусловлена радиальными лучами, которые расходятся от центра к краям чешуи. Канал системы боковой линии обнаружен не на всех изученных чешуях, если имеется, то хорошо выражен.

Чешуя вентрального типа (брюшного) — ктеноидная. Имеет вид тонкой гладкой пластинки, вытянутой по продольному диаметру, размер которого может быть в два раза больше поперечного. Краниальное поле занимает около 65% поверхности, а каудальное — 35%. Центр сильно сдвинут в каудальном направлении. Склериты идут параллельно краю чешуи и повторяют ее контуры, имеются почти на всей поверхности (утеря некоторых на каудальном поле). Радиальные лучи присутствуют только на краниальном поле и расходятся от центра чешуи (разделенные чешуи). Гребень в центре и углы дорсального и вентрального полей образуют плечи. Сейсмосенсорный канал, если имеется, четко выражен (рис. 5).

Чешуя каудального (хвостового) морфотипа ктеноидная, с цельными ктениями. Имеет вид тонкой гладкой пластинки, овальной или округлой формы. Краниальное поле занимает около 60–70% поверхности. Центр сдвинут в каудальном направлении либо расположен посредине чешуи. Склериты идут параллельно краю чешуи и повторяют ее контуры, имеются почти на всей поверхности (утеря некоторых на каудальном поле). Волнистость краниального края поверхности чешуи обусловлна радиальными лучами, которые присутствуют только на краниальном



Рис. 4. Чешуя пиленгаса краниального морфотипа



Рис. 5. Чешуя пиленгаса вентрального морфотипа



Рис. 6. Чешуя пиленгаса каудального морфотипа

поле, расходятся от центра к краям чешуи. Сейсмосенсорный канал четко выражен (рис. 6).

Основные различия ктеноидной чешуи кефалевых (все морфотипы, кроме краниального) заключаются в форме и расположении ктений. Наиболее выраженные ктении наблюдаются на чешуе пиленгаса, они имеют форму клыка, достаточно сближены между собой, поперечные ряды налегают друг на друга.

Ктении на чешуе лобана также хорошо выражены, но между ними имеется заметный промежуток и ряды не налегают друг на друга.

У сингиля ктении выглядят как ромбические пластинки с небольшими выступающими шипами, напоминающие мелкую терку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, имея представление о характере рельефа чешуи кефалей, можно безошибочно установить вид рыбы. Такая практика может пригодиться при исследовании питания рыб, рыбоядных птиц и млекопитающих, когда приходится довольствоваться небольшими фрагментами тела, иногда сильно переваренными, но сохранившими чешуйный покров. Также в практике судебно-биологической экспертизы нередки случаи необходимости видовой диагностики и идентификации чешуи рыб или ее фрагментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Галкин Г.Г. 1958. Атлас чешуи пресноводных костистых рыб // Изв. Всесоюз. НИИ озерного и речного рыбн. хоз-ва. Т. 46. 105 с.

Дгебуадзе Ю.Ю., Чернова О.Ф. 2009. Чешуя костистых рыб как диагностическая и регистрирующая структура. М.: КМК. 315 с.

Старцев А.В., Казарникова А.В., Савицкая С.С, Шестаковская Е.В., Стрижакова Т.В., Безгатчина Т.В., Каменцева О.М. 2010. Результаты ихтиологических наблюдений в восточной части Таганрогского залива и дельты Дона. Под ред. ак. Г.Г. Матишова. Ростов н/Д: ЮНЦ РАН. 96 с.

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

УДК 597.556.331.1:591.4(262.5)

ВОЗРАСТНЫЕ ОТЛИЧИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАВРИДЫ *TRACHURUS MEDITERRANEUS* STAINDACHNER В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ

Н.С. Кузьминова, Ю.Л. Мурзин

Ст. н. с., к. б. н.; вед. инж.; ФГБУН Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН
299011, Севастополь, пр. Нахимова, 2
Тел.: (9787) 784-105. E-mail: *kunast@rambler.ru*

ЧЕРНОМОРСКАЯ СТАВРИДА, МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

В работе была установлена зависимость морфометрических параметров ставриды *Trachurus mediterraneus* Staindachner от возраста (размера): величины пластических характеристик рыб увеличиваются. Индекс отолитов слабо изменяется у самцов и самок ставриды разного возраста. Значения ряда исследованных морфометрических признаков и индекса отолитов у *T. mediterraneus* выше таковых, указанных для черноморской ставриды ранее.

THE AGE-DEPENDENT DIFFERENCES OF THE MORPHOMETRIC PARAMETERS OF *TRACHURUS MEDITERRANEUS* STAINDACHNER IN THE COASTAL ZONE OF SEVASTOPOL

N.S. Kuzminova, Yu.L. Murzin

Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Leading Engineer; Institute of Marine Biological Research named A.O. Kovalevsky of Russian Academy of Sciences
299011, Sevastopol, Nakhimov av., 2
Tel.: (9787) 784-105. E-mail: *kunast@rambler.ru*

BLACK SEA HORSE MACKEREL, MORPHOMETRIC PARAMETERS

The research demonstrates dependence of the morphometric parameters of the horse mackerel *Trachurus mediterraneus* Staindachner on the age (length) of the fish: the older, the higher values of plastic characteristics. The index of otoliths varies slightly in both males and females of mackerel horse of different ages. The values of some examined morphometric parameters and observed index of otoliths of *T. mediterraneus* are higher comparing the values earlier recorded for the Black Sea horse mackerel.

Одна из многочисленных и обладающих высокими вкусовыми и питательными свойствами рыб Черного моря, ставрида, постоянно находится под вниманием ихтиологов (Алеев, 1957; Дука, Синюкова, 1968; Зуев, Мельникова, 2005; Шульман, 1964). Сведения о биологии, в частности распределении и миграции, воспроизводстве, росту (в том числе разных ее форм), изменениях физиологических показателей в норме и при влиянии ксенобиотиков описаны в литературе (Алеев, 1957; Кузьминова и др., 2009; Кузьминова, Питерова, 2008; Сафьянова, 1958; Ракитская, 1980).

В то же время остается актуальным исследование отличий биологических характеристик этого вида в различных акваториях Черного моря для выявления локальных группировок и принадлежности рыб к различным формам и стадам (Yankova, Raykov, 2006), а также оценки уровня благополучия конкретных условий обитания в ходе всего годового цикла, в том числе при миграции этого вида.

Одним из показательных в этом отношении является анализ морфометрических параметров рыб (Yankova, Raykov, 2006). Морфологические особенности различных форм рода *Trachurus* в контексте выявления отличий в ходе онтогенеза хорошо описаны в (Алеев, 1957). Имеются сведения о морфологических характеристиках черноморской ставриды у побережья Болгарии и Турции (Yankova, Raykov, 2006).

Исследование морфологических параметров двух группировок (Карадагской и Севастопольской) черноморской ставриды *Trachurus mediterraneus* Staindachner было проведено Л.П. Салеховой (2007). По мнению автора, несмотря на наличие

определенных достоверных отличий в величинах щитков боковой линии и числе ветвистых лучей во втором спинном и анальном плавниках, это достаточно вариабельные признаки, меняющиеся в разных районах ареала в разные годы. Автор делает вывод, что исследованная ставрида — это часть общей популяции, обитающей в Мраморноморско-Черноморском бассейне (Салехова, 2007).

Ранее было установлено, что у одноразмерных особей ставриды полового диморфизма по морфологическим признакам нет (Алеев, 1957; Салехова, 2007). Целью настоящей работы явилось изучение морфометрических параметров взрослых экземпляров ставриды (из прибрежной зоны Севастополя (Черное море)) в зависимости возраста.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Морфометрические характеристики ставриды *Trachurus mediterraneus* Staindachner были изучены на особях, отловленных донными ловушками в 2014–2017 гг. в акватории бухт Карантинной, Стрелецкой и Казачьей, мыса Толстого с конца марта до июня включительно (на стадии подготовки к нересту и в его начале).

Морфометрические параметры черноморской ставриды включали такие промеры (в мм):

– абсолютная длина — расстояние от вершины нижней челюсти до вертикали конца наиболее длинной лопасти хвостового плавника (TL);
– длина тела от вершины нижней челюсти до конца средних лучей хвостового плавника (FL);
– длина тела от вершины нижней челюсти до конца чешуйчатого покрова (до заднего края последнего щитка боковой линии) (SL);
– расстояние от вершины нижней челюсти до вертикали начала основания первого спинного плавника (aD);
– расстояние от вершины нижней челюсти до вертикали начала оснований брюшных плавников (aV);
– расстояние от вершины нижней челюсти до вертикали начала основания первого анального плавника (aA);
– наибольшая высота тела (на вертикали основания первого луча первого спинного плавника) (H);
– высота головы через центр глаза (h);
– длина головы (от вершины нижней челюсти до наиболее выступающей назад точки жаберной крышки) (c);
– горизонтальный диаметр глаза (0);
– длина грудного плавника (B);
– длина брюшного плавника (V);
– межглазное расстояние (f).
– ширина отолита (d);
– длина отолита (l).

После этого анализировали также величину индекса отолитов, представляющего собой отношение длины отолита к его ширине (l/d), который принят в качестве диагностического признака (Сказкина, 1965).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что величины каждого морфологического параметра ставриды достоверно отличаются у особей при сравнении с последующей возрастной группой ($p \leq 0,05$). В тех случаях, когда параметры для 2-годовалых и 2+- и 3+-годовалых особей оказались недостоверны, достоверность установлена для групп 2+ и 4+.

Имеются сведения, что форма тела ставриды по мере увеличения ее размеров становится совершеннее. Это справедливо и в отношении длины спинного, брюшного и анального плавников (Алеев, 1957). Нами показано, что наибольшей прирост длины брюшного плавника (2,3 мм) происходит с 1 на 2 год жизни, в то время как размер грудного плавника каждый год увеличивается примерно на 3 мм (табл. 1). Как предполагал Ю.Г. Алеев (1957), положение плавников относительно концов тела тоже изменяется на протяжении всей жизни. При сравнении наших данных и литературных, установлено, что для группы рыб с достаточно широким диапазоном длины (9,9–29,6 см) расстояние от вершины нижней челюсти до начала оснований брюшного, спинного и анального плавников было ниже современных значений, хотя в нашем случае предельные размеры (TL) проанализированных особей колебались от 11,84±0,11 (1 год) до 17,05±0,45 мм (4+, 5 лет). То же наблюдали и в отношении длины грудного плавника: при сравнении рыб близкого размера в современный период величина B выше.

Известно, что по параметру «индекс отолитов» подобные исследования были проведены для другого пелагического промыслового вида Азово-Черноморского бассейна — европейского анчоуса *Engraulis encrasicolus* L. В результате авторы показали, что l/d изменяется в зависимости от размера и возраста, в связи с чем изменчивость хамсы в разных акваториях Крыма необходимо изучать только с учетом указанных характеристик (Водясова, 2013; Мурзин, 2009).

Интересно, что полученные нами значения индексов отолитов ставриды несколько выше таковых величин, рассчитанных для *Trachurus mediterraneus* из северо-западной части Черного моря и Крыма

Таблица 1. Морфометрические показатели ставриды в прибрежной зоне Севастополя (мм)

Параметр		Возраст				
		0+, 0+(1)	1+, 1+(2)	2+, 2+(3)	3+, 3+(4)	4+
TL	M±m	11,84±0,11	13,76±0,06	15,34±0,13	16,27±0,31	17,05±0,45
	n	134	441	106	28	9
	CV	10,91	9,97	8,74	10,12	8,01
FL	M±m	10,27±0,08	12,26±0,06	13,68±0,11	14,52±0,28	15,1±0,40
	n	220	440	106	28	9
	CV	11,19	10	8,43	10,09	8,03
SL	M±m	9,55±0,08	11,5±0,05	12,88±0,11	13,65±0,26	14,24±0,36
	n	222	448	106	28	9
	CV	12,05	10,19	8,48	10,27	7,68
aD	M±m	35,78±0,94	40,10±0,26	43,69±0,39	45,66±1,03	51,33±1,89
	n	23	149	44	10	6
	CV	12,67	7,83	5,89	7,11	19,89
aV	M±m	32,56±0,85	36,49±0,24	40,11±0,45	41,7±0,97	47,25±1,20
	n	23	136	41	10	6
	CV	12,54	7,76	7,27	7,33	12,69
aA	M±m	56,69±1,76	61,25±0,52	65,76±0,78	65,12±0,62	
	n	16	90	19	4	
	CV	12,44	8,12	5,20	1,91	
B	M±m	26,93±0,67	30,67±0,19	33,10± 0,44	34,67±1,05	39,42±1,95
	n	23	150	44	9	6
	CV	11,98	7,88	8,74	9,12	20,52
V	M±m	17,39±0,34	19,09±0,14	20,92±0,27	21,15±0,59	23,92±0,97
	n	23	150	44	10	6
	CV	9,52	8,74	8,67	8,85	10,18
0	M±m	9,24±0,27	10,27±0,09	11,34±0,19	11,55±0,48	13,41±0,45
	n	23	150	44	10	6
	CV	13,80	10,62	10,95	13,19	4,77
f	M±m	7,98±0,17	8,75±0,11	9,58±0,13	10,1±0,43	10,5±0,48
	n	23	138	41	10	6
	CV	10,53	14,59	8,98	13,42	5,07
H	M±m	21,32±0,65	24,43±0,17	26,29±0,32	26,85±0,65	31,33±1,50
	n	23	150	44	10	6
	CV	14,56	8,59	8,06	7,70	15,77
h	M±m	17,21±0,59	20,47±0,16	22,66±0,31	23,33±0,56	25,42±0,95
	n	7	60	25	6	6
	CV	9,16	6,08	6,82	5,85	9,99
c	M±m	30,36±0,77	33,25±0,21	35,74±0,45	36,70±1,07	42,08±1,45
	n	23	150	44	10	6
	CV	12,17	7,77	8,28	9,23	15,23

ранее (Алтухов, Михалев, 1964), а также превышают величины l/d, полученные Л.П. Салеховой (2007) в 1982 г. и 2003 г. для ставриды, отловленной в Карадаге и Севастополе соответственно. В то же время, как по данным Ю.П. Алтухова и Ю.А. Михалева (1964), так и по нашим результатам, установлена слабая связь индекса отолитов с размером / возрастом у изученного вида.

Таблица 2. Величины индекса отолитов (l/d): числитель — самки, знаменатель — самцы

Возраст	l1/d1	l2/d2
0+	– / **1,91±0,03**	– / 1,91±0,03
1+	**1,85±0,02** / 1,85±0,03	1,85±0,01 / 1,87±0,02
2+	**1,85±0,02** / 1,94±0,03	**1,86±0,03** / 1,95± 0,03
3+	1,99±0,03 / 1,86±0,04	2,01±0,04 / **1,82±0,03**

Примечание: жирным шрифтом обозначены достоверные отличия величин l/d у особей последующей возрастной группы к предыдущей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы установлено, что с увеличением возраста (размера) черноморской ставриды пластические характеристики особей увеличиваются, хотя имеются сведения (Салехова, 2007), что у рыб длиной FL более 11 см в онтогенезе пластические признаки изменяются слабо. Отмечено, что сами величины ряда исследованных морфометрических признаков и индекса отолитов у *T. mediterraneus* выше значений, указанных для черноморской ставриды ранее. Возможно, это результат улучшения условий обитания в Черном море (как кормовой базы, так и снижения загрязненности акваторий). Нельзя исключать и следствие нечастых подходов крупной ставриды в последние несколько лет, в ходе которых образуются смешанные стада, а значит гибридное, более крупное, потомство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алеев Ю.Г. 1957. Ставриды (Trachurus) морей СССР // Тр. Севастоп. биол. станции. Т. IX. С. 167–242.

Алтухов Ю.П., Михалев Ю.А. 1964. Различия в размерных соотношениях отолитов «крупной» и «мелкой» черноморских ставрид, определенных по признаку клеточной теплоустойчивости // Тр. АзЧерНИРО. Вып. 22. С. 23–29.

Дука Л.А., Синюкова В.И. 1968. Об обеспеченности личинок хамсы и ставриды пищей в условиях Черного моря / Биологические исследования Черного моря и его промысловых ресурсов. М.: Наука. С. 183–186.

Зуев Г.В., Мельникова Е.Б. 2005. Загадка крупной ставриды // Рыбное хозяйство Украины. № 6. С. 47–50.

Ракитская Л.В. 1980. Сезонная динамика морфофизиологических показателей крови ставриды и мерланга Черного моря // Экология моря. Вып. 1. С. 99–102.

Сафьянова Т.Е. 1958. Мечение ставриды в Черном море // Труды АзЧерНИРО. Вып. 17. С. 43–50.

Сказкина Е.П. 1965. Различие азовской и черноморской хамсы (*Engraulis encrasicolus maeoticus* Puzanov, *Engraulis encrasicolus ponticus* Aleks.) по отолитам // Вопр. ихтиологии. Т. 5. № 4. С. 600–605.

Шульман Г.Е. 1964. Особенности динамики жирности крупной ставриды Черного моря в связи с ее биологией // Тр. АзЧерНИРО. Вып. 22. С. 101–106.

Водясова Е.А. 2013. Значения индекса отолитов у разноразмерных групп анчоуса *Engraulis encrasicolus* у берегов Крыма // Доповіді Нац. Акад. наук. № 2. С. 133–137.

Кузьминова Н.С., Костова С.К., Плотицина О.В. 2009. Содержание ртути в тканях рыб прибрежного комплекса г. Севастополя в 2005–2007 гг. // Рибне господарство України. 2009. № 2/3 (61, 62). С. 29–36.

Кузьминова Н.С., Питерова Т.О. 2008. Свертываемость крови и индексы иммунокомпетентных органов черноморских рыб в норме и при закислении среды // Рибне господарство України. № 5 (58). С. 57–59.

Мурзин Ю.Л. 2009. Связь индекса отолитов с размерами хамсы как показатель ее внутривидовой дифференциации // Збірка матеріалів II Міжнародної конференції “Сучасні проблеми біології, екології та хімії” (1–3 жовтня 2009 р., Запоріжжя). С. 103–104.

Салехова Л.П. 2007. Морфологическая характеристика ставриды *Trachurus mediterraneus* Staindachner, обитающей в прибрежной зоне Крыма // Рибне Господарство України. № 3–4. С. 38–43.

Yankova M.H., Raykov V.S. 2006. Morphological properties of horse mackerel, *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev, 1956 (Osteichthyes: Carangidae) from the Black Sea // Turkish J. of Fisheries and Aquatic sciences. 6. P. 85–91.

УДК 582.273. 574.32

АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *GELIDIUM SPINOSUM* (S.G. GMELIN) P.C. SILVA (RHODOPHYTA) В ПРИБРЕЖЬЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

И.К. Евстигнеева, И.Н. Танковская

Ст. н. с., к. б. н.; мл. н. с.; ФГБУН Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН
299011, Севастополь, пр. Нахимова, 2
Тел.: (8692) 550-795. E-mail: Logrianin@nm.ru

КРЫМ, ЧЕРНОЕ МОРЕ, GELIDIUM SPINOSUM (S.G. GMELIN) P.C. SILVA, RHODOPHYTA, СЛОЕВИЩЕ, ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯ, РАЗМЕРНО-МАССОВЫЙ СОСТАВ, ДИНАМИКА

Впервые в ходе многолетних исследований были определены размерно-массовые параметры слоевища и ценопопуляций черноморского *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva (Rhodophyta). Установлены их крайние, средние значения, а также пространственно-временная, топическая локализация и изменчивость. Выявлены константные и динамичные признаки слоевища и ценопопуляции.

ANALYSIS OF *GELIDIUM SPINOSUM* (S.G. GMELIN) P.C. SILVA (RHODOPHYTA) COENOPOPULATIONS IN THE COASTAL ZONE OF THE BLACK SEA

I.K. Evstigneeva, I.N. Tankovskaya

Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Researcher; Institute of Marine Biological Research RAS
299011, Sevastopol, Nakhimov ave., 2
Tel.: (8692) 550-795. E-mail: Logrianin@nm.ru

CRIMEA, THE BLACK SEA, GELIDIUM SPINOSUM (S.G. GMELIN) P.C. SILVA, RHODOPHYTA, THALLUS, COENOPOPULATION, SIZE-WEIGHT STRUCTURE, DYNAMICS

For the first time, size and weight parameters of thallus and coenopopulations of the Black Sea most spread species *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva (Rhodophyta) were evaluated. Extreme and averaged values, spatial-temporal and topical distribution and variability were estimated. Constant and dynamic traits of the thallus and coenopopulations were figured out.

Популяционный подход в экологии по своему теоретико-практическому значению, по разнообразию методов не уступает экосистемному. По мнению А.М. Гилярова (Гиляров, 1990), наряду с определением экологии как науки об экосистемах не меньше прав на существование имеет и ее определение как науки о популяциях.

Значимость популяционных исследований отдельных видов определяется тем, что они дают наиболее полное представление о роли организмов в сообществе и об их устойчивости в нем. Состав популяции обусловлен как биологическими свойствами вида, так и характером его местообитания, а также длительностью существования вида в ценозе (Работнов, 1950). Особи, входящие в популяцию, в связи с различием в возрасте и жизненном состоянии, сильно отличаются друг от друга по мощности развития таллома и его отдельных частей, что, так или иначе, отражается и на степени воздействия их на среду и другие организмы. Поэтому изучение размерно-массовой структуры ценопопуляции интересно для понимания особенностей формирования бентосных сообществ.

Красные водоросли (Rhodophyta) играют существенную роль среди морских макрофитов, являясь основой структурно-функционального биоразнообразия бентосной флоры Мирового океана и Черного моря в частности. По данным А.А. Калугиной-Гутник (1975), в Черном море группа формаций Rhodophyta представлена наибольшим числом растительных сообществ и включает 10 формаций, 17 ассоциаций. Однако до сих пор состав, структура и динамика попу-

ляций большинства ключевых видов вообще, и красных в частности, остаются неизученными.

Красная черноморская водоросль *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva характеризуется ценным химическим составом, включающим комплекс агароподобных веществ антибактериального, противогрибкового и противоопухолевого действия (Зайцев и др., 1980), что делает его важным объектом культивирования (Беляев, 2006; Евстигнеева, Танковская, 2016). Большой интерес к культивированию видов этого рода связан с истощением естественных запасов и непредсказуемостью ежегодных урожаев в природных популяциях (Титлянов, Титлянова, 2006). Кроме того, *G. spinosum* является содоминантом ряда олигосапробных ассоциаций Черного (Калугина-Гутник, 1975) и активным колонизатором искусственных субстратов и гидротехнических сооружений. Всем этим определяется актуальность изучения пространственно-временной и топической изменчивости размерно-массовых характеристик слоевища и ценопопуляций (ЦП) *G. spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основой данного исследования послужили альгологические сборы, проведенные в период с 2002 по 2016 гг. Отбирали материал вручную методом пробных площадок 25×25 см (Калугина, 1969). На рисунке 1 представлена карта-схема районов проведения работ.

Размерно-массовую структуру ЦП определяли путем взвешивания и измерения слоевищ во влажном состоянии. Оптимальный объем выборки зависит от степени изменчивости изучаемого признака. Тем не менее в большинстве случаев достаточно точные результаты получаются при ее объеме n=100, что и было учтено в наших исследованиях. При группировании полученных данных число классов и классовый интервал определяли в соответствии с формулой Стерджеса (Sturges, 1926). На основе этой формулы для вариационного ряда размерных характеристик ЦП вида был принят шаг, равный 0,5 см, для массовых — 0,03 г. Число вариант, относящихся к тому или иному классу, выражали в процентах от объема выборки.

Сравнительный анализ размерно-массовых характеристик проводили для растений, собранных в течение одного сезона в разных районах побережья (1); в одном районе в разные сезоны (2); в одном и том же районе в один и тот же сезон на разных типах твердого субстрата (3). Анализ материала осуществляли по следующим параметрам: количественные (длина (l) и масса (m) слоевища, количество размерно-массовых и модальных классов, частота встречаемости), качественные (тип размерно-массового спектра: дискретный или непрерывный, моно- или мультимодальный, характер смещения доминирующих классов), статистические (мода (M_o), средние величины размерно-массовых показателей ($x_{ср.}$), лимиты (Lim) и размах (R) вариации, доверительный интервал (Δ), среднее квадратическое отклонение (σ), коэффициенты вариации (C_v) и корреляции (r) (Шмидт, 1984; Шитиков и др., 2005). Силу и характер изменчивости параметров определяли по шкале Г.Н. Зайцева (Зайцев, 1990).

Особенности пространственной изменчивости вышеперечисленных параметров исследовали у *G. spinosum*, собранного летом и осенью в 11 районах побережья Крыма (рис. 1). Силу, характер и направленность сезонных изменений ЦП и ее представителей определяли у растений, собранных на искусственном субстрате (ИС) в бухтах Ласпинская и Карадагская. Летние альгологические сборы на ИС и естественном субстрате (ЕС) в бухте Балаклавская, вблизи поселка Кацивели и весенние у мыса Мартьян



Рис. 1. Карта-схема районов исследования: бухта Карантинная (1), бухта Мартынова (2), бухта Балаклавская (3), Золотой пляж (4), урочище Батилиман (5), бухта Ласпинская (6), пансионат «Изумруд» (7), мыс Сарыч (8), поселок Форос (9), поселок Кацивели (10), мыс Мартьян (11), поселок Новый свет (12), Карадаг (13)

использовали для оценки топической изменчивости размерно-массовых параметров *G. spinosum*.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Gelidium spinosum. Пространственная изменчивость размерно-массовых характеристик слоевища и ЦП *G. spinosum* в летний и осенний периоды вегетации

Пространственная структура ценопопуляций есть совокупный результат различных популяционных, биоценотических, экотопических влияний на ее отдельные элементы. Существует мнение, что посредством пространственной структуры реализуются основные адаптивные возможности ценопопуляции, с ней связаны устойчивость и продуктивность растительных сообществ (Заугольнова и др., 1991). Это заставляет исследователей чаще обращаться к изучению такой стороны организации живой материи.

Осенью индивидуальная длина слоевища *G. spinosum* в разных районах побережья Крыма изменяется от 0,4 до 4,7 см, а ее среднее значение варьирует от 2,1±0,1 в бухте Мартынова до 3,1±0,3 см в бухте Балаклавская и в прибрежье пансионата «Изумруд». Самый большой размах вариации размеров слоевища приходится на ЦП в акватории урочища Батилиман, поселков Кацивели и Форос. Внутрипопуляционная изменчивость длины растений осенью невелика и соответствует «нормальному» типу (табл. 1). Размерный спектр состоит из 4–8 классов с максимумом разнообразия в акватории поселка Форос. Вариабельность данного показателя в пространстве незначительная. В большинстве случаев размерный спектр мономодальный. Значения моды разнообразны, но наиболее часто в ЦП доминируют особи длиной 2,5 см. Доля модальных классов составляет 21–55% с максимумом в бухте Мартынова. Как правило, размерный спектр при выбранном классовом шаге непрерывный, а в расположении модальных классов возможны варианты: смещение влево, вправо или его отсутствие.

Осенью индивидуальная масса *G. spinosum* изменяется от 0,005 до 0,47 г. Размах ее значений колеблется очень широко: от 0,05 до 0,44 г. Средняя для каждого района исследования масса слоевища составляет 0,03±0,01 … 0,2±0,005 г, при этом первое значение встречается чаще. Этот же показатель, но для всего обследованного участка берега, достигает 0,06±0,05 г. Внутрипопуляционные изменения значений массы растений в каждом месте сбора материала осуществляются по трем типам: «верхненормальная», «значительная» и «большая» изменчивость. Два последних типа характерны для ЦП более половины обследованных районов. Количество массовых классов от района к району меняется в «значительной» мере (табл. 1). Наибольшим разнообразием характеризуется ЦП, встречающаяся в бухте Балаклавская, наименьшим — в акватории поселка Кацивели. Как правило, спектр, отражающий разнообразие массовых классов, мономодальный, непрерывный, левосмещенный за счет преобладания особей мелких особей. Среди значений моды наиболее часто встречается величина в 0,03 г. Самые крупные особи зарегистрированы в ЦП бухты Балаклавская, где почти треть растений имеют массу в 0,21 г.

Летом наблюдается пик вегетации гелидиума, и в это время ЦП состоит из особей, более крупных,

Таблица 1. Пространственная изменчивость размерно-массовых характеристик ЦП и слоевища *G. spinosum* осенью

Параметры	Станции						
	2	3	5	6	7	9	10
Размерные параметры							
Lim, см	1,5–2,6	2,0–4,0	1,1–4,2	1,2–3,4	1,9–4,7	0,4–3,8	1,5–4,5
R, см	1,1	2,0	3,1	2,2	2,8	3,4	3,0
$X_{ср} \pm \Delta$	2,1±0,1	3,1±0,3	2,6±0,2	2,3±0,2	3,1±0,3	2,2±0,2	3,0±0,3
C_v, %	12	22	27	23	25	30	27
Тип изменчивости	нн	нн	вн	нн	вн	вн	вн
Дискретность спектра	Н	Н	Д	Н	Н	Н	Н
Количество размерных классов / M_o, см	4/2,0	5/4,0	6/2,5;3,0	5/2,5	7/2,5	8/2,5	7/2,5;3,5
Смещение доминирующего класса	влево	вправо	влево	вправо	влево	вправо	нет
Массовые параметры							
Lim, г	0,01–0,08	0,03–0,47	0,01–0,07	0,01–0,07	0,01–0,08	0,01–0,28	0,005–0,06
R, г	0,07	0,44	0,06	0,06	0,07	0,27	0,055
$X_{ср} \pm \Delta$	0,03±0,01	0,20±0,05	0,03±0,01	0,03±0,005	0,03±0,01	0,07±0,01	0,03±0,05
C_v, %	72	63	53	45	65	42	42
Тип изменчивости	б	з	з	з	б	вн	вн
Дискретность спектра	Н	Д	Н	Н	Н	Д	Н
Количество массовых классов / M_o, г	3/0,03	10/0,21	3/0,03	3/0,03	3/0,03	7/0,06	2/0,03
Смещение доминирующего класса	влево	влево	влево	влево	влево	влево	влево

Примечание: здесь и в таблицах 2 и 3: Н — непрерывный спектр, Д — дискретный спектр; нн — нижняя норма, вн — верхняя норма, б — большая, з — значительная, об — очень большая, а — аномальная изменчивость.

чем осенью. Так, в этот период длина, средняя для всего исследованного участка черноморского побережья, в 1,3 раза выше, чем осенью. Еще заметнее выглядит разница в лимитах и размахе вариации индивидуальной длины: летом первый показатель больше в 1,5 и 2 раза, а второй — в 2,5 раза. Тем не менее размерный состав ЦП летом и осенью проявляет больше сходства, чем различия. Все внутрипопуляционные изменения размерных характеристик в каждом районе и в целом для исследованного побережья носят характер «нормальных» вариаций биологических признаков. Спектр состоит из примерно одинакового количества размерных и модальных классов, значения моды в большинстве случаев совпадают, а сам он является преимущественно непрерывным. Расположение модальных классов определяется теми же особенностями размерных характеристик растений в ЦП, что и осенью.

В отличие от длины слоевища, его масса, средняя для каждого района и всего подвергнутого исследованию участка прибрежья, а также размах пространственной изменчивости параметра летом и осенью почти одинаковы. Массовый спектр представлен одним и тем же числом классов, среди которых чаще доминирует только один из них, как правило, с модой 0,03 г. Такой спектр является дискретным или непрерывным, но всегда смещенным влево, в сторону классов с низкой массой.

Наряду с таким сходством летом и осенью существуют и заметные различия массовых характеристик растений в ЦП *G. spinosum*. Так, летом изменения средней массы от района к району могут носить характер «верхненормальных» и нередко «значительных», то есть менее интенсивных, чем осенью. Осенью состав ЦП во многом корректируется усиленной ветро-волновой деятельностью моря. Лимиты и размах индивидуальной массы, разнообразие типов ее изменчивости и значений моды летом значительно выше, чем осенью. Летом превалирует дискретность спектра, осенью — непрерывность.

Общеизвестно, что биологические признаки находятся в определенной зависимости друг от друга и от условий среды. К числу таких взаимосвязанных признаков водорослей, безусловно, относятся размеры и масса их талломов. Однако недостаточно только констатировать наличие подобных связей, их надо еще и измерять. С этой целью была определена степень сопряженности между этими признаками методом корреляционного анализа (Лакин, 1973). Оказалось, что по направлению корреляция между исследованными признаками *G. spinosum* в большинстве исследованных районов является положительной и прямой ($r = 0,4 – 0,6$). По существующей классификации коэффициентов корреляции такая связь в разных районах относится к средней по величине. Лишь в двух случаях (бухты Мартынова и Ласпинская) прямолинейная связь между изучаемыми признаками отсутствует.

Сезонная изменчивость размерно-массовых характеристик слоевища и ЦП *G. Spinosum*

Бухта Карадагская. В течение года, кроме лета, ЦП *G. spinosum* состояла из особей, средняя длина слоевища которых была одинаковой. Летом она была почти вдвое выше. Весной и летом коэффициент вариации длины слоевища не достигал 30%, в остальные сезоны и особенно зимой его величина была существенно выше. Каждый сезон, несмотря на такие различия, изменчивость длины слоевища по шкале Г.Н. Зайцева соответствовала «нормальному» типу. Лимиты и размах вариаций индивидуальных размеров растений были особенно высоки летом и незначительны весной и осенью. Количество размерных классов от сезона к сезону менялось в колебательном режиме с более выраженным летним максимумом. В свою очередь, количество модальных классов зимой было вдвое выше, чем в другие сезоны года. Значения моды в разные периоды чаще не совпадали. Зимой и весной размерный спектр ЦП характеризовался дискретностью, а в осенний — левосмещенностью (рис. 2). В остальные сезоны года спектр был непрерывным, а весной и летом — симметричным или близким к таковому. В целом, минимальный уровень большинства количественных характеристик ЦП и слоевища приходился на весну, на начальный период вегетации вида.

Анализ сезонных изменений массовых показателей слоевища и ЦП *G. spinosum* показал наличие для большинства из них совпадения весной и летом, осенью и зимой (табл. 2). Уровни многих показателей в весенне-летний период превышали таковые в осенне-зимнее время. Весной и летом спектры массовых классов отличались дискретностью (рис. 2). Признаками, объединяющими массовые спектры в разные сезоны, являлись абсолютное совпадение характера смещения доминирующих классов, высокая внутрисезонная изменчивость массы слоевища и ее средняя величина, близкая к одинаковой.

Величина коэффициента корреляции изменений длины и массы слоевища вида в бухте Карадагская свидетельствовала о наличии положительной и средней по величине связи. Исключение касается весеннего периода, когда значение коэффициента r было положительным, но вдвое меньшим.

Бухта Ласпинская. В данном районе средние для сезона размеры слоевища *G. spinosum* совпадали с таковыми в бухте Карадагская. Исключением оказались почти вдвое более низкие значения длины растений весной. Размах вариации индивидуальной длины слоевищ зимой и осенью был одинаковым (3,1 см), близким к нему был и его летний уровень. Величина размаха ее изменчивости весной уменьшалась почти в два раза. Зимой и осенью ЦП вида состояла из равного количества размерных классов, превышающего таковое в теплый период года (рис. 2). Значения моды варьировали от 1,5 см весной до 3,5 зимой. В смеще-

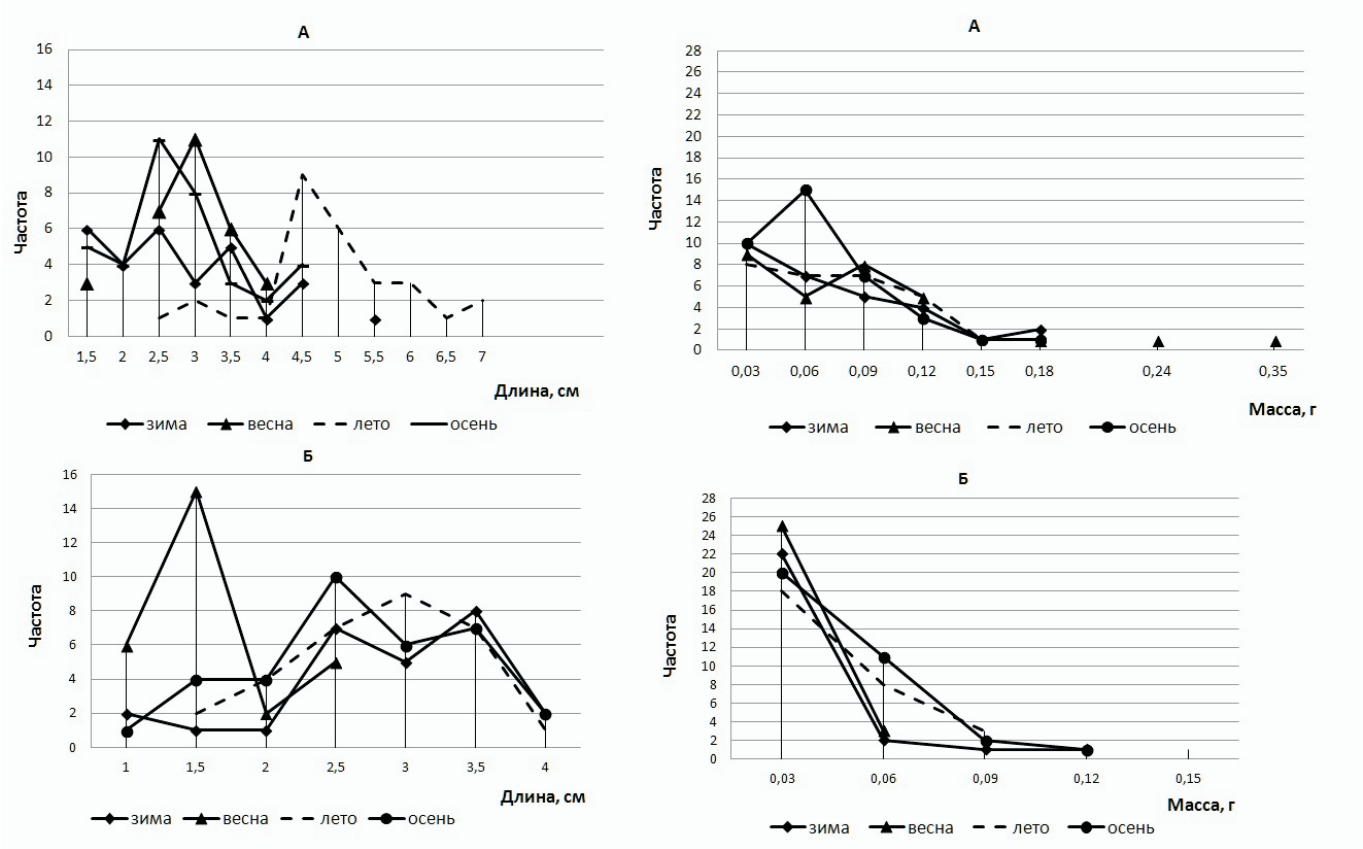


Рис. 2. Сезонные изменения частоты встречаемости особей *G. spinosum* разных размерно-массовых классов на ИС в бухтах Карадагская (А) и Ласпинская (Б)

Таблица 2. Сезонная изменчивость размерно-массовых характеристик ЦП и слоевища *G. spinosum* в бухтах Карадагской и Ласпинской

Параметры	Районы							
	Бухта Карадагская				Бухта Ласпинская			
	Сезоны							
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
Размерные параметры								
Lim, см	1,2–5,5	1,5–4,0	2,2–8,4	1,3–4,5	0,9–4,0	0,9–2,5	1,4–4,0	0,6–3,7
R, см	4,3	2,5	6,2	3,2	3,1	1,6	2,6	3,1
$X_{ср} \pm \Delta$	2,7±0,4	2,7±0,2	4,8±0,5	2,6±0,3	2,7±0,3	1,4±0,2	2,6±0,2	2,4±0,3
C_v, %	41,0	23,0	26,0	32,0	30,0	32,0	25,0	33,0
Тип изменчивости	вн	нн	вн	вн	вн	вн	вн	вн
Дискретность спектра	Д	Д	Н	Н	Н	Н	Н	Н
M_o, см	1,5; 2,5	3,0	4,5	2,5	2,5; 3,5	1,5	3,0	2,5
Смещение доминирующего класса	влево	нет	нет	влево	вправо	влево	нет	влево
Массовые параметры								
Lim, г	0,02–0,18	0,01–0,35	0,01–0,24	0,01–0,17	0,01–0,11	0,01–0,05	0,01–0,13	0,01–0,12
R, г	0,16	0,34	0,23	0,16	0,1	0,04	0,125	0,11
$X_{ср} \pm \Delta$	0,07±0,02	0,08±0,02	0,07±0,02	0,06±0,01	0,03±0,01	0,02±0,004	0,03±0,01	0,04±0,01
C_v, %	65,0	87,0	74,0	60,0	78,0	47,0	77,0	67,0
Тип изменчивости	б	об	б	з	б	з	б	б
Дискретность спектра	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Д	Н
M_o, г	0,03	0,03; 0,09	0,03; 0,06; 0,09	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03
Смещение доминирующего класса	влево	влево	влево	влево	влево	влево	влево	влево

нии доминирующих классов имели место разные варианты: зимой и осенью на графике распределения значений длины растений они располагались ближе к центру, весной были сдвинуты влево, летом — вправо. Весной, летом и осенью размерный состав ЦП был мономодальным, зимой — бимодальным. Вместе с тем ЦП в каждом сезоне имела непрерывный размерный состав и одинаковую «верхненормальную» изменчивость длины составляющих ее особей (C_v. = 25–33%). Зимой и осенью можно было наблюдать более значительное сходство размерной структуры, чем в другие сезоны года. В бухте Ласпинская минимум почти всех количественных показателей размерных характеристик ЦП и слоевища приходился на весну, то есть на тот же сезон, как в вышеописанном районе. Скорее всего, это было связано с тем, что весна является периодом начального развития ЦП видов гелидиума.

Показательно, что средние для сезона размеры слоевища, разнообразие размерных классов в бухте Ласпинской были ниже, чем в Карадагской. Здесь средняя масса слоевища гелидиума по сезонам менялась незначительно и имела слабо выраженные весенний минимум и осенний максимум. Изменчивость индивидуальной массы, лимиты ее вариаций, количество массовых классов весной были ниже, чем в другие сезоны. Различие массовых спектров проявлялось в том, что только летом они были дискретными, а весной состояли из наименьшего количества классов (рис. 2). Вместе с тем, независимо от времени вегетации, в ЦП можно было выделить только один модальный класс, который объединял особи с небольшой массой, отчего спектр всегда выглядел левосмещенным. Растения ЦП *G. spinosum* в бухте Ласпинской имели более низкую среднюю массу слоевища, чем в бухте Карадагской, а ее массовый спектр был уже и с меньшим количеством модальных классов. Такие же особенности спектра были ранее отмечены и в случае размерных характеристик.

Топическая изменчивость размерно-массовых характеристик слоевища и ЦП *G. spinosum*

Летом ЦП вида на разных субстратах в прибрежной зоне поселка Кацивели по размерам слоевища, их изменчивости, разнообразию размерных и модальных классов мало отличались друг от друга или были полностью идентичными. Незначительные различия проявлялись в степени дискретности и местоположении доминирующих классов. На ЕС размерный спектр был дискретным и смещенным в сторону мелкоразмерных классов, тогда как на ИС он был непрерывным, близким к симметричному (рис. 3). Размерные классы, образующие соответствующий спектр ЦП на обоих субстратах, были разными, но как бы дополняющими друг друга. Близкие особенности размерной структуры ЦП *G. spinosum* можно было наблюдать в бухте Балаклавская. Но при этом, в отличие от таковых в районе поселка Кацивели, изменчивость длины слоевища на ИС была ниже, чем на ЕС, а сам спектр выглядел дискретным.

Весной в прибрежье мыса Мартьян ЦП, развивающиеся на разных субстратах, отличались друг от друга более существенно. Так, средняя длина растений и размах ее изменчивости на ИС были почти в 1,5 раза больше, чем у растений на ЕС. То же наблюдалось и в отношении количества размерных классов и величины моды (рис. 3). Сравниваемые ЦП различались степенью дискретности размерного спектра и местоположением доминирующего класса.

Сходство и различие ЦП и слоевища на разных твердых субстратах касалось массовых характеристик. В прибрежье поселка Кацивели средняя масса слоевища, ее изменчивость, разнообразие массовых классов, величина моды были выше на ЕС. Массовый спектр здесь отличался непрерывностью. Общими чертами ЦП, произрастающих на разных субстратах, являлись мономодальность и левосмещенность массового спектра.

В бухте Балаклавская ЦП на ЕС имела более высокую среднюю массу слоевища, ее массовый спектр был сокращен на два класса, но неизменно проявлял дискретность (рис. 3). В условиях данной бухты ЦП на разных субстратах имела большее сходство, чем в районе поселка Кацивели.

Иной была ситуация в прибрежье мыса Мартьян (табл. 3). Здесь средняя масса слоевища, количество массовых классов, значение моды были вдвое–втрое ниже на ЕС, а массовый спектр отличался непрерывностью. При этом ЦП на обоих субстратах, так же, как и в других районах, имела мономодальный и левосмещенный массовый спектр. Выявленные различия между ЦП на разных субстратах не являются принципиальными, что расширяет возможности культивирования *G. spinosum*.

Коэффициент корреляции изменений массы и длины слоевища *G. spinosum*, как правило, свидетельствует о слабой и очень слабой связи на ИС и обычно средней и сильной — на ЕС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые в ходе многолетних исследований были определены размерно-массовые параметры слоевища и ценопопуляций черноморского *Gelidium spinosum* (Rhodophyta). Выявлены их крайние, средние значе-

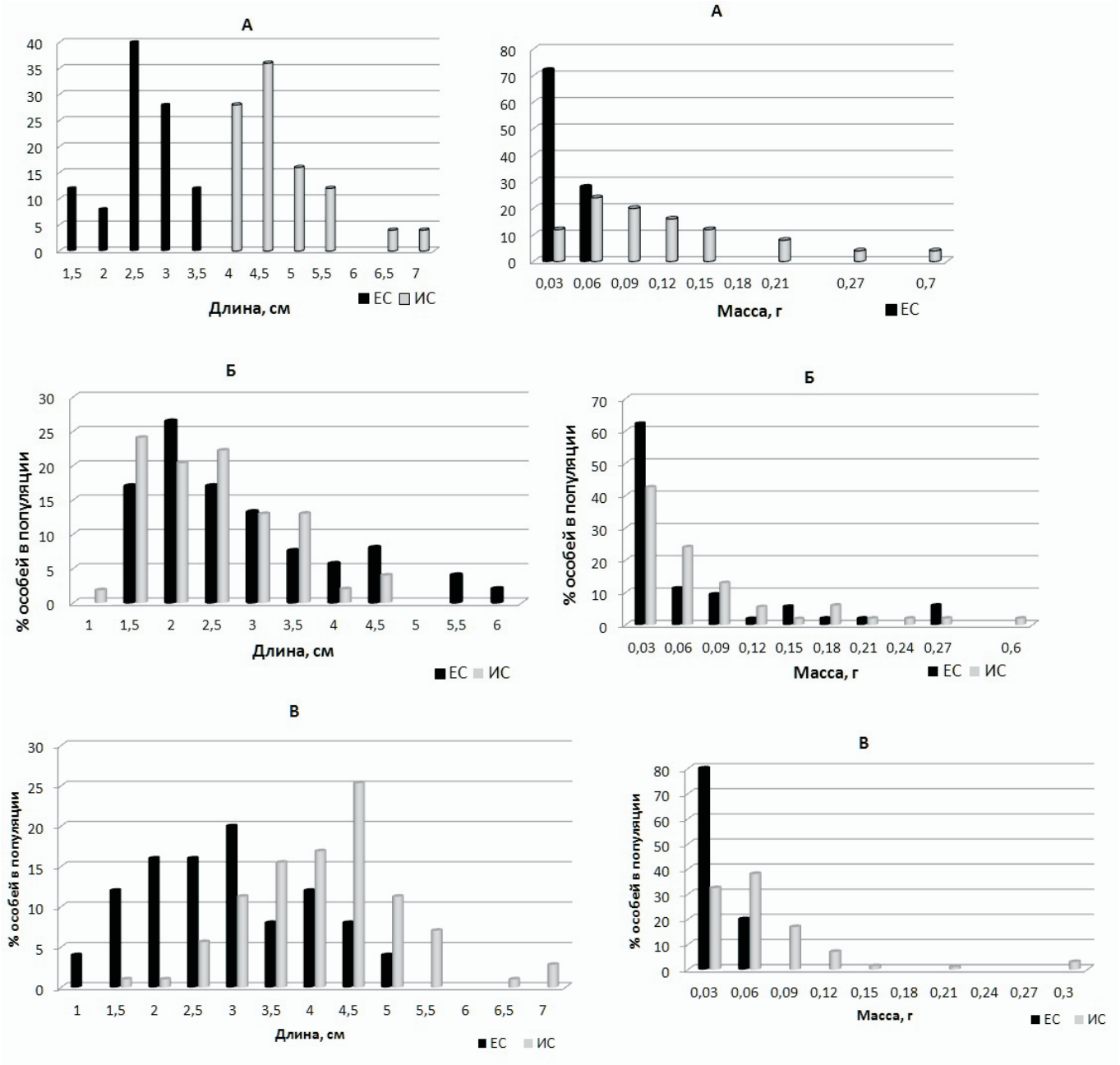


Рис. 3. Размерно-массовый спектр *G. spinosum* на ИС и ЕС южного берега Крыма (А — поселок Кацивели, Б — бухта Балаклавская, В — мыс Мартьян)

Таблица 3. Размерно-массовые характеристики слоевища и ЦП *G. spinosum*, произрастающих на естественном и искусственном субстратах

Параметры	Поселок Кацивели		Бухта Балаклавская		Мыс Мартьян	
	ИС	ЕС	ИС	ЕС	ИС	ЕС
Размерные параметры						
Lim, см	1,3–3,5	3,6–6,7	1,0–4,5	1,1–5,6	1,5–7,0	1,0–4,6
R, см	2,2	3,1	3,5	4,5	5,5	3,6
$X_{ср} \pm \Delta$	4,9±0,9	4,6±0,3	2,2±0,2	2,5±0,7	3,9±0,2	2,7±0,6
$C_v^{ср}$, %	24	16	37	45	27	39
Дискретность спектра	Д	Н	Н	Д	Д	Н
M_o, см	2,5	4,5	1,5;2;2,5	2,0	4,5	3,0
Тип изменчивости	нн	нн	вн	з	вн	вн
Массовые параметры						
Lim, г	0,01–0,06	0,02–0,7	0,01–0,6	0,006–0,26	0,01–0,3	0,004–0,06
R, г	0,05	0,68	0,59	0,254	0,29	0,056
$X_{ср} \pm \Delta$	0,05±0,02	0,12±0,05	0,07±0,02	0,1±0,07	0,06±0,01	0,02±0,006
$C_v^{ср}$, %	57	114	112	129	86	39
Дискретность спектра	Д	Н	Д	Н	Д	Н
M_o, г	0,03	0,06	0,03	0,03	0,06	0,03
Тип изменчивости	з	а	а	а	б	вн

ния, а также пространственно-временная, топическая локализация и изменчивость.

Показано, что внутрипопуляционная изменчивость длины слоевища и разнообразия размерного спектра ЦП в разных районах черноморского прибрежья невелика и соответствует «нормальному» типу вариаций биологических признаков. Особенностями размерного спектра являются мономодальность, непрерывность, сочетание симметричности и ассиметричности в расположении доминирующих классов. Масса слоевища и разнообразие соответствующего спектра ЦП гелидиума от района к району и в пределах каждого из них варьируют сильнее, чем их размерные характеристики. Размерно-массовые спектры во многом идентичны, кроме выраженной левосмещенности массового состава за счет доминирования особей с малой массой. Некоторым параметрам пространственной изменчивости слоевища и особенно ЦП характерно сходство в разное время года.

Круглогодичные исследования показали, что в осенне-зимний и весенний периоды длина слоевища *G. spinosum* остается постоянной и лишь летом достигает максимума. Максимум других размерных показателей приходится на весенне-летний период. Постоянными и независимыми от сезона являются характер расположения доминирующих классов, высокая внутрисезонная изменчивость массы слоевища и ее средняя величина. Показано, что сезонные особенности размерно-массового состава ЦП, параметров слоевища и их динамики корректируются комплексом факторов, характерных для конкретного района обитания изучаемого вида.

Установлено, что размеры слоевища и их внутрипопуляционная изменчивость, разнообразие размерных и модальных классов не зависят от характера твердого субстрата. Тем не менее размерные спектры на ЕС и ИС в разные периоды года могут отличаться. Летом многие массовые характеристики слоевища и ЦП, а также их изменчивость более значительные на ЕС, тогда как весной можно наблюдать обратную ситуацию. Общими признаками спектров распределения разномассовых особей на ЕС и ИС являются мономодальность и левосмещенность.

Корреляционная связь пространственных, сезонных, а также внутрипопуляционных изменений длины и массы слоевища гелидиума на ЕС характеризуется как прямая и средняя по величине, на ИС — как прямая и слабая.

Выявленная в ходе исследования высокая изменчивость массовых параметров слоевища и ЦП *G. spinosum* является отражением закономерности, характерной для других биологических объектов, описанной И.И. Шмальгаузеном (Шмальгаузен, 1935).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Беляев Б.Н. 2006. Оптимизация условий культивирования черноморской красной водоросли *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. (Rhodophyta) // Альгология. Т. 16. № 3. С. 293–303.

Гиляров А.М. 1990. Популяционная экология. М.: МГУ. 191 с.

Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. 2016. Макроэпифитон культивируемой черноморской водоросли *Gelidium spinosum* (S.G.Gmelin) P.C. Silva (Rhodophyta) / Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии: Матер. Междунар. науч. конф. памяти чл.-корр. РАН Д.Г. Матишова (Ростов-на-Дону, Россия, 5–8 сентября 2016 г.). Ростов н/Д. С. 427–429.

Зайцев В.П., Ажгихин И.С., Гандель В.Г. 1980. Комплексное использование морских организмов. М.: Пищ. пром-сть. 280 с.

Зайцев Г.Н. 1990. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука. 296 с.

Заугольнова Л.Б. 1991. Жизненные формы и популяционное поведение многолетних травянистых растений / Экология популяций. М.: Наука. 239 с.

Калугина А.А. 1969. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники // Морские подводные исследования. М. С. 105–113.

Калугина-Гутник А.А. 1975. Фитобентос Черного моря. Киев: Наук. думка. 247 с.

Лакин Г.Ф. 1973. Биометрия. М.: Высшая школа. 343 с.

Работнов Т.А. 1950. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии // Проблемы ботаники. Вып. 1. М.-Л.: АН СССР. С. 465–483.

Титлянов Э.А., Титлянова Т.В. 2006. Получение проростков красной водоросли рода *Gelidium* (Rhodophyta) из фрагментов слоевища // Биология моря. Т. 32. № 5. С. 341–345.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2005. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. Кн. 2. 337 с.

Шмальгаузен И.И. 1935. Определение основных понятий и методика исследования роста. Рост животных. М.: Биомедгиз. С. 8–60.

Шмидт В.М. 1984. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 288 с.

Sturges H. 1926. The choice of a class-interval // J. Amer. Statist. Assoc., 21. P. 65–66.

УДК 575.174.015.3

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО ИЗМЕНЧИВОСТИ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ У АЗИАТСКОЙ ЗУБАСТОЙ КОРЮШКИ *OSMERUS DENTEX* ИЗ НЕКОТОРЫХ ВОДОЕМОВ КАМЧАТКИ

А.В. Семенова, А.В. Бугаев*, А.Н. Строганов

Вед. н. с., к. б. н.; вед. н. с., д. б. н.; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119234, Москва, Ленинские Горы, 1-12
Тел.: (495) 939-13-33. E-mail: anna.semenova@mail.bio.msu.ru, andrei_str@mail.ru
**Зав. отд., д. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии*
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел.: (4152) 41-27-01. E-mail: bugaev.a.v@kamniro.ru

ПОЛИМОРФИЗМ, МИКРОСАТЕЛЛИТЫ, АЗИАТСКАЯ КОРЮШКА, OSMERUS MORDAX, ВНУТРИВИДОВАЯ СТРУКТУРА

Исследовали генетическую изменчивость азиатской корюшки из природных популяций нескольких рек Камчатского полуострова по 43 микросателлитным локусам ДНК, разработанным для анализа популяций корюшек, а также некоторых видов лососевых рыб. Выявлены 10 полиморфных локусов, которые могут быть перспективными для исследований внутривидовых отношений азиатской корюшки. Их использование на больших по количеству выборках из разных локальностей и популяций *Osmerus dentex* предполагается эффективным для проведения популяционно-генетического анализа камчатской группы вида.

PRELIMINARY DATA ABOUT MICROSATELLITE VARIATION IN PACIFIC RAINBOW SMELT *OSMERUS DENTEX* IN THE WATER BODIES OF KAMCHATKA

A.V. Semenova, A.V. Bugaev*, A.N. Stroganov

Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Leading Scientist, Dr. Sc. (Biology); Lomonosov Moscow State University
119234, Moscow, Leninskie Gori, 1-12
Tel.: (495) 939-13-33. E-mail: anna.semenova@mail.bio.msu.ru, andrei_str@mail.ru
**Head of Dep., Dr. Sc. (Biology); Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography*
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel.: (4152) 41-27-01. E-mail: bugaev.a.v@kamniro.ru

POLYMORPHISM, MICROSATELLITES, PACIFIC RAINBOW SMELT, OSMERUS MORDAX, INTRASPECIFIC STRUCTURE

Genetic variaty of Pacific rainbow smelt from wild populations of several rivers of Kamchatka were analyzed on 43 microsatellite DNA loci, alredy used before for analyses of smelts and closely related salmonids. Ten of the polymorphic loci were revealed as promising to be used as markers for further studying intraspecific relationships of Pacific rainbow smelt. The use for analysis of big sample size stocked from different localities and populations of *Osmerus dentex* is thought efficient for population genetic analyzing of the Kamchatkan population cluster of Pacific rainbow smelt.

Азиатская зубастая корюшка *Osmerus dentex* является одним из наиболее массовых видов корюшковых рыб семейства Osmeridae, большая часть промысловых запасов которой сосредоточено в водах Камчатского края. Исследования морфобиологических и экологических аспектов изменчивости корюшек российских вод Дальнего Востока проводятся почти в течение века (Кирпичников, 1935; Андрияшев, 1954; Линдберг, Легеза, 1965; Юпоканов, 1969; Гриценко и др., 1984; Щукина, 1999; Василец, 2000; Парпура, Колпаков, 2001; Черешнев и др., 2002, 2006; Черешнев, 2008; и др.). Результаты генетических исследований немногочисленны: существуют лишь единичные публикации по кариологии (Черешнев и др., 2002) и изменчивости митохондриального генома (Ковпак, 2010; Скурихина и др., 2004, 2015) корюшковых рыб. В последнем варианте показана очень слабая пространственная внутривидовая генетическая структурированность азиатской корюшки на значительном ареале, что неудивительно, поскольку

консервативность, небольшая скорость мутирования митохондриального генома делает эти маркеры, хорошо подходящие для филогенетических исследований, малоинформативными при исследовании внутривидовой генетической дифференциации.

Предполагается, что изучение полиморфизма микросателлитных локусов ДНК, характеризующихся высоким уровнем генетического разнообразия у рыб, высокой скоростью мутирования и селективной нейтральностью (O'Connell et al., 1998; Животовский, 2006), предоставит новые возможности для исследований внутривидовой дифференциации корюшек и позволит получить информацию о современном состоянии генофонда, генетической изменчивости и популяционно-генетической структуре *Osmerus dentex*.

Целью данной работы были отработка методики, подбор микросателлитных локусов, подходящих для исследований, а также предварительная оценка генетического разнообразия микросателлитных локусов у азиатской корюшки из водоемов Камчатки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал для исследований был собран в 2011–2014 гг. из нескольких водоемов Камчатского полуострова: рек Крутогорова, Белоголовая, Авача, Ковран, Хайрюзова, Большая и оз. Нерпичьего.

Для анализа ДНК использовали образцы ткани (плавников), фиксированные в 96%-м этаноле. Тотальную ДНК выделяли по стандартной методике, с помощью набора реактивов Diatom DNA Prep фирмы ООО «ИзоГен» (Россия).

Для ПЦР-амплификации использовали наборы GenePak PCR Core (ООО «Лаборатория ИзоГен», Россия). Инкубационная смесь 20 мкл содержала буфер для ПЦР, 200 мкМ каждого дезоксирибонуклеотида (dTTP, dCTP, dATP, dGTP), 1,5 mM MgCl2, 50 нг геномной ДНК и 100 нг специфического праймера. Амплификацию микросателлитных локусов проводили в термоциклере MJ Research PTC-100 при следующем режиме: денатурация в течение 2 мин при 94 ºС, затем 8 циклов, включающих 1 мин денатурации ДНК-матрицы при температуре 94 ºС, 30 с отжига праймеров при 52 ºС и синтез новых цепей в течение 30 с при 72 ºС; затем следовал 21 цикл, включающий 30 с при 94 ºС, 30 с — X ºС и 15 с при 72 ºС; элонгация 3 мин при 72 ºС. Продукты амплификации разделяли путем электрофореза в 6%-м неденатурирующем полиакриламидном геле в 0,5×TBE буфере при 300 В в течение 2–3 ч, окрашивали бромистым этидием и фотографировали в УФ-свете. В качестве маркеров длины фрагментов использовали ДНК плазмиды pBr322, обработанную рестриктазами HaeIII или HpaII. Размеры аллелей по каждому локусу определяли в соответствии с электрофоретической подвижностью полос с использованием программы 1D Image Analysis Software Version 3.5 фирмы «Кодак».

Материал практически из всех рек оказался пригодным для генетического анализа, за исключением выборки р. Авачи, для большинства проб которой не удалось получить ДНК требуемого качества и, соответственно, дальнейшего ПЦР-продукта.

Для изучения популяционно-генетической структуры корюшки было апробировано более 40 микросателлитных локусов, описанных ранее для европейской и азиатской корюшек, а также нескольких видов лососевых рыб рода *Salmo* и *Oncorhynchus*. В ряде случаев при рекомендованных авторами условиях ПЦР-продукт получен не был. Несколько локусов оказались мономорфными.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для дальнейших исследований дифференциации *Osmerus dentex* были выбраны 10 полиморфных микросателлитных локусов. Для этих локусов была проведена оптимизация условий ПЦР и электрофоретического разделения полученных ДНК-продуктов, для 6 локусов были разработаны и апробированы новые праймеры.

Исследовался полиморфизм по локусам: *MGPL-Omo1*, *MGPL-Omo2*, *MGPL-Omo3*, *MGPL-Omo4*, *MGPL-Omo5*, *MGPL-Omo9*, *MGPL-Omo15*, *MGPL-Omo16*, *HtrG107*, *Tpa119* (Coulson et al., 2006; Fisch et al., 2009; Kaukinen et al., 2004).

Электрофоретический анализ ПЦР-продуктов выбранных локусов продемонстрировал определенную специфику аллельных спектров, что свидетельствует в пользу перспективности использования их в качестве генетических маркеров для изучения внутривидовой дифференциации корюшки Северотихоокеанского бассейна.

На тестовых выборках была проведена оценка частот аллелей, аллельного разнообразия, ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности, статистические тесты на соответствие наблюдаемых по каждому локусу генотипических распределений равновесию Харди–Вайнберга (внутрипопуляционные коэффициенты инбридинга f), для каждого локуса с использованием статистического пакета GDA 1.0 (Lewis, Zaykin, 2001).

Среди исследованных локусов можно выделить группы, характеризующиеся низким и средним уровнем изменчивости по числу аллелей. Так, в локусах *Tpa119*, *HtrG107*, *MGPL-Omo4*, *MGPL-Omo15*, *MGPL-*

Omo16 обнаружено от 3 до 6 аллелей на локус, а в локусах *MGPL-Omo1*, *MGPL-Omo2*, *MGPL-Omo3*, *MGPL-Omo5* и *MGPL-Omo9* — от 10 до 14 аллелей. Оценки ожидаемой гетерозиготности H_E минимальные были в локусе *Tpa119* ($H_E = 0{,}230$), максимальные в локусе *MGPL-Omo5* ($H_E = 0{,}850$). Распределение генотипов в локусах в тестовых выборках корюшки соответствовало теоретическому распределению Харди–Вайнберга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представляется перспективным применение подобранных локусов микросателлитной ДНК для исследований внутривидовых отношений и популяционно-генетического анализа азиатской корюшки на основе сбора дополнительного материала из нерестовых группировок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андриашев А.П. 1954. Рыбы северных морей СССР. М.-Л.: АН СССР. 567 с.

Василец П.М. 2000. Корюшки прибрежных вод Камчатки. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ ДВО РАН. 24 с.

Гриценко О.Ф., Чуриков А.А., Родионова С.С. 1984. Экология размножения зубастой корюшки *Osmerus mordax dentex* Steindachner (Osmeridae) в реках острова Сахалин // Вопр. ихтиологии. Т. 24. № 3. С. 407–416.

Животовский Л.А. 2006. Микросателлитная изменчивость в популяциях человека и методы ее изучения // Вестник ВОГиС. Т. 10. № 1. С. 74–96.

Кирпичников В.С. 1935. Биолого-систематический очерк корюшки Белого моря, Чешской губы и р. Печоры // Тр. ВНИРО. Т. 2. С. 103–194.

Ковпак Н.Е. 2010. Внутривидовая изменчивость и филогенетические отношения корюшковых рыб России. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ ДВО РАН. 24 с.

Линдберг Г.У., Легеза М.И. 1965. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Ч. 2. М.-Л.: АН СССР. 387 с.

Парпура И.З., Колпаков Н.В. 2001. Биология и внутривидовая дифференциация корюшек Приморья // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 1. С. 284–295.

Скурихина Л.А., Олейник А.Г., Кухлевский А.Д., Ковпак Н.Е., Сендек Д.С., Мазникова О.А. 2015. Генетическая дифференциация тихоокеанской корюшки *Osmerus mordax dentex* по данным анализа митохондриальной ДНК // Генетика. Т. 51. № 12. С. 1410–1422.

Скурихина Л.А., Олейник А.Г., Панькова М.В. 2004. Сравнительный анализ изменчивости митохондриальной ДНК у корюшковых рыб // Биология моря. Т. 30. № 4. С. 289–295.

Черешнев И.А. 2008. Пресноводные рыбы Чукотки. Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 324 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., Шестаков А.В., Ракитина М.В, Санталова М.Ю. 2006. Корюшковые рыбы // Ландшафты, климат и природные ресурсы Тауйской губы Охотского моря: Владивосток: Дальнаука. С. 376–387.

Щукина Г.Ф. 1999. Азиатская корюшка *Osmerus mordax dentex* шельфовых вод Сахалина и Южных Курильских островов. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ ДВО РАН. 23 с.

Юпоканов В.А. 1969. Морфологические основы систематики корюшек рода *Osmerus* (Osmeridae) // Зоологич. журнал. Т. 48. № 1. С. 99–109.

Coulson M.W., Paterson I.G., Green A., Kepkay R., Bentzen P. 2006. Characterization of di-and tetranucleotide microsatellite markers in rainbow smelt *(Osmerus mordax)* // Molecular Ecology Notes. V. 6 (3). P. 942–944.

Fisch K.M., Petersen J.L., Baerwald M.R., Pedroia J.K., May B. 2009. Characterization of 24 microsatellite loci in delta smelt, *Hypomesus transpacificus*, and their cross-species amplification in two other smelt species of the Osmeridae family // Molecular Ecology Resources. V. 9 (1). P. 405–408.

Kaukinen K.H., Supernault K.J., Miller K.M. 2004. Development of microsatellite loci in eulachon (*Thaleichthys pacificus*) // Molecular Ecology Resources. V. 4 (4). P. 632–634.

Lewis P.O., Zaykin D. 2001. Genetic Data Analysis: Computer Program for the Analysis of Allelic Data. Version 1.0 (d16c), Free Program Distributed by the Authors over the Internet, 2001, http://lewis.eeb.unconn.edu/lewishome/software.html.

O'Connell M., Dillon M.C., Wright J.M., Bentzen P., Merkouris S., Seeb J. 1998. Genetic structuring among Alaskan Pacific herring populations identified using microsatellite variation // J. Fish Biol. V. 53. P. 150–163.

УДК 597.553.2

СТРУКТУРА ЧЕШУИ КАК ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИЙ ПРИЗНАК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНУТРИВИДОВОЙ ПОДРАЗДЕЛЕННОСТИ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* В СМЕШАННЫХ МОРСКИХ УЛОВАХ

В.А. Савин, Р.А. Шапорев*, В.С. И, А.В. Бугаев

Н. с.; инж.-исслед.; зав. отд., д. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01; 20-16-08. E-mail: savin.v.a@kamniro.ru
**Вед. инженер-программист, Правительство Камчатского края*
683000, Петропавловск-Камчатский, пл. Ленина, 1

ГОРБУША, ЧЕШУЯ, СКЛЕРИТЫ, РЕГИОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ЛОКАЛЬНЫХ СТАД, ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СТАД, ИДЕНТИФИКАЦИЯ СТАД, СМЕШАННЫЕ МОРСКИЕ УЛОВЫ

Представлены результаты исследования структуры чешуи азиатской горбуши и оценка возможности ее использования в качестве дифференцирующего маркера при идентификации смешанных морских уловов. На основе анализа реперной базы данных за 2010 г. выделены пять региональных комплексов стад, характеризующихся своеобразием формирования склеритов в первой годовой зоне на чешуе: 1) Япония (о. Хоккайдо); 2) о. Сахалин; 3) северокурильские популяции (о. Парамушир); 4) Западная Камчатка; 5) Восточная Камчатка. Выполнена идентификация выборок производителей из дрифтерных уловов РМС «Кадет-701» и СРТМ-К «Леонид Ходыко», отобранных в июне–августе 2010 г., и показано, что ее результаты вполне соответствуют общей промысловой обстановке в исследуемом году.

SCALE STRUCTURE AS DIFFERENTIATING COMPLEX TO FIGURE OUT PINK SALMON *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* INTRASPECIFIC COMPOSITION IN MIXED MARINE CATCHES

V.A. Savin, R.A. Shaporev*, V.S. I, A.V. Bugaev

Researcher; Researcher Engineer; Head of Dep., Dr. Sc. (Biology); Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01, 20-16-08. E-mail: savin.v.a@kamniro.ru
**Leading software engineer; The Goverment of the Kamchatka Territory*
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Lenin Square, 1

PINK SALMON, SCALE, SCLERITES, REGIONAL COMPLEX OF LOCAL STOCKS, STOCK DIFFERENTIATION, STOCK IDENTIFICATION, MIXED MARINE CATCHES

Results of analysis of Asian pink salmon scale structure are demonstrated and estimation of the possible use of the structure as a differentiation marker in identification of mixed marine catches is made. Five regional complexes of stocks are figured out on the base of the analysis of baselines collected in 2010, each having specific formation of sclerites in the first annual zone on the scale: 1) of Japan (Hokkaido); 2) of Sakhalin; 3) Northern Kuril populations (Paramushir); 4) of West Kamchatka; 5) of East Kamchatka. Identification is made for the samples from the drift net catches collected by RMV “Kadet-701” and SRTM-K “Leonid Khodyko” in June–August of 2010, and it is demonstrated that the results illustrate general commercial conjuncture in the year of the research.

Необходимость организации и регулирования промысла ставит перед современной рыбохозяйственной наукой ряд задач, где одной из основных является дифференциация локальных стад тихоокеанских лососей и идентификация их на путях нагульных и нерестовых миграций. Особенно остро этот вопрос стоит для горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*, Walbaum) — наиболее массового вида, которому свойственны как многолетние тренды изменения численности, так и значительные колебания запаса в смежные годы, связанные с доминированием одного из поколений четных или нечетных лет в разных регионах воспроизводства.

Одним из методов выявления внутривидовой подразделенности тихоокеанских лососей является анализ особенностей формирования склеритов на чешуе.

Исследования фенотипического разнообразия горбуши по данному маркеру, выполненные в последние десятилетия разными авторами, показали, что такой подход позволяет получать достаточно устойчивые оценки на уровне крупных региональных группировок (Грачев, 1983; Иванова, 1997; Антонов и др., 2005; Каев, Ромасенко, 2001; Темных, 2004; и др.).

На основе авторской методики автоматизированного получения дискриминирующих критериев (Шапорев и др., 2007) проведено исследование структуры чешуи азиатской горбуши и оценена возможность ее использования в качестве дифференцирующего маркера при идентификации смешанных морских уловов. В работе использованы данные по изменчивости первых 20 склеритов в первой годовой зоне чешуи (ПГЗ).

Анализ реперной базы данных (3486 особей из 33 локальностей) позволил выделить пять региональных комплексов стад: 1) Япония (о. Хоккайдо); 2) о. Сахалин; 3) северокурильские популяции (о. Парамушир); 4) Западная Камчатка; 5) Восточная Камчатка. При проведении симуляционных тестов (MLE-метод) выявлено, что созданная модель обладает достаточно высокой разрешающей способностью, составляя в среднем по регионам 93,6%.

Идентификация выборок производителей горбуши из дрифтерных уловов РМС «Кадет-701» и СРТМ-К «Леонид Ходыко» (всего 717 особей), отобранных в июне–августе 2010 г., показала, что в большинстве рассматриваемых промысловых районов доминировала западнокамчатская горбуша. Доли сахалинской и восточнокамчатской рыбы были существенно ниже и составили в сумме около 10,0% каждая. Таким образом, полученные результаты вполне соответствуют общей промысловой обстановке в исследуемом году.

По опубликованным данным, количество склеритов на чешуе горбуши, выловленной в ноябре–декабре в районах нагула молоди, может колебаться от 15 до 19 (Темных, 1998). Анализ зависимости коэффициентов вариации региональных бутстреп-оценок от количества используемых склеритов ПГЗ показал, что достаточно набора из 11–15 склеритов, чтобы применяемая модель была стабильна. Таким образом, результаты представленного исследования позволяют говорить о возможности проводить идентификацию регионального происхождения горбуши в смешанных морских уловах на путях преднерестовых и нагульных миграций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Антонов Н.П., Зорбиди Ж.Х., Балуева Е.С. 2005. Сравнительный анализ внутривидового разнообразия горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) и кижуча *O. kisutch* (Walb.) северо-западной части Тихого океана по структуре чешуи // Популяционная биология, генетика и систематика гидробионтов. Сб. науч. тр. Т. 1. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 160–167.

Грачев Л.Е. 1983. Дифференциация азиатских стад горбуши / Биологические основы развития лососевого хозяйства в водоемах СССР. М.: Наука. С. 84–97.

Иванова И.М. 1997. Идентификация стад горбуши в северо-западной части Тихого океана, Охотского и Японского морей по структуре чешуи / Тез. докл. I Конгресса ихтиологов России (Астрахань, сентябрь 1997). М.: ВНИРО. С. 39.

Каев А.М., Ромасенко Л.В. 2001. Дифференциация пространственно-временных группировок горбуши Сахалино-Курильского региона на основании изучения склеритограмм // Вопр. рыболовства. Т. 2. № 4 (8). С. 638–652.

Темных О.С. 1998. Региональная изменчивость склеритограмм чешуи азиатской горбуши // Изв. ТИНРО. Т. 124. С. 375–390.

Темных О.С. 2004. Азиатская горбуша в морской период жизни: биология, пространственная дифференциация, место и роль в пелагических сообществах. Автореф. дис. … докт. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 47 с.

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 // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 9. С. 131–142.

УДК 275.174

ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (SALMO SALAR L.) И КУМЖИ (SALMO TRUTTA TRUTTA L.) В РЕКАХ ЛИТВЫ В СВЯЗИ С ПРОГРАММАМИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ЗАПАСОВ

Э. Лелюна

Мл. н. с., к. б. н.; Научно-исследовательский центр природы
08412, Вильнюс, Литва, ул. Академия, 2
Тел.: +370 (5) 272 92 57, факс: +370 (5) 272 93 52
E-mail: Egidijus.Leliuna@gmail.com

АТЛАНТИЧЕСКИЙ ЛОСОСЬ, МИТОХОНДРИАЛЬНАЯ ДНК, ПОЛИМОРФИЗМ, RFLP, SNP, ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА, НЕМАН, ПОСЛЕЛЕДНИКОВАЯ РЕКОЛОНИЗАЦИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ

Изучена генетическая изменчивость популяций атлантического лосося (*Salmo salar* L.) и кумжи (*S. trutta trutta* L.) из бассейна Неман и прилегающих речных систем в регионе Балтийского моря с использованием методов исследования митохондриальной ДНК и однонуклеотидного полиморфизма (SNP). Сильные генетические различия наблюдались между популяциями обоих видов из исследуемых мест с использованием методов SNP. Тем не менее, генетическое разнообразие было ниже в популяциях литовского лосося для обоих методов, что свидетельствует о событии бутылочного горлышка, связанном с послеледниковой реколонизацией. Более высокие показатели генетической изменчивости популяций кумжи предполагали, что при искусственном размножении видов необходимо соблюдать осторожность, чтобы избежать долгосрочного негативного воздействия на генетическую структуру популяций.

RESEARCH OF GENETIC STRUCTURE OF THE POPULATIONS OF ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR* L.) AND BULLTROUT (*SALMO TRUTTA TRUTTA* L.) IN THE RIVERS OF LITHUANIA IN VIEW OF NATURAL STOCKS RECOVERY PROGRAMS

E. Lelyuna

Researcher, Ph. D. (Biology); Research Center for Nature
08412, Vilnus, Lithuania, Academia Str., 2
Tel.: +370 (5) 272 92 57, fax: +370 (5) 272 93 52
E-mail: Egidijus.Leliuna@gmail.com

ATLANTIC SALMON, MITOCHONDRIAL DNA, POLYMORPHISM, RFLP, SNP, GENETIC STRUCTURE, NEMAN, POST-GLACIAL RECOLONIZATION, POPULATION RECOVERY

Genetic variety of the populations of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and bulltrout (*S. trutta trutta* L.) in the basin of the Neman and adjacent river systems within the Baltic Sea region was examined with the use of the methods of checking mitochondrial DNA and single nucleotide polymorphism (SNP). Serious genetic differences were observed in the research area among populations of both species, when using the methods of SNP. Nevertheless, both methods revealed lower genetic diversity in the populations of Lithuanian salmon, what indicates of the bottle-neck event connected with port-glacial recolonization. The higher indexes of the genetic variability in the bulltrout population implied that artificial rearing of the species requires caution to prevent a long-term negative effects on the population genetic structure.

Река Неман является одной из основных рек, стекающих в южный Балтийский бассейн (подразделения 23–26 по классификации ICES). Дикие лососевые популяции существуют в четырех притоках Немана (Нерис, Жеймена, Швянтойи и Миния) с годовой продукцией около 37 тысяч смолтов лосося и более 43 тысяч кумжи. Каждый год, начиная с 2000-го, в эти и некоторые другие притоки были проведены умеренные выпуски молоди искусственного воспроизводства, выращенные в качестве меры по восстановлению балтийского лосося и кумжи в реках Литвы.

Ряд потенциальных экологических и генетических проблем связан с выпуском рыб, выращенных в искусственных условиях, в дикие популяции. Генетические и фенотипические различия могут существовать между рыбами искус-

ственного воспроизводства и дикой рыбой, что может повлиять на взаимодействие между популяциями этих рыб. Таким образом, через многие поколения популяции таких рыб, скорее всего, будут отличаться от диких, для которых большая часть изменений в первую очередь обусловлена воздействием окружающей среды. Использование чужеродных популяций для восстановления диких ресурсов может привести к появлению новых генетически обоснованных признаков в дикой популяции и нарушить адаптированные комплексы генов, что может привести к депрессии генетических механизмов воспроизводства.

За последние два десятилетия изучалась популяционная генетика лосося и кумжи из Балтийского региона, в основном в отдельных странах с акцентом на влияние искусственного воспроизводства на дикие популяции. Крупномасштабные исследования лососевых были связаны с эволюционными и филогенетическими аспектами. Многие из исследований, посвященных популяционной генетике и биоразнообразию лососевых, проводились с использованием маркеров микросателлитной и митохондриальной ДНК. В последнее время в исследованиях использовались и другие новые методы анализа. Методы однонуклеотидного полиморфизма (SNP) ядерной ДНК оказались пригодными для анализа высокого разрешения генетической изменчивости в популяциях лососевых рыб.

Наше исследование направлено на установление генетической структуры популяций лососей и кумжи в литовских водах с использованием различных маркеров ДНК и сравнение их с данными других речных систем в бассейне Балтийского моря, чтобы лучше понять и спланировать меры управления ресурсами этих ценных человеку и экосистеме животных.

Изучена генетическая изменчивость популяций атлантического лосося (*Salmo salar* L.) и кумжи (*S. trutta trutta* L.) из бассейна Неман и прилегающих речных систем в регионе Балтийского моря с использованием методов исследования митохондриальной ДНК и однонуклеотидного полиморфизма (SNP). Дикие особи кумжи и лосося пойманы в Немане и его притоках (Жеймяна, Вильня, Нерис), а также в Куршском заливе. Для анализа митохондриальной ДНК исследованы образцы 206 особей кумжи и 62 индивидов лосося. Анализ проводился в лаборатории рыбного хозяйства Жеймяна. Образцы лосося исследованы с помощью RFLP-анализа ND1, ND3/4 и ND5/6 фрагментов митохондриальной ДНК, а в случае кумжи использовался анализ сегмента ND1.

Методами однонуклеотидного полиморфизма исследованы 449 индивида кумжи из рек Литвы, Польши, Эстонии, Швеции, Дании и России, впадающих в Балтийское море. Методом SNP исследованы 140 образцов лосося из пяти разных речных бассейнов Польши, Литвы и Швеции. SNP-генотипирование проводилось с использованием системы Mass-ARRAY от Sequenom в Центре интегративной генетики Норвежского университета природных наук (CIGENE).

Полиморфизм мтДНК по маркеру ND1 в выборке семги не обнаружен. Сегмент был фиксирован на составном гаплотипе AABA-AAA-AAA (ND1-ND3/4-ND5/6). Пять вариантов гаплотипов для субъединицы ND1 были обнаружены в образцах кумжи: AAAAA, AABAA, ABCAB, BACAA и BADAA. Результаты сравнивались с данными в соседних странах. Сравнительный анализ показал, что популяция лосося Немана относится к той же группе гаплотипов, что и популяции из Латвии, Эстонии, западной части России и Южной Швеции. Эти данные свидетельствуют о восточной линии происхождения балтийского лосося из реки Неман и других близлежащих водоемов. Полиморфизм мтДНК образцов кумжи указывал на аналогичное образование популяций. Восточные ледниковые водоемы были идентифицированы как рефугиумы, из которых началась повторная колонизация региона этими видами в послеледниковый период.

Существенные генетические различия наблюдались между популяциями обоих видов из исследуемых мест с использованием методов SNP. Тем не менее генетическое разнообразие было ниже в популяциях литовского лосося для обоих методов, как мтДНК, так и SNP, что свидетельствует об эффекте бутылочного горлышка, связанном с послеледниковой реколонизацией. По данным исследования, будущая деятельность, направленная на реституцию популяций лососей в Польше, должна включать материал из Немана из-за ее близкого географического положения.

Более высокие показатели генетической изменчивости популяций кумжи предполагали, что при искусственном размножении видов необходимо соблюдать осторожность, чтобы избежать долгосрочного негативного воздействия на генетическую структуру популяций в будущем. Результаты представленного здесь анализа также помогают прояснить генетические отношения между юго-восточными прибалтийскими популяциями кумжи. Дальнейшие, более объемные исследования, включающие другие популяции бассейна, обитающие во всем регионе Балтийского моря, обеспечат более полное представление о генетической структуре и дифференциации между популяциями. Это позволило бы более точно оценить воздействие искусственного воспроизводства на генофонд локальных популяций и способствовать защите биоразнообразия.

УДК 639.312:631.8

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ В ВОДЕ Р. БОЛЬШОЙ (КАМЧАТКА) БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (ФОСФОР И АЗОТ) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, А ТАКЖЕ СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВА ЗАХОДЯЩИХ В РЕКУ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

М.А. Походина, Т.Н. Травина, В.Д. Свириденко, В.А. Русанова

Мл. н. с.; ст. н. с.; инж.-исслед.; мл. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01; 22-66-35
E-mail: pohodina.ma@gmail.com, travina.t.n@kamniro.ru, rus-v06@yandex.ru

РЕКА БОЛЬШАЯ, КАМЧАТКА, ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ, ГИДРОХИМИЯ, ВАЛОВЫЙ АЗОТ, ВАЛОВЫЙ ФОСФОР

Река Большая является нерестовым водоемом для лососей, их заход заметно влияет на содержание биогенных элементов в воде. Выявлены особенности и закономерности в межгодовой динамике валового фосфора и азота в зависимости от количества зашедших на нерест рыб. Помимо этого, рассмотрен ряд других факторов: уровень воды в реке и ее температура, антропогенные факторы, состав поверхности бассейна реки. В статье рассмотрены межгодовая динамика валового азота и фосфора за 11 лет и поступления рыбного фосфора на фоне изменения среднего уровня воды.

INTERGOVERNAL VARIABILITY OF CONTENT IN WATER OF BOLSHAYA RIVER (KAMCHATKA) OF BIOGENIC ELEMENTS (PHOSPHORUS AND NITROGEN), DEPENDING ON HYDROLOGICAL CONDITIONS, AND ALSO OF THE COMPOSITION AND QUANTITY OF PACIFIC SALMONS IN THE RIVER

M.A. Pohodina, T.N. Travina, V.D. Sviridenko, V.A. Rusanova

Researcher; Senior Scientist; Research Engineer; Researcher; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01; 22-66-35
E-mail: pohodina.ma@gmail.com, travina.t.n@kamniro.ru, rus-v06@yandex.ru

BOLSHAYA RIVER, KAMCHATKA, THERMAL REGIME, BIOGENIC ELEMENTS, YEAR-TO-YEAR VARIATIONS, HYDROCHEMISTRY, GROSS NITROGEN, GROSS PHOSPHORUS

The Bolshaya is a spawning site for salmon, and the spawning stock provides significant effects on the content of biogenic elements in the water. Specifics and general patterns in the year-to-year dynamics of gross phosphorus and nitrogen are figured out depending on the number of fish entered to spawn. Some other factors were considered also: the level and the temperature of the water in the river, anthropogenic effects, the composition of the surface of the river basin. The year-to-year dynamics of gross nitrogen and phosphorus over 11 years and the contribution of fish phosphorus on the average water level background changes has been analyzed.

Камчатские реки представляют собой нерестово-нагульные водотоки для тихоокеанских лососей и некоторых других лососевидных рыб (Бугаев и др., 2000, 2002; Виленская, Маркевич, 2004; Вронский и др., 2000; Заварина, 2010; Запорожец, Запорожец, 2006, 2007; Запорожец и др., 2008; Зорбиди, 2003, 2010; Попова, 2011). Термический режим таких рек, как, впрочем, и большинства других, определяют климатические факторы (прогрев воздуха в речном бассейне, водность реки, зависящая от количества осадков и так далее). Биогенный фон лососевых рек регулируется комплексом абиотических, биотических и в некоторых случаях антропогенных факторов. К первым относится, прежде всего, химический состав минералов, слагающих водосбор и ложе реки. Среди биотических факторов, как отмечали ранее, главное место занимает внос органи-

ческого вещества и биогенных элементов лососями, пришедшими на нерест и погибающими после него (Крохин, Крогиус, 1937; Сметанин, 1993; Введенская и др., 2006).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Отбор проб воды для гидрохимического анализа проводили с мая по ноябрь. На протяжении всех лет наблюдений сбор осуществляли, по возможности, в одни и те же даты (табл. 1). Место сбора проб расположено в нижнем течении реки в месте учета ската молоди лососей (в 15 км до впадения реки в лиман). Координаты 52º43′ с. ш. и 156º10′ в. д. Здесь р. Большая, обтекая остров, распадается на две протоки. Все работы проводили в главной протоке шириной 140 м и максимальной глубиной 4,2 м. Нерестилища расположены значительно выше створа, а значит на выбранной станции получаем интегрированное влияние стоков с водосбора и сненки на содержание биогенных элементов в воде реки. Карта-схема р. Большой и место отбора проб представлены на рис. 1.

Таблица 1. Количество гидрохимических проб в разные сезоны в 2005–2016 гг.

Год	Сезон			
	Зима	Весна	Лето	Осень
2005	–	1	6	2
2006	–	2	6	2
2007	–	2	6	2
2009	–	2	4	2
2010	–	2	4	2
2011	–	3	4	2
2012	2	3	4	2
2013	1	2	4	1
2014	2	1	3	2
2015	–	2	4	2
2016	–	2	4	2

Примечание: Карта-схема р. Большой и места отбора проб представлены на рис. 1.

Температуру воды на створе измеряли в период с мая по ноябрь. Измерения проводили термометром. Для оценки водности отмечали уровнь воды от установленной реперной метки. С мая по июль уровень воды и температуру фиксировали каждые 2 дня, в остальное время — по мере отбора проб.

Средние значения рассчитывали как среднее арифметическое. Среднюю температуру и водность за исследуемый период считали как сумму средних суточных, деленную на количество суток, в которые проводились измерения. Среднее содержание валового фосфора и азота также рассчитывали как среднее арифметическое в период с мая по октябрь. Так, в 2008 г. данные отсутствуют, а в 2013 г. нет данных за осенний период, соответственно, эти два года не учитывали.

Для характеристики содержания биогенных элементов в пробах воды определяли валовой азот (TN) и валовый фосфор (TP), а также минеральные формы азота (азот аммонийный — $N\text{-}NH_4^+$, нитритный — $N\text{-}NO_2^-$ и нитратный — $N\text{-}NO_3^-$), фосфор фосфатов

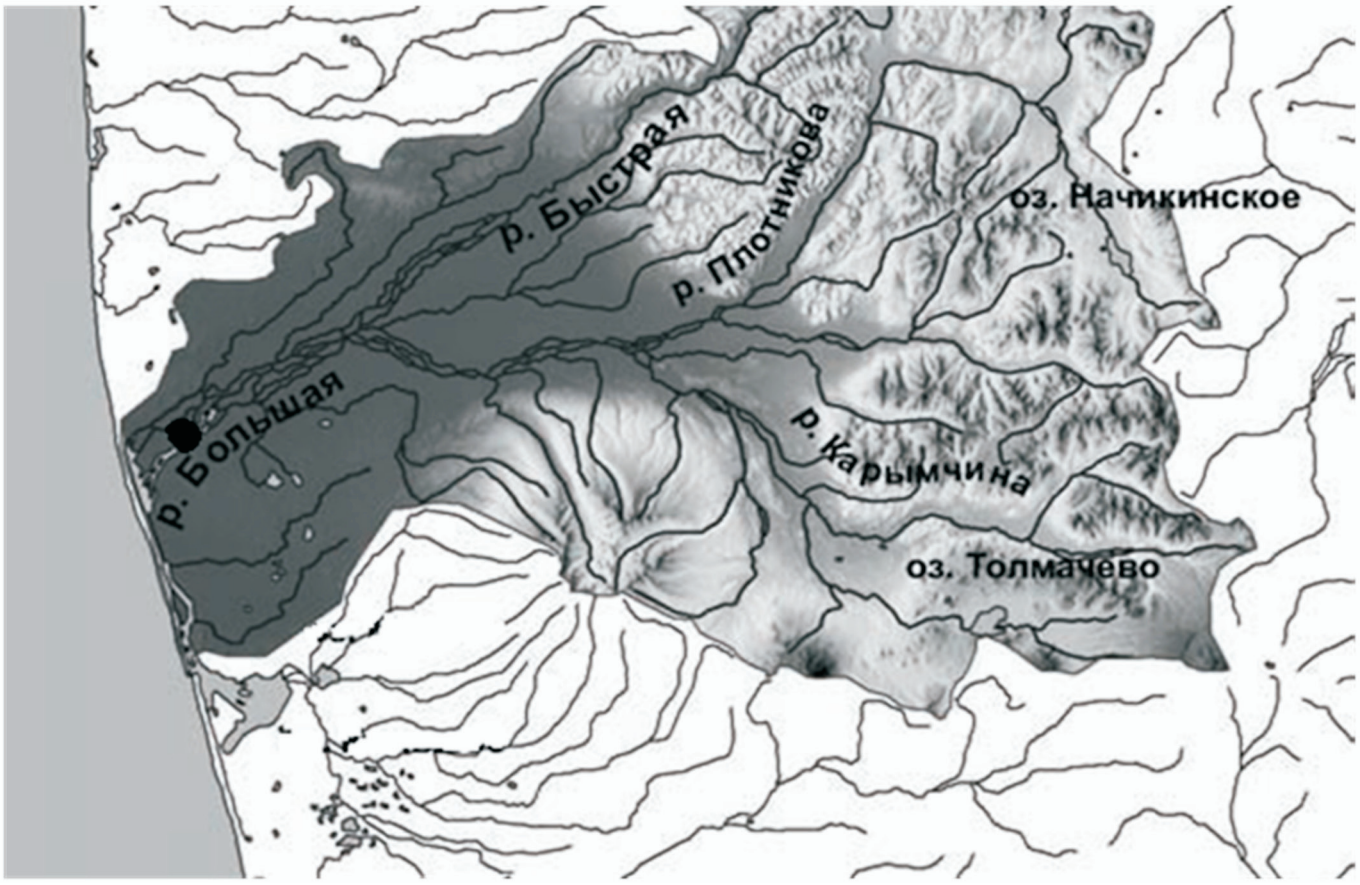


Рис. 1. Расположение р. Большой; «•» — место отбора проб

($P\text{-}PO_4^{3-}$), стандартными гидрохимическими методами (Руководство.., 1973; Справочник.., 1991).

Для расчета поступления фосфора с лососями содержание P_2O_5 в теле рыб принимали равным 0,28% (Кизеветтер, 1971), учитывая, что фосфора в P_2O_5 содержится 43,67%. Биомассу рыб зашедших на нерест в каждый конкретный год вычисляли умножением количества производителей каждого вида лососей на навеску рыб соответствующего вида с последующим суммированием. Количество лососей, зашедших на нерест в р. Большую, оценивали по результатам авиаучетных работ, которые проводили сотрудники КамчатНИРО. Количество фосфора, ежегодно поступающее в реку с отнерестовавшими лососями (сненкой), представлено в табл. 2.

Краткое описание р. Большой. Р. Большая расположена на территории Усть-Большерецкого района Камчатского края и имеет протяженность 275 км. Площадь ее бассейна составляет 788 км². По химическому составу вода относится к гидрокарбонатному классу, к категории очень мягких вод (жесткость воды не превышает 0,6 мг/л). Минерализация воды составляет 20–30 мг/л. Поверхность бассейна в верхней и средней его части сложена преимущественно кристаллическими породами, в нижней части — торфянистым грунтом (Ресурсы.., 1973).

Р. Большая впадает в Охотское море и является местом нереста лососевых (Ресурсы.., 1973). Значительную промысловую нагрузку (включая браконьерский лов) несут популяции тихоокеанских лососей р. Большой во многом вследствие густой населенности района и возможности подъезда к реке на автомобиле практически в любом месте. Помимо этого, в бассейне реки расположено более 20 рыбоперерабатывающих предприятий, из которых только 16 имеют официальный статус. При этом всего 8 компаний имеют здесь закрепленные за ними участки. За исключением ООО «Дары Камчатки», все эти компании имеют собственные перерабатывающие мощности (Шевляков и др., 2013).

В устье р. Большой находится обширный эстуарий лагунно-руслового типа. Он представляет собой полузамкнутый водный объект, отделенный от Охотского моря песчано-галечной Октябрьской косой. На гидрологический режим эстуария большое влияние оказывают морские факторы, прежде всего приливы и волнение. Ежегодно, чаще всего в октябре–декабре, в районе косы наблюдаются значительные нагоны. Это явление часто приводит к переливанию морской воды через поверхность косы (Шевляков и др., 2013).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Уровень воды. Средний уровень воды в реке за 2005–2016 гг. составил 60,4 см, к маловодным годам можно отнести 2009, 2010, 2015 (рис. 2). Максимальный уровень воды зафиксирован в 2005 г. (142 см), также многоводным может считаться 2011 г.

Температура воды представляет собой важный физический параметр, характеризующий направление и скорость химических, биохимических и гидробиологических процессов, которые протекают в реке. В маловодные и теплые года река раньше вскрывает-

Таблица 2. Поступление фосфора в р. Большая со сненкой в 2005–2016 гг.

Годы	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014–2016
Биомасса рыб, т	498,01	1182,44	129,38	1890,62	365,51	6820,41	51,26	5961,41	393,81	–
Количество фосфора, т	0,61	1,45	0,16	2,31	0,45	8,34	0,06	7,29	0,48	–

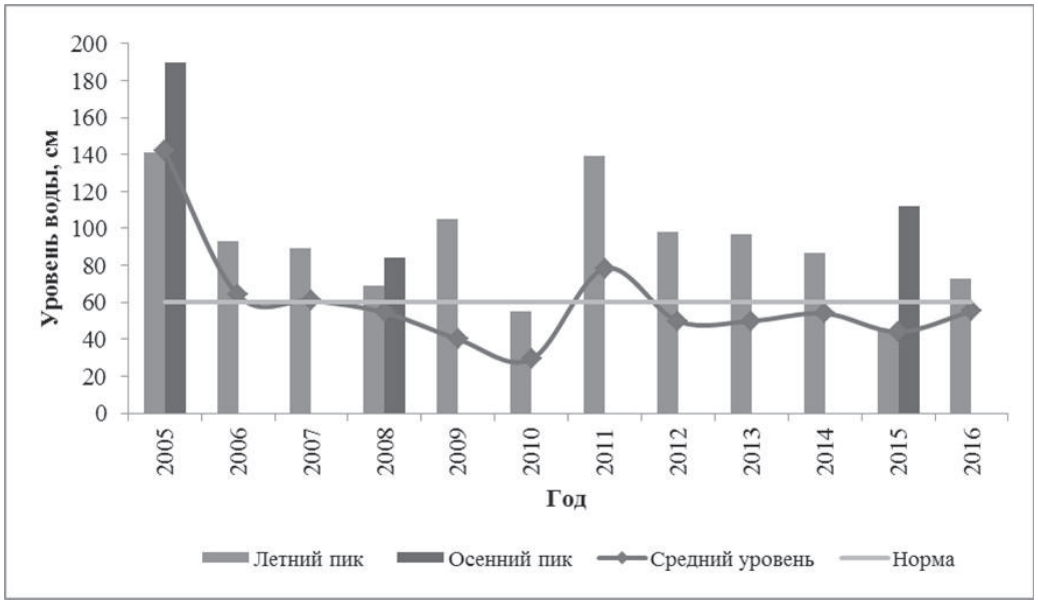


Рис. 2. Уровень воды р. Большой за период с мая по октябрь в 2005–2016 гг. на временном гидрологическом посту в месте отбора проб воды

ся ото льда, все химические процессы идут активнее. Так, к годам с довольно высоким прогревом воды можно отнести 2009, 2010, 2012–2016, а к годам с прогревом воды ниже среднего — 2005–2008, 2011 (рис. 3). За норму принято среднее арифметическое значение температуры воды с мая по октябрь за 11 лет. Уровень воды в реке является одним из определяющих факторов скорости ее прогрева (рис. 4).

Время и скорость разложения сненки. Нерестилища лососей находятся практически на всех участках водной системы р. Большой, за исключением лиманной части реки у самого устья. Они расположены не только в основных реках бассейна, но и в большинстве мелких притоков, включая ключи и речки (Крохин, Крогиус, 1937; Остроумов, 1982).

Введенская Т.Л. с коллегами предположили, что массовое разложение сненки на нерестилищах р. Большой происходит в осеннее время и частично зимой (Введенская и др., 2006).

На нерестилищах оз. Курильского и его притоках, а также в реках Утхолок и Коль, мягкие ткани рыб разлагаются в течение 1–3 месяцев после постнерестовой гибели, тогда как скелет может сохраняться год и более (Лепская, Кучерявый, 2011). Скорость редукции мягких тканей мертвой горбуши насекомыми в августе составляет 58 г/сутки (Клюкина, 2013).

Вымывание биогенных элементов из скелетов рыб в лососевых водоемах — это сложный процесс, в котором задействованы химические и микробиологические составляющие. Несомненно, на него влияют и гидрохимический фон самих водоемов, и сезонность в поступлении биогенных элементов с нерестовой рыбой, и развитие планктонного и бентосного

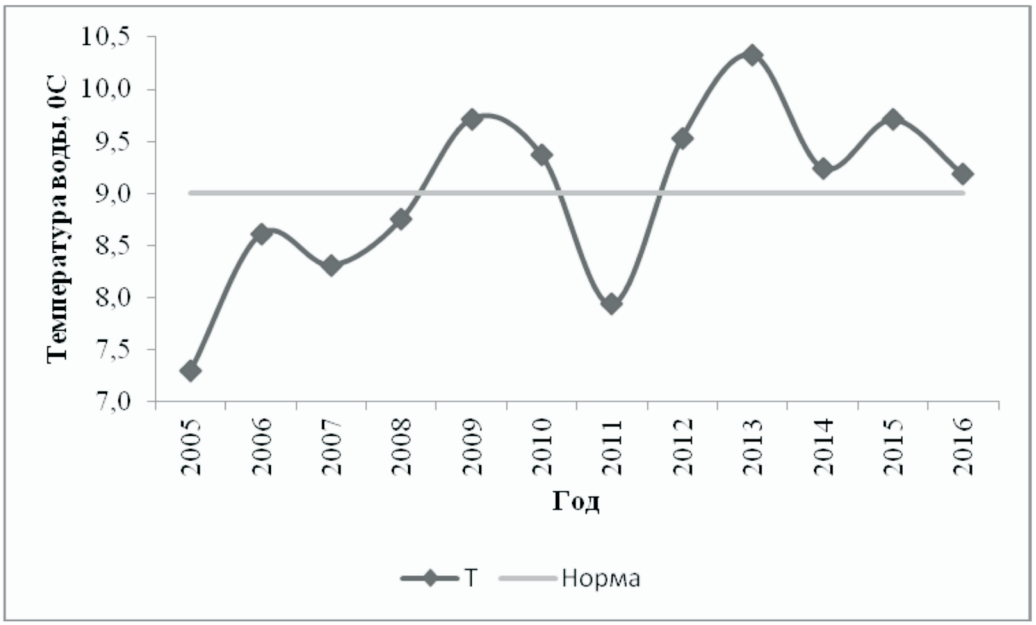


Рис. 3. Средняя температура воды в р. Большой за период с мая по октябрь в 2005–2016 гг. на временном гидрологическом посту в месте отбора проб воды

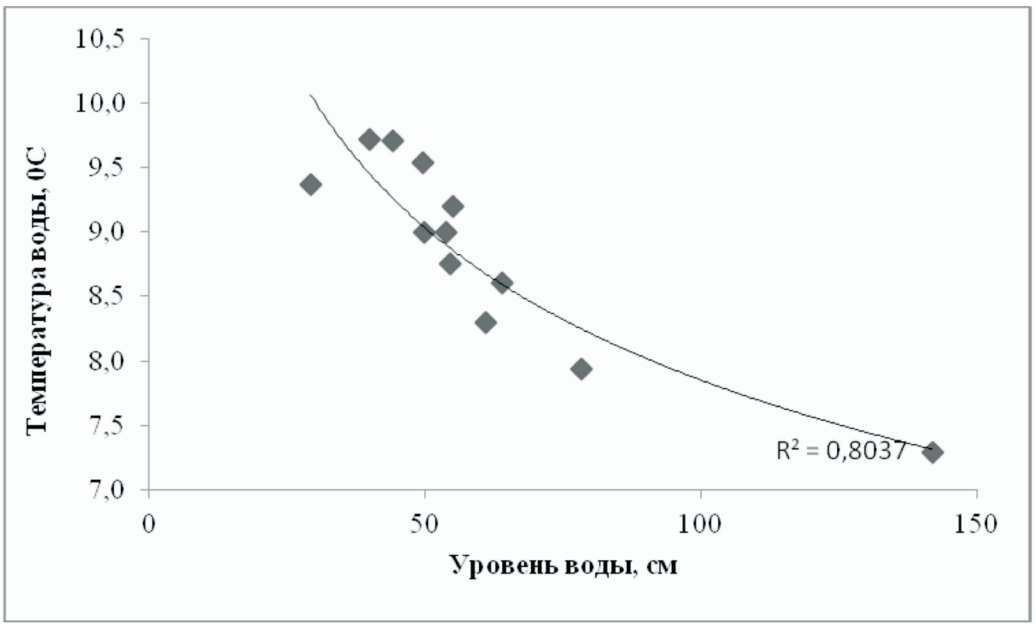


Рис. 4. Связь средней температуры и уровня воды в р. Большой за период с мая по октябрь в 2005–2016 гг. на временном гидрологическом посту в месте отбора проб воды

населения в самом водоеме. Очевидно, что наряду с извлечением биогенных элементов из костей, в них же происходит и накопление, обусловленное тем, что кости используются различными микроорганизмами в качестве субстрата (Лепская, Кучерявый, 2011). В первый месяц экспозиции вымывается в озере и реке 3/4 от первоначального содержания P, 2/3–3/4 от первоначального содержания Ca, 2/3 — K и Fe, и 3/4–4/5 содержания Sr. При этом активнее всего вымывание происходит в первые десять–двадцать дней (Лепская, Кучерявый, 2011).

Фосфор и азот. Значимая роль тихоокеанских лососей в экосистемах определяется их высокой суммарной биомассой (Макеев, 2010). А.Н. Сметанин указал на то, что поступление биогенных элементов в воду камчатских рек связано, в том числе, с разложением отнерестовавших лососей (Сметанин, 1993). Ю.А. Форина, исследуя реки восточного склона Северного Сихотэ-Алиня, отметила в нерестовой реке Большая Хадя увеличение фосфатов в осенний период после нереста лососевых пород рыб (Форина, 2008). На примере рек Сахалина и Америки В.И. Радченко отмечает, что тихоокеанские лососи транспортируют органическое вещество из океана в пресноводные экосистемы. Значимая роль обеспечивается их высокой суммарной биомассой. Известно, что содержание фосфора в организме лососей менее 0,5%, но, учитывая массовость нерестовых подходов, его суммарное содержание в водных экосистемах нельзя не брать в расчет (Радченко, 2012).

Основу промысла лососей в районе р. Большой в четные годы составляла горбуша. Доля ее в общем вылове равнялась в среднем 88,3%. Далее по убывающей шли: кета (5,9%), нерка (4,2%), кижуч (1,3%) и чавыча (0,3%). В нечетные годы наибольшее среднее изъятие пришлось на кету (37,3%), затем, по убывающей, следовали нерка, горбуша, кижуч и чавыча — соответственно 32,5, 14,4, 11,3 и 4,5% общего вылова лососей в нечетные годы (Шевляков и др., 2013; Запорожец и др., 2013).

Как отмечалось выше, зашедшая в реки на нерест рыба является заметным источником биогенных элементов, в первую очередь фосфора и азота. В разные годы заход производителей сильно различается; так, в нечетные (негорбушевые) годы заходы были невелики, поступление рыбного фосфора колебалось от 0,06 до 0,61 т. На рис. 5 видно, как уменьшилось в этот период количество валового фосфора в реке и стало минимальным за весь период наблюдений: от 30,5 до 44,2 мкг/л. В четные годы, особенно в 2010 (маловодный) и 2012 гг. (год со средней водностью), заходы производителей были выше, рыбного фосфора в эти 2 года поступило соответственно 8,34 и 7,29 т, и количество определяемого валового фосфора в воде также возросло — 48,3 и 55,8 мкг/л. Содержание валового фосфора в реке выросло в 1,4 раза в годы большого захода рыб.

Присутствие биогенных элементов в реках Камчатки связано с разложением отнерестившихся лососей (сненкой) и распадом органики торфяных болот, дающих, в частности, поступление азотистых соединений (Яроцкий, 2013). Нижняя часть бассейна реки как раз сложена из торфянистого грунта (Ресурсы.., 1973) и в теплое время года, видимо, дает подпитку реке.

Анализ данных за 2005–2016 гг. подтверждает наличие такой зависимости. Максимальные концентрации валового азота в воде совпадают с наиболь-

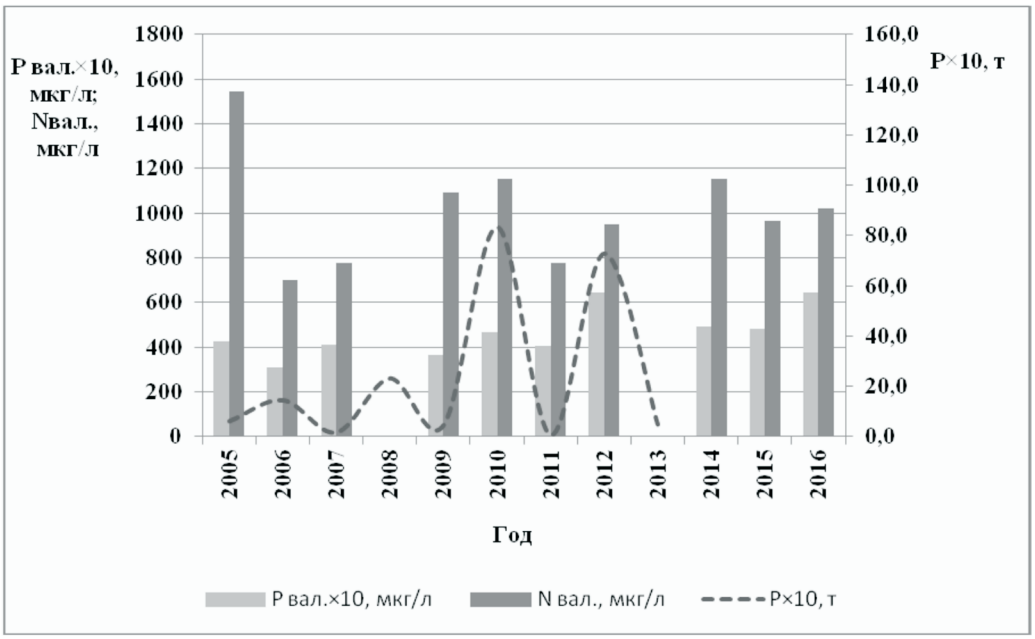


Рис. 5. Среднее содержание валового фосфора (Рвал.) и азота (Nвал.) в р. Большой за период с мая по октябрь в 2005–2016 гг., а также поступление в нее «рыбного фосфора»

шими показателями захода производителей на нерест (рис. 5). Это очень хорошо заметно в годы большего захода производителей — 2010, 2012. Содержание валового азота в реке в эти годы выросло в 1,4 раза. Кроме того, 2010-й относится к маловодным годам, а 2012-й — к годам с водностью чуть ниже средней, и оба они имели высокий прогрев воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ динамики биогенных элементов в р. Большой выявил заметные межгодовые колебания содержания валового фосфора в воде, которые совпадают с заходом производителей на нерест и водным режимом реки. Зашедшая на нерест рыба является значительным источником не только фосфора, но и азота. В разные годы заход производителей сильно различается (в четные года более чем на порядок), и чем больше в отдельный год биомасса производителей, чем выше содержание этих биогенных элементов было нами обнаружено в воде.

Следует выделить 2010 и 2012 годы. В это время в реку на нерест зашло наибольшее количество рыбы за все время наблюдений. Прогрев воды был выше среднего, а водность в 2012 г. оказалась чуть ниже средней, а 2010 год был и вовсе маловодный. Таким образом, в 2010, 2012 гг. концентрация валового фосфора и азота оказалась больше в 1,4 раза по сравнению с другими годами.

Аналогичное влияние захода рыб на нерест на содержание фосфора в реке Большой отмечается и в других реках. На примере рек Сахалина и Америки, Северного Сихотэ-Алиня видно, что лососи переносят органическое вещество (в первую очередь, фосфаты и валовый фосфор) из океана в пресноводные экосистемы за счет их высокой суммарной биомассы.

Гидрохимический режим р. Большой складывается из гидрологических и гидрохимических особенностей рек Быстрая и Плотникова, в которых также ведется мониторинг, и их влияние в будущем необходимо подробно рассмотреть. Регулярно осуществляемый гидрохимический мониторинг нерестовых рек позволяет следить за содержанием биогенных элементов в воде, которые влияют на развитие фитопланктона, являющегося кормовой базой молоди лососей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Т.К. Уколовой за анализ данных по р. Большой, а также всем, кто помогал в сборе гидрохимических проб и сборе данных по заходу рыбы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев В.Ф., Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю., Маслов А.В. 2000. Нерка *Oncorhynchus nerka* р. Большой (Западная Камчатка) // Матер. регион. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 36–38.

Бугаев В.Ф., Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю., Маслов А.В. 2002. Некоторые особенности биологии нерки *Oncorhynchus nerka* р. Большой (Западная Камчатка) и факторы, влияющие на ее биологические показатели // Изв. ТИНРО. Т. 130. С. 758–776.

Введенская Т.Л., Уколова Т.К., Свириденко В.Д. 2006. Гидрохимическая характеристика реки Большой (Камчатка) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 8. С. 158–165.

Виленская Н.И., Маркевич Н.Б. 2004. Динамика преднерестового хода и масса яйцеклеток тихоокеанских лососей (*Salmonidae*) в системе рек Большая–Быстрая (Западная Камчатка) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 7. С. 142–148.

Вронский Б.Б., Чебанов Н.А., Маркевич Н.Б. 2000. Выполнить анализ современного состояния популяции чавычи в бассейне р. Большой и разработать рекомендации по ее восстановлению и рациональной эксплуатации: Отчет о НИР. М.: КамчатНИРО. 105 с.

Заварина Л.О. 2010. О динамике биологических показателей и тенденциях изменения численности кеты (*Oncorhynchus keta*) р. Большой (Юго-Западная Камчатка) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 18. С. 38–57.

Запорожец Г.В., Запорожец О.М. 2006. Характеристика производителей тихоокеанских лососей разного происхождения в бассейне р. Большой (Западная Камчатка) // Бюл. № 1 реализации «Концепции Дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО. С. 187–191.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2007. Браконьерский промысел лососей в водоемах Камчатки: учет и экологические последствия: Монография. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 60 с.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Зорбиди Ж.Х. 2013. Динамика численности и биологические характеристики тихоокеанских лососей реки Большой (западная Камчатка) // Известия ТИНРО. Т. 174. С. 38–68.

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.

Зорбиди Ж.Х. 2003. Состояние запасов и структура стад кижуча Западной Камчатки // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 2. С. 541–549.

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

Кизеветтер И.В. 1971. Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб Тихоокеанского бассейна. Владивосток: Дальиздат. С. 104–114.

Клюкина Р.С. 2013. Насекомые-редуценты погибших производителей тихоокеанских лососей в низовье р.Коль // Матер. отчетн. сессии ФГУП «КамчатНИРО» по итогам науч.-исслед. работ в 2012 г. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 204–208.

Крохин Е.М., Крогиус Ф.В. 1937. Очерк бассейна р. Большой и нерестилищ лососевых, расположенных в нем // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 9. 157 с.

Лепская Е.В., Кучерявый А.В. 2011. Динамика вымывания фосфора и некоторых металлов из костей постнерестовой нерки в речном и озерном биотопах оз. Курильского (Камчатка) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 5. С. 293–299.

Макеев С.С. 2010. Регулирование заполнения нерестовых рек производителями лососей. Сахалин: Анивский отдел ихтиоло-

гии, рыболовства, мониторинга водных биоресурсов и среды их обитания ФГУ Сахалинрыбвод. 52 с.

Остроумов А.Г. 1982. Нерестовые ключи Камчатки // Рыбное хозяйство. № 4. С. 38–41.

Попова Т.А. 2011. Состояние запасов чавычи *Oncorhynchus tschawytscha* (Walbaum) в р. Большой в современный период // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Матер. II Всерос. науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 203–207.

Радченко В.И. 2012. Роль тихоокеанских лососей в пресноводных экосистемах // Экологическая вахта Сахалина. СахНИРО. С. 19–27.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Камчатка. 1973. Т. 20. Л.: Гидрометеоиздат. 368 с.

Руководство по химическому анализу вод суши. 1973. Под ред. О.А. Алекина. Л.: Гидрометеоиздат. 286 с.

Сметанин А.Н. 1993. Гидрохимический фон лососевых рек Камчатки. Петропавловск-Камчатский: ОКИД Кам. ЦНТИ. 26 с.

Справочник гидрохимика: рыбное хозяйство. 1991. (Под ред. В.В. Сапожникова). М.: Агропромиздат. 224 с.

Форина Ю.А. 2008. Гидрохимия рек восточного склона Северного Сихотэ-Алиня / Пресноводные экосистемы бассейна реки Амур. Владивосток: Дальнаука. С. 28–36.

Шевляков Е.А., Дубынин В.А., Зорбиди Ж.Х., Заварина Л.О., Попова Т.А., Артюхина Н.Б., Горин С.Л., Коваль О.О. 2013. Современное состояние лососевого комплекса реки Большой (Западная Камчатка): воспроизводство, промысел, управление // Изв. ТИНРО. Т. 174. Биологические ресурсы. С. 3–37.

Яроцкий Г.П. 2013. Дикий тихоокеанский лосось северо-запада Пацифики. Феномен и путь спасения. Камчатка и Корякия. Саарбрюккен, Германия: Лэп Ламберт. 247 с.

УДК 591.044:591.553

ЭКОЛОГО-РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕКИ ПОЛОВИНКИ (БАССЕЙН РЕКИ АВАЧИ) В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДА ЕЛИЗОВА В 2010–2015 ГГ.

Т.Л. Введенская, А.В. Улатов, Д.Ю. Хивренко, М.А. Гурьянова*, Е. Старухина*

Вед. н. с., к. б. н. ; ст. н. с.; н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: Vvedenskay.t.l@kamniro.ru
**Преподаватель; ученик; Средняя общеобразовательная школа № 8*
684000, Елизово, пер. Радужный, д. 3. E-mail: 27marina07@mail.ru

ЛОСОСЕВЫЙ ВОДОТОК, ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ, МАКРОЗООБЕНТОС, АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР, ИХТИОЦЕНОЗ, ПИЩА, ВИДЫ-ИНДИКАТОРЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

Лососевый водоток первого порядка р. Авачи — р. Половинка, находясь в селитебной зоне, испытывает высокую антропогенную нагрузку. К настоящему времени р. Половинка снизила свое рыбохозяйственное значение, что связано с длительным нарушением миграционных путей каскадом гидротехнических сооружений и, как следствие, снижением заходов производителей тихоокеанских лососей в реку. Экологическое состояние р. Половинки в нижнем течении к 2015 г. (по сравнению с 2010 г.) заметно ухудшилось и соответствует «среднему», на отдельных участках — близкое к «тяжелому» воздействию.

ECOLOGICAL AND FISHRIES CHARACTERIZATION OF POLOVINKA RIVER (AVACHA RIVER BASIN) WITHIN THE CITY YELIZOVO IN 2010–2015

T.L. Vvedenskaya, A.V. Ulatov, D.Yu. Khivrenko, M.A. Gugryanova*, E. Starukhina*

Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Senior Scientist; Researcher; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: Vvedenskaya.t.l@kamniro.ru
**Middle School Teacher; Middle School Student; Middle school of general education № 8*
684000, Yelizovo, Raduzhniy Lane, 3. E-mail: 27marina07@mail.ru

SALMON RIVER, PACIFIC SALMON, MACROZOOBENTHOS, ANTHROPOGENIC FACTOR, ICHTHIOCENOSIS, DIET, INDICATOR SPECIES, ECOLOGICAL STATE

Polovinka River is one of the major (of the 1st category) tributaries of Avacha River, it is situated within the city Yelizovo and affected extensively by anthropogenous activities. For today the fishery role of the tributary is decreased due to longlasting changes of salmon migration routs as a result of construction of technical hydrological cascade and decreased Pacific salmon spawning escapements into the main stream. In 2015 (comparing to 2010) the ecological state of the Polovinka in its lower part was worse to categorize it as "intermediate", but in some plots the effects are rather "heavy".

Район исследований располагается в нижей части бассейна крупнейшей лососевой нерестовой реки юго-востока Камчатки — р. Авачи.

В числе водотоков, оказавшихся в зоне влияния хозяйственной деятельности — правый приток р. Авачи, р. Половинка. В верхнем и среднем течении исследованный приток не загрязнен, русло не трансформировано. На приустьевом участке р. Половинка (в черте г. Елизова) русло канализировано: поперек русла установлены бетонные каскады, берега закрыты бетонными плитами.

В настоящей работе обобщены результаты эколого-рыбохозяйственных исследований, проводившихся в 2010, 2011 и 2015 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В 2010 и 2015 гг. были проведены исследования в правом притоке р. Авачи — р. Половинке (протяженность 20 км, впадает в р. Авачу в 28 км от устья. Пробы бентоса отбирали в нижнем течении на трех станциях (ст. 1 расположена выше городских построек, ст. 2 — в городской черте, ст. 3 — в 150 м от впадения в русло р. Авачи (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика отбора проб в р. Половинке

Дата	Гидробиологические пробы (бентос, рыба)	Гидрологические измерения	Гидрохимические пробы
28.09.2010	+	+	–
20.09.2015	+	+	–

Примечание: в 2011 г. проводились наблюдения за состоянием русла, дна, берегов и прибрежного ландшафт

При отборе проб бентоса использовали бентометры, площадь облова 0,12, 0,0625 и 0,0576 м^2. Ихтиологические съемки выполнены мальковым неводом и сачком.

Гидрологические исследования включали определение скорости течения, pH, температуры воды, органолептические показатели, оценку состояния русла, дна и берегов.

При анализе данных обработки бентосных проб использованы стандартные качественные и количественные характеристики макрозообентоса: количество таксонов (S_t), численность (N экз./м^2) и биомасса (B г/м^2). Для группы EPT (насекомых отрядов Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) определяли количество семейств (S_f) и количество видов (S_{EPT}) и долю группы EPT в общей численности сообщества ($N_{EPT}/N_{общ.}$). При определении показателя S_t организмы, принадлежащие к каждому из таксонов *Tricladida, Nematoda, Mermitidae, Oligochaeta, Hydracarina и Mollusca, Chironomidae*, рассматривались как один таксон. Сведения по таксономическому составу, биомассе и численности сообществ макрозообентоса на обследованных участках реки использованы при расчете индексов, отражающих структурные перестройки сообществ в ответ на изменения качества среды. Из них наиболее значимыми и широко применяемыми при мониторинге, особенно в горных районах, являются индексы S_{EPT} и $N_{EPT}/N_{общ.}$ — индикаторной группы EPT, наименее толерантных к различным видам загрязнения (Русанов и др., 1990; Вшивкова и др., 2005; Леман, Чебанова, 2005; Angradi, 1999; Lenat, 1983; Mebane, 2001; Zweig, Rabeni, 2001).

Представление о качественных и количественных изменениях сообществ донных беспозвоночных в ответ на любые виды антропогенных воздействий дают индекс Маргалефа и индексы общности таксонов и доминант. Индекс удельного видового богатства Маргалефа достаточно чувствительно регистрирует загрязнение среды снижением значений индекса (Баканов, 2000):

$$d = \frac{\mathrm{St} - 1}{\ln \mathrm{N\,Общ.}},$$

где d — индекс видового богатства Маргалефа, S_t — число видов (таксонов), $N_{общ.}$ — число особей (общая численность всех видов).

Индексы общности таксонов и доминант рассчитывали при парном сравнении таксономической структуры макрозообентоса в зоне воздействия и на фоновом участке или на постоянных станциях в разные годы по формуле:

$$K = \frac{\mathrm{a}}{\mathrm{a} + \mathrm{b} + \mathrm{c}},$$

где K — индекс общности таксонов (доминант), a — число общих таксонов в сравниваемых пробах, в — число таксонов, обнаруженных только в первой пробе, с — число таксонов, обнаруженных только во второй пробе.

При этом общность таксонов рассчитывают для всего комплекса таксонов, а общность доминант — только для таксонов, удельная плотность которых в сообществах превышает 170 экз./м^2 (Чебанова, 2009). Критериями тяжелого, среднего и слабого воздействия для индекса общности таксонов являются значения <0,29, 0,30–0,49 и 0,50–0,70, для индекса общности доминант — <0,20, 0,21–0,50 и 0,51–0,80 соответственно. При отсутствии воздействия первый индекс соответствует значениям >0,71, второй — >0,81 (Lenat, 1983; Чебанова, 2009).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Длина р. Половинки — 20 км, из них 10 км расположены в высотной зоне 0–200 м, 7 км — 201–500 м, и 3 км — 501–760 м. Площадь водосбора составляет 90,5 км^2. Этот водоток имеет 45 притоков длиной менее 10 км, общей протяженностью 64 км. На водосборе реки расположено пять озер, их общая площадь 0,08 км^2 (Ресурсы.., 1966).

Гидрологические характеристики с оценкой состояния русла, дна и берегов р. Половинки на период исследований представлены в таблице 2.

Из неопубликованных данных А.Г. Остроумова (1998) следует, что в р. Половинку заходили на нерест производители горбуши, кеты и кижуча и нерестились в среднем и нижнем течении (табл. 3).

По сведениям специалистов Севвострыбвода (устное сообщение А.К. Мальцева): на приустьевом 800-метровом участке реки (ниже 6 бетонных порогов, установленных поперек русла более 20 лет назад) в годы хороших подходов наблюдается единичный

нерест горбуши. Выше искусственных порогов горбуша не поднимается, в отдельные годы поднимаются единичные производители кижуча, которые нерестятся в районе горы Морозной.

В период наблюдений 2010 и 2015 гг. тихоокеанские лососи в нижнем течении р. Половинки не обнаружены. Выше городских построек обитала жилая форма мальмы *Salvelinus malma*. Размеры рыб варьировали в пределах 4,7–12,0 см. Питалась она преимущественно личинками хирономид, поденок, ручейников и имаго наземных насекомых, рыбы с пустыми желудками не встречались (табл. 4). Индивидуальные индексы наполнения желудков варьировали в пределах 8,7–246,2‰, средние показатели накормленности (ИНЖ) у разноразмерных рыб различались незначительно — 55,2–78,6‰.

Ниже по течению (на приустьевом участке) встречалась половозрелая мальма длиной около 30 см (рис. 1). Подняться выше по течению рыбы не могут, так как бетонные каскады являются для них непреодолимым препятствием. Кроме того, указанные сооружения в зимний период являются причиной образования техногенных наледей, которые



Рис. 1. Бетонированные каскады в русле р. Половинки в нижнем течении (вверху). Мальма из уловов рыбаков в 2011 г. (внизу)

Таблица 2. Некоторые гидрологические характеристики р. Половинки

Дата	Станция	Температура воды, °С	pH	Ширина (м); глубина (м); скорость течения (м/с)	Состояние водотока (русла, дна и берегов)
28.09.2010	1	6,7	7,7	15,0; 0,7; 0,5–0,7	Вода прозрачная, без запаха; галечник с наилком, песок, встречаются валуны; правый берег крутой, скалистый, поросший ивой, березами и разнотравьем; левый берег пологий, поросший чозенией, березами, изредка ольхой и разнотравьем
	2	6,9	8,1	10,0–12,0; 0,7; 0,5–0,6	Вода прозрачная, без запаха; галечник, встречаются валуны, песок, обрастания на камнях; берега крутые до 3 м, без растительности; правый берег забетонирован, левый отсыпан крупными камнями
	3	7,7	8,6	6,0–20,0; 0,3; 0,5	Вода прозрачная, без запаха; галечник с наилком, встречаются валуны, песок, редкие обрастания на камнях; берега пологие, поросшие ивой, ольхой и разнотравьем

Таблица 3. Рыбохозяйственная характеристика р. Половинки (по А.Г. Остроумову, 1998)

Нижнее течение	Среднее течение	Верхнее течение
Горбуша (1–2), кета (1–2), кижуч (1–2)	Горбуша (1–2), кета (1–2), кижуч (1–2)	0

Примечание: п. — правый приток; цифры в скобках: 1 — редкие нерестовые площадки, на каждой из которых размещается по 2–10 экз. лососей, 2 — нерестовые площадки встречаются значительно чаще, 0 — нерестилища отсутствуют

Таблица 4. Состав пищи мальмы в р. Половинке, % от массы

Пищевые компоненты	4,7–6,0 см, n = 8 экз.	7,6–8,9 см, n = 15 экз.	9,0–12,0 см, n = 7 экз.
Chironomidae larvae	79,1	74,8	24,7
Chironomidae pupae	1,0	0,2	0,0
Ephemeroptera larvae	0,0	0,0	14,2
Plecoptera larvae	0,0	0,5	4,9
Trichoptera larvae	2,8	3,7	14,4
Limoniidae larvae	0,0	0,1	0,9
Psychodidae larvae	3,3	0,8	4,6
Hydracarina	0,0	< 0,1	0,2
Mermitidae	0,7	< 0,1	< 0,1
Nematoda	0,0	0,0	< 0,1
Растительные остатки, детрит	0,0	1,3	3,7
$ИНЖ_{мин.-макс.}$, ‰	44,6–102,4	28,7–246,2	8,7–162,6
$ИНЖ_{ср.}$, ‰	78,6	69,9	55,2

нередко угрожают подтоплением хозяйственным территориям.

Беспозвоночные, обитающие на дне водотока, составляют кормовую базу рыб. Их обилие и состав зависят от условий обитания — абиотических и биотических, а в зоне хозяйственной деятельности определяющим является антропогенный фактор. В р. Половинке макрозообентос исследован в нижнем течении реки, наиболее подверженном влиянию антропогенных факторов (рис. 2).

Из всего состава донных беспозвоночных в 2010 г. самыми массовыми представителями макрозообентоса были хирономиды (табл. 5). Их доля от общей численности изменялась в пределах 75,9–91,2%, а биомасса — 26,7–80,8%. Наибольшую численность и биомассу они образовывали на ст. 2, соответственно 130,5 тыс. экз./м^2 и 28,6 г/м^2 против 32,3 тыс. экз./м^2 и 7,6 г/м^2 на ст. 1 и 26,1 тыс. экз./м^2 и 1,7 г/м^2 на ст. 3.

Среди прочих беспозвоночных следует отметить комплекс насекомых группы EPT (Ephemeroptera — поденки, Plecoptera — веснянки, Trichoptera — ручейники) — виды-индикаторы чистых вод. В р. Половинке эти насекомые встречались по всему руслу нижнего течения реки, причем в устье их доля по биомассе была на порядок больше по сравнению с вышерасположенными участками: 2,8% (от общей численности) и 4,2% (от общей биомассы) — на ст. 1; 1,5 и 4,0% — на ст. 2; 2,2 и 53,5% — на ст. 3. Состав этих насекомых на ст. 1 был представлен шестью видами поденок (*Cynigmula* sp., *C. putoranica*, *Caenis revolorum*, *Baetis* sp., *Drunella triacanta*, *Ephemerella aurivill*), двумя видами веснянок (*Perlodidae* sp., *Suwallia* sp.) и четырьмя видами ручейников (*Apatania crimophila*, *A. stigmatella*, *Glossosoma* sp., *Ecclisomyia kamtshatica*). Ниже по течению, на ст. 2, состав изменялся: количество видов поденок сократилось до двух (*C. putoranica*, *Baetis* sp.), ручейников — до трех (*Anagapetus shmidi*, *Apatania* sp., *Drunella triacanta*), и веснянок — до двух (*Perlodidae* sp., *Suwallia* sp.) видов. В устье реки, на ст. 3, каждый таксон группы EPT — поденки (*C. putoranica*, *Baetis* sp., *Ephemerella mucronata*), веснянки (*Perlodidae* sp., *Suwallia* sp., *Arcynopteryx* sp.) и ручейники (*A. schmidi*, *A. crymophila, A. stigmatella*) — состоял из трех видов.



Ст. 1 — выше городских построек

Ст. 2 — в городской черте, выше моста

Ст. 3 — в устье, в 100 м от впадения в р. Авачу

Рис. 2. Обследованные биотопы в нижнем течении р. Половинки

Таблица. 5. Состав и обилие макрозообентоса в нижнем течении р. Половинки в 2010 г., %

Таксон	Ст 1				Ст. 2				Ст. 3			
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
	2011		2015		2011		2015		2011		2015	
Planaria	0,1	0,7	0,3	2,3	< 0,1	0,1	0,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Mermitida	0,1	0,1	0,0	0,0	< 0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nematoda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	< 0,1	< 0,1	0,0	0,0
Oligochaeta	2,6	0,2	42,9	18,2	3,7	1,0	31,2	2,3	3,6	2,1	45,6	12,6
Ostracoda	0,1	< 0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	< 0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Hydracarina	4,6	0,3	1,6	0,2	3,0	0,6	0,0	0,0	18,0	5,6	1,1	0,1
Chironomidae larvae	88,7	26,7	35,9	35,4	91,2	80,8	61,5	12,9	75,9	33,4	42,2	28,0
Chironomidae pupae	0,0	0,0	3,8	6,8	0,0	0,0	4,3	1,7	< 0,1	< 0,1	4,7	4,0
Psychodidae larvae	0,5	0,4	0,6	0,7	0,2	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	0,3
Limoniidae larvae	0,5	5,3	0,6	7,3	0,3	12,9	0,0	0,0	0,2	5,2	0,3	6,3
Tipulidae larvae	0,2	62,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	25,7
Simuliidae pupae	< 0,1	< 0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Empididae larvae	0,0	0,0	0,0	0,0	< 0,1	0,2	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Ephemeroptera larvae.	1,9	3,4	6,7	24,6	0,7	1,1	0,0	0,0	0,6	6,6	3,6	20,4
Plecoptera larvae	0,7	0,1	6,1	4,5	0,7	0,2	0,0	0,0	0,7	11,0	1,8	2,5
Trichoptera larvae	0,2	0,7	0,0	0,0	0,1	0,5	0,4	45,2	0,9	35,9	0,2	0,2
Trichoptera pupae	0,0	0,0	0,0	0,0	< 0,1	2,2	1,3	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Численность, тыс. экз./м^2	36,5		5,0		143,0		3,7		34,4		22,4	
Биомасса, г/м^2	28,3		1,8		35,8		3,5		5,1		12,2	

Общая численность макрозообентоса на участках русла, расположенных выше городских построек (ст. 1) и в самом нижнем течении реки (ст. 3), была практически одинаковой (36,5 и 34,4 тыс. экз./м^2), тогда как общая биомасса значительно различалась (28,3 г/м^2 и 5,1 г/м^2). Причина столь большого различия обусловлена встречаемостью малочисленных, но очень крупных по размерам личинок долгоножек (Tipulidae). Некоторые из них имели длину 40 мм и массу тела 320 мг. На ст. 2 общая численность бентосных беспозвоночных за счет обильного развития личинок хирономид (91,2% от общей численности) была значительно (в ≈4 раза) выше (143,0 тыс. экз./м^2), чем на ст. 1 и 3, тогда как биомасса (35,4 г/м^2) различалась не столь резко.

Бентосные беспозвоночные реагируют на любые загрязнения снижением разнообразия и изменением структуры донных сообществ. Такие изменения в целом хорошо диагностируются в сообществе макрозообентоса в нижнем течении р. Половинки за период 2010–2015 гг. (табл. 6).

В 2015 г. состав макрозообентоса был представлен теми же организмами, что и в 2011 г., но в структуре сообщества произошли значительные изменения (табл. 6). Уменьшилось количество семейств, количество таксонов, общая численность и биомасса беспозвоночных, особенно существенно — на ст. 1 и 2. Доля хирономид по численности и биомассе резко снизилась на всех станциях, соответственно, возросла доля других организмов. Доминантами в сообществе стали малощетинковые черви (индекс Гуднайта–Уитлея на всех станциях вырос на порядок), которые увеличивают свою численность и биомассу в заиленном, богатом органикой грунте. Ухудшение экологического состояния нижнего течения реки показывает олигохетный индекс Гуднайта–Уитлея — на всех станциях его величина возросла на порядок.

Значительные изменения к 2015 г. произошли и в сообществе насекомых группы EPT. Их видовое разнообразие сократилось на всех станциях, но при этом величина индекса $N_{EPT}/N_{общ}$ на ст. 1 возросла на порядок; на ст. 2 и ст. 3 он практически не изменился, либо незначительно вырос. Сокращение видового разнообразия и в то же время увеличение индекса $N_{EPT}/N_{общ}$ обусловлено значительным возрастанием численности отдельных видов и, соответственно, доли в структуре численности от всех обитателей донной фауны. Таковыми на ст. 1 были *C. putoranica* и *Perloddae* juv., на ст. 2 — Trichoptera (личинки и куколки), на ст. 3 — *C. putoranica*, *Capnia* sp. При этом количество видов EPT (S_{EPT}) на всех станциях уменьшилось: в наибольшей степени на ст. 1 (с 12 до 5 — в ≈2,5 раза) и ст. 2 (с 7 до 1 — в 7 раз), в наименьшей — на ст. 3 (с 9 до 8). Видовой состав группы EPT в 2015 г. был представлен следующими видами: на ст. 1 пятью видами — поденками (*C. putoranica*, *Baetis bicaudatus*) и веснянками (*Tanionema japonicum, Suwallia* sp., *Perloddae* juv.), на ст. 2 одним видом — ручейниками (*Onocosmoecus unicolor*), на ст. 3 восемью видами — поденками (*Baetis sibirica, Cinygmula putoranica*, *Drunella triacantha*), ручейниками (*Apatania* sp., *A. schmidi*) и веснянками (*T. japonicum, Suwallia* sp., *Capnia* sp.).

Совокупное изменение рассмотренных трех индексов ($N_{олиг.}/N_{общ.}$, $N_{EPT}/N_{общ.}$, S_{EPT}) указывает на ухудшение экологической обстановки на ст. 1 и ст. 2. Подтверждением такого изменения является снижение индекса Маргалефа на ст. 1 и ст. 2. На ст. 3 этот индекс не изменился и соответствовал показателю, равному 1,3, что указывает на сохранение близкого к исход-

Таблица 6. Изменение экологического состояния р. Половинки в нижнем течении по основным показателям макрозообентоса в 2010–2015 гг.

Показатель	Ст. 1		Ст. 2		Ст. 3	
	2010	2015	2010	2015	2010	2015
Качественная и количественная характеристики						
Количество семейств (S_f)	19	12	17	8	13	14
Количество таксонов (S_t)	22	12	19	8	15	14
Численность бентоса, экз./м^2	36 467	4992	143 000	3696	34 423	22 384
Биомасса бентоса, г/м^2	28,3	1,8	35,8	3,5	5,1	12,2
Показатели экологической обстановки						
Количество видов EPT (S_{EPT})	12	5	7	1	9	8
Индекс EPT ($N_{EPT}/N_{общ.}$)	0,03	0,13	0,01	0,02	0,02	0,06
Олигохетный индекс Гуднайта–Уитлея ($N_{олиг.}/N_{общ.}$)	0,03	0,43	0,04	0,31	0,04	0,46
Индекс Маргалефа (d)	2,0	1,3	1,5	0,9	1,3	1,3
Парный анализ макрозообентоса						
Индекс общности таксонов ($K_{такс.}$)	0,30		0,35		0,45	
Индекс общности доминант ($K_{дом.}$)	0,29		0,25		0,38	

ному по уровню экологического благополучия на нижнем приустьевом участке реки.

При парном сравнении макрозообентоса на всех трех участках нижнего течения, как по таксонам, так и по доминантам сообщества, выявлено «среднее воздействие» на всех станциях. Причем наиболее существенное изменение структуры сообщества произошло на ст. 2, на которое в наибольшей степени, как и индекс Маргалефа, отреагировал индекс общности доминант, зафиксировав воздействие «среднее», близкое к «тяжелому».

Наибольшее благополучие по совокупности большей части индексов, в частности индексов общности (таксонов и доминант), Маргалефа и EPT, отмечено на ст. 3. Данное обстоятельство можно объяснить как результат близости к основному руслу р. Авачи, из которого происходит «подпитка» сообщества р. Половинки за счет вылета и размножения имаго амфибитических насекомых из русла р. Авачи с распространением кладок на участки близлежайшей русловой сети, в т. ч. на приустьевой участок р. Половинки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лососевый водоток р. Половинки в нижнем течении протекает через территорию гор. Елизова, в связи с чем испытывает высокую нагрузку, связанную с загрязнением и трансформацией русла в результате изъятия грунта из реки, строительства и эксплуатации бетонных каскадов. Экологическое состояние р. Половинки в нижнем течении к 2015 г. (по сравнению с 2010 г.) заметно ухудшилось и соответствует «среднему», на отдельных участках — близкое к «тяжелому» воздействию. Это может являться следствием постоянного проведения в русле реки руслорегулирующих работ, а также существования иных рассредоточенных источников антропогенного воздействия внутри населенного пункта.

К настоящему времени р. Половинка снизила свое рыбохозяйственное значение, что связано с длительным нарушением миграционных путей каскадом гидротехнических сооружений в русле и, как следствие, снижением заходов производителей тихоокеанских лососей в реку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баканов А.И. 2000. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутр. вод. № 1. С. 68–82.

Вшивкова Т.С., Омельченко М.В., Бурухина Е.В., Самчинская Л.П., Сибирская Е.К. 2005. Оценка влияния Партизанской ГРЭС на экологическое состояние р. Партизанская и р. Ключ Лозовой // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 3. Владивосток. Дальнаука. С. 139–155.

Леман В.Н., Чебанова В.В. 2005. Реакция литофильного зообентоса на изменение гранулометрического состава грунта в метаритрали малой предгорной реки (юго-запад Камчатки) // Экология. № 2. С. 120–125.

Остроумов А.Г. 1998. Нерестовое значение рек и озер Камчатской области и Корякского автономного округа (восточное побережье). Петропавловск-Камчатский: Фонды КамчатНИРО.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Камчатка. 1966. Т. 20. 258 с.

Русанов В.В., Зюсько А.Я., Ольшаванг В.Н. 1990. Состояние отдельных компонентов водных биоценозов при разработке россыпных месторождений дренажным способом. Свердловск. УрО АН СССР. 122 с.

Чебанова В.В. 2009. Бентос лососевых рек Камчатки. М: ВНИРО. 172 с.

Angradi T.R. 1999. Fine sediment and macroinvertebrateassemblages in Appalachian streams: a field experiment with biomonitoring application // J. N. Am. Bentol. Soc. V. 18. № 1. P. 49–66.

Lenat D.R. 1983. Chironomid taxa richness: natural variation and use in pollution assessment // Freshwat. Invertebr. Biol. V. 2. № 4. P. 192–198.

Mebane C.A. 2001. Testing bioassessment metrics: macroinvertebrate, sculpin, and salmonid responses to stream habitat, sediment, and metals // Environ. Monit. Assess. V. 67. № 3. P. 293–322.

Zweig L.D., Rabeni C.F. 2001. Biomonitoring for deposited sediment using benthic invertebrates: a test on 4 Missouri striams // J. Am. Benthol. Soc. V. 20. № 4. P. 643–657.

УДК 591.524.11; 597. 553.2: 597-153

СНИЖЕНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ РУЧЬЯ ХАЙКОВА (БАССЕЙН РЕКИ ПАРАТУНКИ)

Т.Л. Введенская, А.В. Улатов, Д.Ю. Хивренко

Вед. н. с., к. б. н.; ст. н. с.; н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail:Vvedenskaya.t.l@kamniro.ru

ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ, РУЧЕЙ, МАКРОЗООБЕНТОС, ЧИСЛЕННОСТЬ, БИОМАССА, АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ, САПРОБНОСТЬ

Проведены эколого-рыбохозяйственные исследования руч. Хайкова, который является притоком р. Паратунки первого порядка. Ручей на протяжении многих лет подвергался интенсивному загрязнению, и в настоящее время рыбохозяйственное значение его в значительной степени утрачено. Нерестовые площадки в среднем и нижнем течении для заходивших ранее на нерест нерки, кеты и кижуча непригодны, и как нагульные территории эти участки русла также не могут использоваться молодью лососей.

THE DECLINE OF THE FISHERY VALUE OF KHAIKOVA STREAM (PARATUNKA RIVER BASIN)

T.L. Vvedenskaya, A.V. Ulatov, D.Yu. Khivrenko

Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Senior Scientist; Researcher; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel.: (4152) 41-27-01. E-mail: Vvedenskaya.t.l@kamniro.ru

PACIFIC SALMON, STREAM, MACROZOOBENTHOS, ABUNDANCE, BIOMASS, ANTHROPOGENIC IMPACT, ECOLOGICAL STATE, SAPROBITY

Ecological and fishery researches were carried out in Khaikova stream, one of major tributaries of Paratunka River. Many years the stream received pollutants, and for now its' fishery importance has lost. The grounds in the lower and middle parts of the stream, earlier used by sockeye, chum and coho salmon, can't be used anymore neither as spawning by adult fish nor as feeding area by juvenile salmon.

Лососевая р. Паратунка, расположенная на юго-востоке Камчатки, является важным рыбохозяйственным водным объектом, в котором проходят нерест и нагул тихоокеанских лососей (горбуши, кеты, нерки, чавычи, кижуча) и гольцов разных форм (жилые, проходные). В настоящее время промышленный лов лососей в этой реке не проводится, имеют место лицензионное спортивное рыболовство, научный лов и отлов производителей для закладки икры на Паратунский экспериментальный лососевый рыбоводный завод (ПЭЛРЗ). Изменение рыбохозяйственного значения р. Паратунки связано с антропогенным воздействием разного генезиса, основные причины — нерациональный вылов производителей, поступление загрязненных стоков и хозяйственная деятельность в бассейне этой реки (Введенская и др., 2003; Введенская, Чистякова, 2007; Введенская, Улатов, 2012, 2015а, б; Введенская и др., 2004).

Представленная работа посвящена анализу результатов эколого-рыбохозяйственных исследований руч. Хайкова, подвергавшегося многолетнему и интенсивному антропогенному воздействию.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В июле–августе 2016 г. проведены исследования руч. Хайкова — левого притока р. Паратунки, впадающего в основное русло реки в 20 км от ее устья. Ручей имеет протяженность ≈10 км, в 2,5 км от своего устья протекает через озеро без названия с площадью водного зеркала <1 км^2, выше которого участок водотока протяженностью ≈5,5 км называется руч. Коркина (Ресурсы.., 1966). Этот водоток (руч. Хайкова–Коркина) в верхнем и среднем течении протекает через

с. Паратунка, в нижнем — около рекреационных бассейнов и санатория «Жемчужина Камчатки», использующих термальные воды.

Бентосные пробы отбирали на четырех станциях: в верхнем (ст. 1, выше с. Паратунка), среднем (ст. 2, в самом селе, ст. 3, ниже села) и нижнем (ст. 4, в месте впадения ручья в р. Паратункуа) течении по стандартной методике (Тиунова, 2003), используя бентометр площадью облова 0,0625 м^2. Рыб отлавливали мальковым неводом и сачком.

Гидрохимический анализ воды выполнен в Испытательной (центральной) лаборатории АО «Камчатгеология». Гидрологические исследования включали определение скорости течения, pH, температуры воды и органолептических показателей.

Качество воды оценивали по индексу Гуднайта–Уитли, равного отношению численности олигохет (индикаторная группа) к численности всего бентоса ($N_{ol}/N_{общ.}$) (табл. 1). Использованы три градации экологического состояния: река в «хорошем» состоянии — олигохет менее 60% от общего числа всех донных организмов; река в «сомнительном» состоянии — олигохет 60–80%; река «тяжело» загрязнена — олигохет более 80% (Goodnight, Whitley, 1961).

При классификации водных объектов оценку качества воды дополняли характеристикой сапробности по индексу олигохет в соответствии с классификацией Э.А. Пареле и О.Л. Качаловой (сапробность — степень загрязнения вод органическими веществами): олигосапробная зона — олигохет до ~30%, β-мезосапробная — 30–60%, β–а-мезосапробная — свыше 60 и до 70%, а-мезосапробная — свыше 70 и до 80%, полисапробная — свыше 80% (Гидробиологический режим.., 1981).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным КамчатНИРО, р. Паратунка имеет высшую категорию рыбохозяйственного значения, т. к. в ней обитают ценные виды рыб — кижуч, нерка и чавыча (Приказ от 16 марта.., 2009; Приказ от 17 марта.., 2009). Состав ихтиофауны в бассейне р. Паратунки представлен следующими видами: горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*, кета *O. keta*, нерка *O. nerka*, кижуч *O. kisutch*, чавыча *O. tschawytscha*, мальма *Salvelinus malma*, кунджа *S. malma*, голец Крогиуса *S. krogiusae* (эндемичный голец арктоидного типа, встречается только в оз. Дальнем), микижа *Parasalmo mikis*, колюшка трехиглая *Gasterosteus aculeatus*, колюшка девятииглая *Pungithius pungithius*, минога тихоокеанская *Lampetra japonica*, дальневосточная ручьевая минога *L. reissneri*, азиатская зубастая корюшка *Osmerus mordax dentex*, малоротая корюшка *Hypomesus olidus*, серебряный карась *Carassius auratus gibelio*, амурский сазан *Cyprinus carpio*. По численности и биомассе доминируют тихоокеанские лососи, среди которых наиболее многочисленно заводское стадо кеты, что обусловлено достаточно интенсивным искусственным воспроизводством этого вида на ПЭЛРЗ. В низовье реки заходят два вида камбал (звездчатая *Platichthys stellatus* и желтобрюхая *Pleuronectes quadrituberculatus*) и бычки (сем. *Gobiidae*) (Остроумов, 1984; Введенская, Улатов, 2015б; Есин и др., 2015).

Антропогенное воздействие на рассматриваемый водоток руч. Хайкова–Коркина происходит в основном в селитебной зоне среднего и нижнего течения, где расположен населенный пункт — с. Паратунка, а также многочисленные базы отдыха и два санатория, которые используют термальные воды.

Обследованные участки ручья имеют разные характеристики (табл. 2).

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

Таблица 2. Некоторые гидрологические характеристики руч. Хайкова в 2016 г.

Показатель	Руч. Коркина			Руч. Хайкова
	Ст. 1 (21 июля)	Ст. 2 (21 июля)	Ст. 3 (2 августа)	Ст. 4 (2 августа)
	Верхнее течение	Среднее течение		Нижнее течение
Температура воды, °С	11,6	19,2	19,8	16,2
Ph	7,4	7,6	7,6	7,6
Скорость течения, м/с	0,4–0,5	0,3	0,2	0,2
Оптическая мутность, NTU	0,62	1,81	7,8	5,83
Состояние русла, дна (грунта), берегов	Вода чистая, прозрачная, без запаха, песок, галька, разноразмерные камни, обрастания на камнях, берега пологие поросшие березняком, ивой и различными травами	Вода чистая, прозрачная, без запаха, песок, галька, разноразмерные камни, обрастаний нет, много битого стекла, берега пологие, поросшие ивняком и различными травами	Вода мутная, серого цвета, ощущается запах сероводорода, много ила, коряг, веток и листового опада, правый берег низменный, поросший травами, левый крутой, поросший березами, ивами и разнотравьем	Вода мутная, темно коричневого цвета, очень много ила, коряг, веток и листового опада, ощущается гнилостный запах и сероводорода, берега невысокие поросшие ивами и разнотравьем

Руч. Хайкова–Коркина ранее был обследован А.Г. Остроумовым. По его неопубликованным данным (1998), тихоокеанские лососи в руч. Хайкова представлены неркой, кетой и кижучем, что свидетельствует о высокой потенциальной рыбохозяйственной продуктивности ручья. Заполняемость нерестилищ производителями лососей в нижнем и среднем течении ручья изменялась от небольшой (1) до средней (3), в верхнем течении нерестилища отсутствовали (табл. 3).

Исследования ихтиофауны данного ручья в 2016 г. выявили следующие особенности. На ст. 1 ихтиоценоз представлен мальмой. На ст. 2 ихтиоценоз представлен мальмой и молодью кижуча, на ст. 3 — жилыми формами трехиглой и девятииглой колюшек. В нижнем течении (ст. 4) невождение провести не удалось из-за очень мягкого, топкого и обильного илистого грунта и большой глубины. Обловы сачком с берега не выявили присутствия каких-либо рыб на этом участке ручья.

Гидрохимические показатели воды приведены в табл. 4. По всем химическим ингредиентам (за исключением нитратов) наибольшие значения зафиксированы на станциях 2, 3, 4, что указывает на поступление сточных вод с близлежащих территорий, в т. ч. из села и рекреационных бассейнов, которые базируются на термальной воде.

Донные беспозвоночные, постоянно присутствуя в водном объекте, реагируют на все сбросы разного генезиса, которые при физических и химических методах контроля, рассчитанных на дискретный во времени отбор проб, могут остаться не учтенными (Баканов, 2000). Макрозообентос на исследованных участках ручья довольно сильно различался и отражал степень антропогенного воздействия (табл. 5).

Разнообразие бентосных беспозвоночных уменьшалось по мере продвижения к нижнему течению ручья. В верхнем и среднем течении количество таксонов представлено 10–12, а в нижнем — четырьмя. В верхнем течении, на ст. 1 донные биотопы населены различными беспозвоночными, в том числе личинками насекомых, которые обитают только в незагрязненных и быстротекущих водотоках. Таковыми являются насекомые группы EPT (Ephemeroptera — поденки, Plecoptera — веснянки и Trichoptera — ручейники), виды-индикаторы чистых вод (Woodiwiss, 1964). Поденки представлены тремя видами: *Baetis bicaudatus*, *B. vernus, Cinygmula* sp., веснянки двумя видами — *Taenionema japonicum, Suwalia* sp. В среднем и нижнем течении состав представителей группы EPT существенно изменяется. На ст. 2 встречались лишь четыре вида ручейников — *Brachycentrus americanus*, *Agrypnia colorata*, *Anagapetus schmidi*, *Apatania* sp. Отсутствие поденок и веснянок на этой станции, видимо, связано в основном со снижением скорости потока до 0,3 против 0,4–0,5 м/с в верхнем течении. Ниже по течению, на станциях 3 и 4, насекомые из реофильной группы EPT не обнаружены, вода на этих участках ручья была практически стоячая, скорость течения не превышала 0,2 м/с.

Структура макрозообентоса в исследованных участках ручья также имела существенные различия (табл. 6). В верхнем течении (ст. 1) донные биотопы в основном заселены многочисленными хирономидами (31,5%), планариями (20,6%), поденками (18,4%), малощетинковыми червями (14,3%) и веснянками (11,7%). В биомассе наибольшая доля принадлежала малощетинковым червям (74,5%). Такое, казалось бы, несоответствие численности и биомассы объясняется встречаемостью среди червей немногочисленных представителей из семейства Lumbricidae, масса которых варьировала в пределах 15,0–313,0 мг при среднем значении одного экз. 213,0 мг. На их долю, от всех

Таблица 3. Рыбохозяйственная характеристика руч. Хайкова (Остроумов, 1998)

Бассейн р. Паратунки	Длина, км	Нижнее течение	Среднее течение	Верхнее течение
Ручей Хайкова	10 л.	2((1)), 4(2–3), 5((1–2))	2((1)), 4(2–3), 5((1–2))	0

Примечание: л. — левый приток, 2 — нерка, 4 — кета, 5 — кижуч, () — ранняя раса, (( )) — поздняя раса. Цифры в скобках: 1 — редкие нерестовые площадки, на каждой из которых размещается по 2–10 экз. лососей, 2 — нерестовые площадки встречаются значительно чаще, 3 — через небольшие промежутки нерестовые площадки размещаются по всей длине участка русла реки или по всей площади литорали, или дна озера, при средней плотности заполнения нерестилищ производителями, 0 — нерестилища отсутствуют

Таблица 4. Гидрохимические показатели руч. Хайкова–Коркина, 2016 г.

Станция	O_2	БПК$_5$*	мг/л										
	мг/л	мг/л	Рмин.	Рорг.	Рвал.	N-NH4	N-NO_2	N-NO_3	Nмин.	Nорг.	Nвал.	Fe	Si
Ст. 1 21 июля	9,99	2,02	0,017	0,070	0,087	0,133	0,002	0,130	0,265	0,525	0,79	0,055	3,427
Ст. 2 21 июля	9,87	2,74	0,010	0,103	0,113	0,029	0,005	0,519	0,553	0,527	1,08	0,093	7,064
Ст. 3 2 августа	10,80	–	0,040	–	–	1,503	0,066	0,140	1,710	–	–	0,116	15,0
Ст. 4 2 августа	8,90	–	0,043	–	–	0,857	0,015	0,090	0,970	–	–	0,480	13,0

Примечание: * — биохимическое потребление кислорода; мин. — минеральный, орг. — органический, вал. — валовой

обнаруженных малощетинковых червей, приходилось 6% от численности и 99,4% от биомассы.

В среднем течении на ст. 2 состав макрозообентоса представлен многочисленными брюхоногими моллюсками (58,6%) (в основном из рода *Limnacea* (99,6%) и единичными из рода *Planorbis* (0,4%)) и гаммарусами *Gammarus lacuctris* (26,1%). В структуре биомассы доля моллюсков и гаммарусов соответствовала их численности (58,6 и 26,1%). На ст. 3 состав донной фауны существенно отличался. Он был образован в основном многочисленными малощетинковыми червями (81,4%) и в меньшей степени моллюсками (9,9%), среди которых в равной степени найдены представители из родов *Limnacea* и *Planorbis*. Соотношение этих беспозвоночных в биомассе было несколько иным: на долю моллюсков и их кладок приходилось 53,6%, малощетинковых червей — 43,0%.

В нижнем течении (ст. 4) донные биотопы заселены в основном малощетинковыми червями (42,2%) и хирономидами (31,1%), доля которых в биомассе соответствовала их численности (49,9 и 35,2%).

В нижнем течении руч. Хайкова с 1975 по 2005 гг. находился круглогодичный стационар КамчатНИРО (Паратунская экспериментальная база), где проводились различные научно-исследовательские и экспериментальные работы, в том числе изучали кету; нерест производителей и нагул молоди этого вида

Таблица 5. Состав и количественные показатели макрозообентоса (экз. в м^2, г в м^2) в руч. Хайкова–Коркина в 2016 г.

Таксон	Руч. Коркина						Руч. Хайкова	
	Ст. 1		Ст. 2		Ст. 3		Ст. 4	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Planaria	1520	1,856	–	–	–	–	–	–
Mermitida	–	–	384	0,030	928	0,019	6656	0,512
Nematoda	16	< 0,001	48	< 0,001	592	0,006	–	–
Oligochaeta	1056	13,712	2080	3,620	28640	6,103	19456	2,176
Ostracoda	–	–	–	–	32	0,001	5632	0,141
Gammarus lacuctris	32	0,040	8672	23,540	16	0,014	–	–
Mollusca	–	–	8704	52,800	3488	3,518	–	–
Кладки моллюсков	–	–	80	3,650	176	4,080	–	–
Tardigrada	–	–	–	–	16	< 0,001	–	–
Hydracarina	–	–	160	0,010	–	–	–	–
Chironomidae l.	2320	0,240	14624	2,880	1264	0,374	14336	1,536
Chironomidae p.	16	0,004	208	0,320	48	0,068	–	–
Simuliidae l.	16	0,016	–	–	–	–	–	–
Limoniidae l.	144	0,080	32	0,350	–	–	–	–
Empididae l.	–	–	16	0,020	–	–	–	–
Muscidae l,	–	–	16	< 0,001	–	–	–	–
Ephemeroptera l.	1360	1,872	–	–	–	–	–	–
Plecoptera l.	864	0,592	–	–	–	–	–	–
Coleoptera l.	32	0,008	–	–	–	–	–	–
Trichoptera l.	–	–	96	2,960	–	–	–	–
Всего	7376	18,420	35120	90,180	35200	14,182	46080	4,365

Примечание: l. — личинки, p. — куколки, N — численность, B — биомасса

Таблица 6. Состав макрозообентоса в руч. Хайкова–Коркина в 2016 г., %

Таксон	Руч. Коркина						Руч. Хайкова	
	Ст. 1		Ст. 2		Ст. 3		Ст. 4	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Planaria	20,6	10,1	–	–	–	–	–	–
Mermitida	–	–	< 0,1	< 0,1	2,6	0,1	14,4	11,7
Nematoda	0,2	< 0,1	–	–0	1,7	< 0,1	–	–
Oligochaeta	14,3	74,5	4,0	4,0	81,4	43,0	42,2	49,9
Ostracoda	–	–	–	–	0,1	< 0,1	12,2	3,2
Gammarus lacustris	0,4	0,2	26,1	26,1	< 0,1	0,1	–	–
Mollusca	–	–	58,6	58,6	9,9	24,8	–	–
Кладки моллюсков	–	–	4,1	4,0	0,5	28,8	–	–
Tardigrada	< 0,1	< 0,1	–	–	–	–	–	–
Hydracarina	–	–	< 0,1	< 0,1	–	–	–	–
Chironomidae l.	31,5	1,3	3,2	3,2	3,6	2,6	31,1	35,2
Chironomidae p.	0,2	< 0,1	0,4	0,4	0,1	0,5	–	–
Simuliidae l.	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–
Limoniidae l.	2,0	0,4	0,4	0,4	–	–	–	–
Empididae l.	–	–	< 0,1	< 0,1	–	–	–	–
Muscidae l,	–	–	< 0,1	< 0,1	–	–	–	–
Ephemeroptera l.	18,4	10,2	–	–	–	–	–	–
Plecoptera l.	11,7	3,2	–	–	–	–	–	–
Coleoptera l.	0,4	< 0,1	–	–	–	–	–	–
Trichoptera l.	–	–	3,3	3,3	–	–	–	–

Примечание как в таблице 5

проходили на этом участке ручья. В 90-е годы (1983–1999 гг.) здесь изучали кормовую базу молоди лососей (Чебанова, 2002). Сообщество бентосных беспозвоночных в дрифте состояло из хирономид (38 видов), веснянок (один вид), ручейников (один вид), планарий (один вид), моллюсков (три вида), а также водяных клещей, олигохет, пиявок, жуков, стрекоз и бокоплавов, не определенных до вида.

Известно (Шустов, 1977), что состав беспозвоночных, которые совершают вертикальные миграции, аналогичен таковому в бентосе. В 2016 г. разнообразие макрозообентоса в бентофауне, по сравнению с прошлыми годами, резко сократилось — до четырех (хирономиды, ракушковые рачки, круглые и малощетинковые черви). Из 38 видов хирономид, ранее определенных на этом участке ручья и представленных четырьмя подсемействами, в настоящее время обнаружены только представители п/с Orthocladiinae — *Heterotrissicladius marcidus* и ранняя молодь *Heterotrissicladius juv.*, видовую принадлежность которых определить не представляется возможным.

По составу и структуре бентосных беспозвоночных руч. Хайкова можно заключить, что кормовая база молоди лососей в настоящее время пригодна для нагула молоди лососей только на участках русла, расположенных в селе и выше него, и не пригодна на нижерасположенных участках, т. к. обитателями на них являются беспозвоночные, которые не совершают миграции в толщу воды.

Оценивая экологическое состояние руч. Хайкова по олигохетному индексу, можно заключить, что верхнее течение характеризуется как «чистое»; среднее течение — в самом селе как «чистое», ниже села как «грязное»; нижнее течение — как «слабо загрязненное». По сапробности обследованные биотопы соответствуют следующим характеристикам: участок русла ручья на ст. 1 соответствует олигосапробной зоне, на ст. 2 — олигосапробной зоне, на ст. 3 — полисапробной зоне; на ст. 4 — β-мезосапробной зоне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ручей Хайкова является притоком р. Паратунки первого порядка. Этот водоток в среднем течении находится в селитебной зоне, а в нижнем течении на его левом берегу расположены многочисленные базы отдыха и санаторий, использующие и сбрасывающие термальные воды. Ручей на протяжении многих лет подвергался интенсивному загрязнению и в настоящее время рыбохозяйственное значение этого водотока в значительной мере утрачено. Нерестовые площадки в среднем и нижнем течении для заходящих ранее на нерест нерки, кеты и кижуча непригодны для нереста, т. к. покрыты толстым слоем ила (около 30–40 см). Эти участки ручья (ст. 3 и 4) как нагульные территории для молоди лососей также не могут быть использованы из-за высокой мутности и малокормности. Отмеченные в нижнем течении ручья изменения структуры бентоса позволяют говорить о серьезной за последние десятилетия перестройке донного сообщества под воздействием антропогенных факторов, в частности, из состава амфибиотических насекомых к 2016 г. исчезли хирономиды трех подсемейств, полностью отсутствуют ранее встречавшиеся веснянки, ручейники, планарии и моллюски.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баканов А.И. 2000. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутр. вод. № 1. С. 68–82.

Введенская Т.Л., Травина Т.Н., Хивренко Д.Ю. 2003. Бентофауна и питание молоди кеты естественного и заводского воспроизводства в бассейне р. Паратунки // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 70–80.

Введенская Т.Л., Травина Т.Н., Хивренко Д.Ю. 2004. Бентофауна базовых водоемов лососевых рыбоводных заводов (Камчатка) // Тез. Тр. междунар. биотехнол. центра МГУ им. М.В. Ломоносова «Биотехнология — охране окружающей среды». Ч. 1. М. С. 35–36.

Введенская Т.Л., Улатов А.В. 2012. Антропогенное влияние на некоторые лососевые реки Камчатского края // Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летнему юбилею ФГУП «КамчатНИРО» (Петропавловск-Камчатский, 26–27 сентября 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 486–498.

Введенская Т.Л., Улатов А.В. 2015а. Результаты гидробиологических исследований ручья (бассейн реки Паратунки) в поселке Термальный (Елизовский район) // «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» Сб. XVI Междунар. науч. конф., посвящ. 20-летию образования природных парков на Камчатке (18–19 ноября 2015 г., Петропавловск-Камчатский). С. 161–165.

Введенская Т.Л., Улатов А.В. 2015б. Результаты эколого-рыбохозяйственного мониторинга бассейна озера Микижа (река Паратунка, Камчатка) // Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов. Сб. матер. Всерос. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. И.И. Куренкова (Петропавловск-Камчатский, 7–9 октября 2015 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 103–111.

Введенская Т.Л., Чистякова А.И. 2007. Особенности питания молоди хищных рыб и их влияние на выживание покатной молоди кеты естественного и искусственного происхождения в р. Паратунке // Ихтиологические исследования на внутренних водоемах: Мат. конф. Саранск. С. 184–185.

Гидробиологический режим малых рек в условиях антропогенного воздействия. 1981. Под ред. Г.П. Андрушайтиса, О.Л. Качаловой. Рига: Зинатне. 166 с.

Есин Е.В., Маркевич Г.Н., Бочарова Е.С., Салтыкова Е.А. 2015. Жилые гольцы (Salvelinus, Salmonidae) ледниковых озер Камчатки: эндемичные реликтовые виды или формы арктического гольца? // Докл. XV Междунар. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 32–46.

Остроумов А.Г. 1984. Нерестовый фонд лососей рек Юго-Восточной Камчатки (от р. Авачи до р. Три Сестры). Петропавловск-Камчатский. Фонды КамчатНИРО. 69 с.

Остроумов А.Г. 1998. Нерестовое значение рек и озер Камчатской области и Корякского автономного округа (восточное побережье). Петропавловск-Камчатский: Фонды КамчатНИРО.

Приказ от 16 марта 2009 г. № 191 «Об утверждении перечня особо ценных и ценных видов водных биоресурсов, отнесенных к объектам рыболовства».
Приказ от 17 сентября 2009 г. № 818 «Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенных к объектам рыболовства».
Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. 1966. Т. 20. Камчатка. Под ред. В.Ч. Здановича. Л.: Гидрометеоиздат. 260 с.
Тиунова Т.М. 2003. Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России. М.: ВНИРО. 95 с.
Чебанова В.В. 2002. Кормовая база молоди лососей в бассейнах рек Большая и Паратунка (Камчатка) // Тр. ВНИРО. Т. 141. С. 229–240.
Шустов Ю.А. 1977. Дрифт донных беспозвоночных в лососевых реках бассейна Онежского озера // Гидробиол. журнал. Т. 13. № 3. С. 32–37.
Goodnight C.J., Whitley L. 1961. Oligochaetes as indicators of pollution // Proc. 15th Ind. Waste Conf. Pardue Univ. Ext. Ser. 106. P. 139–142.
Woodiwiss F.S. 1964. The biological system of stream classification used by the Trent Board // Chem. and Ind. № 11. P. 443–447.

УДК 597-113(265.54)

СТРУКТУРА ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ ДЕМЕРСАЛЬНЫМИ РЫБАМИ НА МАТЕРИКОВОМ СКЛОНЕ СЕВЕРНОГО ПРИМОРЬЯ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ) В РАННЕВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

О.И. Пущина, С.Ф. Соломатов

Ст. н. с., к. б. н.; зав. сектором, к. б. н.; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, переулок Шевченко, 4
Тел., факс: (423) 240-04-51, 230-07-51. E-mail: triotrof@yandex.ru

ДЕМЕРСАЛЬНЫЕ РЫБЫ, ПИТАНИЕ, ТРОФИЧЕСКИЕ ГРУППИРОВКИ, СУТОЧНЫЙ РАЦИОН, ПОТРЕБЛЕНИЕ, СЕВЕРНОЕ ПРИМОРЬЕ

На основе данных, полученных в конце марта – начале мая 2009–2014 гг., на материковом склоне Северного Приморья выделены пять трофических группировок демерсальных рыб: ихтионектобентофаги (7 видов), нектобентофаги (8 видов), бентофаги (7 видов), планктофаги (5 видов) и эврифаги (3 вида). Средние величины суточных рационов рыб составляли 0,01–2,8% от массы тела, при этом средневзвешенный рацион хищных видов — ихтионектобентофагов (1,3%) и нектобентофагов (1,3%) — оказался выше, чем бентофагов (0,8%), планктофагов (0,7%) и эврифагов (0,4%). Наиболее значительная часть органического вещества поступала в мезобентальные ихтиоцены с нектобентосом (38,9%), зоопланктоном (24,8%) и нектоном (23,4%), и всего 12,1% — с донными беспозвоночными. Структура потребления ресурсов определялась характером и интенсивностью питания доминирующих видов, среди которых преобладали ихтионектобентофаги (многоиглый керчак *Myoxocephalus polyacanthocephalus*, щитоносный скат *Bathyraja parmifera*), планктофаги (колючая камбала *Acanthopsetta nadeshnyi*, южный одноперый терпуг *Pleurogrammus azonus*) и нектобентофаг (минтай *Theragra chalcogramma)*, а также особенностями кормовой базы (низкой биомассой бентоса на материковом склоне).

THE STRUCTURE OF THE FORAGE RESOURCE CONSUMPTION BY THE DEMERSAL FISH ON THE CONTINENTAL SLOPE OF THE NORTHERN PRIMORYE REGION (THE SEA OF JAPAN) IN EARLY SPRING

O.I. Pushchina, S.F. Solomatov

Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Head of Division, Ph. D. (Biology);
Pacific Research Fisheries Centre
690091, Vladivostok, Shevchenko al., 4
Tel., fax: (423) 240-04-51, 230-07-51. E-mail: triotrof@yandex.ru

DEMERSAL FISH, FEEDING, TROPHIC GROUPS, DAILY RATION, CONSUMPTION, NORTHERN PRIMORYE REGION

Five trophic groups of demersal fish were identified on the continental slope of the Northern Primorye region on the data obtained from late March to early May in 2009–2014: the ichthyonectobenthophages (7 species), nektobenthophages (8 species), benthophages (7 species), planktophages (5 species) and euryphages (3 species). The average values of daily rations of the fish were 0.01–2.8% of the body weight, although the average weighted ration of the predatory species – ichthyonectobenthophages (1.3%) and nektobenthophages (1.3%) were higher comparing to benthophages (0.8%), planktophages (0.7%), and euryphages (0.4%). The most significant part of the organic material came to the mesobenthal ichthyocenes with the nektobenthos (38.9%), zooplankton (24.8%) and nekton (23.4%), and only 12.1% with benthic invertebrates. The structure of consumption of the resource was determined by the character and intensity of feeding of the dominant species, where ichthyonectobenthophages (great sculpin *Myoxocephalus polyacanthocephalus,* armored skate *Bathyraja parmifera*), planktophages (sealyeye plaice *Acanthopsetta nadeshnyi*, arabesque greenling *Pleurogrammus azonus*), and nektobenthophagous (walleye pollock *Theragra chalcogramma*) prevailed, as well as by specifics of the forage base (poor biomass of the benthos on the continental slope).

Морские воды Приморья — традиционный район промысла местной рыбной промышленности, ресурсы которого непрерывно осваиваются на протяжении почти ста лет. Комплексные рыбохозяйственные исследования, проводимые здесь ТИНРО-Центром с начала 1980-х гг., позволили не только изменить представления о сырьевом потенциале региона, но и существенно продвинуться в

изучении состава и структуры ихтиоценов (Вдовин и др., 2004). Однако механизмы их функционирования остаются невыясненными, что связано в первую очередь с недостатком трофологической информации и особенно данных по величинам рационов рыб, необходимых для количественных оценок интенсивности биотических связей. К настоящему времени наиболее изученной в этом отношении является южная часть приморских вод — зал. Петра Великого (Пущина, 2012). По Северному Приморью, акватория которого превосходит залив в три раза, а объем ресурсов — почти в четыре, сведений значительно меньше. Для восполнения пробела в исследованиях экспедициями ТИНРО-Центра в 2009, 2012–2014 гг. был собран материал по питанию более 30 массовых и обычных видов демерсальных рыб северо-западной части Японского моря. Настоящая работа представляет собой первый этап обобщения полученных данных, задачи которого состояли в анализе качественных и количественных характеристик рационов рыб и оценке потребления ими гидробионтов на материковом склоне Северного Приморья в ранневесенний период.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор проб на питание проводили в ходе донных траловых съемок в районе от м. Поворотного до м. Золотого в конце марта – начале мая 2009, 2012–2014 гг. Работы выполнялись 27,1-м донным тралом типа ДТ/ТВ с мягким грунтропом на глубинах до 950 м в светлое время суток и сопровождались измерением температуры воды с помощью гидрологического зонда CTD-1000. Желудки рыб отбирали на борту судна и фиксировали 10%-м формалином для дальнейшей камеральной обработки по стандартным методикам (Методическое пособие.., 1974). Суточные рационы рассчитывали путем определения продолжительности переваривания исходной (реконструированной) массы кормовых организмов в зависимости от температуры придонного слоя воды (Чучукало, 2006). Среднюю для вида величину рациона и соотношение в нем компонентов оценивали с учетом биомасс отдельных размерных групп особей и их вклада в общее потребление. В трофологических расчетах использованы среднемноголетние значения биомасс, вычисленных методом площадей (Аксютина, 1968). В общей сложности обработано 2524 желудка от 32 видов рыб из 11 семейств.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Батиметрическое распределение биомассы демерсальных рыб Приморья в марте–апреле близко к таковому в зимние месяцы: несмотря на протекающие миграции многих видов с мест зимовки к берегу, большая их часть еще придерживается глубин 200–700 м (Соломатов, 2008). В период наших исследований средняя величина ихтиомассы на материковом склоне составила 106,6 тыс. т или 73,3% от всей учтенной в водах Северного Приморья. Особенностью этих лет был беспрецедентно высокий для северо-западной части Японского моря уровень обилия бычков семейства рогатковых Cottidae (Вдовин, Соломатов, 2013; Панченко, Бойко, 2014), что отразилось и на составе видов-доминантов мезобентали. В их число, наряду с традиционно преобладающими весной камбалами (колючей *Acanthopsetta nadeshnyi* — 26,5%, малоротой *Glyptocephalus stelleri* — 7,7%), минтаем *Theragra chalcogramma* (16,4%), щитоносным скатом *Bathyraja parmifera* (8,1%) и южным одноперым терпугом *Pleurogrammus azonus* (7,2%), входили многоиглый керчак *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (8,5%) и широколобый шлемоносец *Gymnocanthus detrisus* (7,5%).

Среди исследованных нами рыб в ранневесенний период на материковом склоне Северного Приморья совершенно не питались желтоперая *Limanda aspera* и японская *Pseudopleuronectes yokohamae* камбалы. Остальные виды по составу и соотношению компонентов рациона подразделяются на пять трофических группировок (гильдий): ихтионектобентофаги (7 видов), нектобентофаги (8 видов), бентофаги (7 видов), эврифаги (3 вида) и планктофаги (5 видов) (рис. 1).

Гильдия ихтионектобентофагов включает щитоносного ската, тихоокеанскую треску *Gadus macrocephalus*, многоиглого керчака, керчака-яока *Myoxocephalus jaok*, длинношипого бычка *Taurocottus bergii*, бычка-ворона *Hemitripterus villosus* и ликода Танаки *Lycodes tanakae,* потреблявших рыб (39,6–90,8% по массе), декапод (8,6–44,6%), в основном креветок, и головоногих моллюсков (11,1–27,6%), преимущественно кальмаров. Из других кормовых организмов существенную роль (более 10%) в питании некоторых видов этой группы (ликода Танаки и длинношипого бычка) играли только полихеты.

К нектобентофагам относятся скат Берга *Bathyraja bergi*, минтай, колючий ицел *Icelus cataphractus*, пестрый получешуйник *Hemilepidotus gilberti*, дальневосточный шлемоносец *Gymnocanthus herzensteini*, черноперый бычок *Malacocottus zonurus*, охотский липарис *Liparis ochotensis* и южная палтусовидная камбала *Hippoglossoides dubius*, свыше половины рациона которых слагали декаподы (50,4–88,9%). Меньшую, но весьма значительную часть пищи составляли полихеты (у получешуйника и ицела), ми-

зиды (у минтая), кальмары (у черноперого бычка), офиуры (у палтусовидной камбалы) и рыбы (у получешуйника и охотского липариса).

Гильдию бентофагов формируют двурогий бычок *Enophrys diceraus*, ликод Ямато *Lycodes yamatoi*, петрошмидтия Тойямы *Petroschmidtia toyamensis*, длиннорылый люмпен *Lumpenella longirostris*, малоротая и желтополосая *Pseudopleuronectes herzensteini* камбалы, поедавшие червей (14,9–100%), офиур (25,9–90,7%) и других типично донных беспозвоночных, хотя некоторые из них (ликод Ямато, малоротая камбала) дополняли свой рацион креветками. К этой же группировке примыкает усатый липарис *Cristallias matsushimae,* предпочитавший мелких бентосных и нектобентосных ракообразных (92,6%), главным образом гаммарид и мизид.

Эврифаги представлены широколобым шлемоносцем, чешуйчатым аллолеписом *Bothrocara hollandi* и ликодом Накамуры *Lycodes nakamurae*, пища которых состояла преимущественно из планктона (23,3–62,8%) и бентоса (20,0–51,5%) со значительной долей креветок у шлемоносца, а также мизид и кальмаров у аллолеписа.

Гильдия планктофагов объединяет тихоокеанскую сельдь *Clupea pallasii*, южного одноперого терпуга, большеглазого триглопса *Triglops scepticus*, остроголовую *Cleisthenes herzensteini* и колючую камбал, питавшихся в основном различными планктонными организмами (в сумме 69,5–96,9%) с преобладанием гипериид. Среди второстепенных компонентов их корма наиболее существенную долю имели мизиды (у остроголовой камбалы), креветки

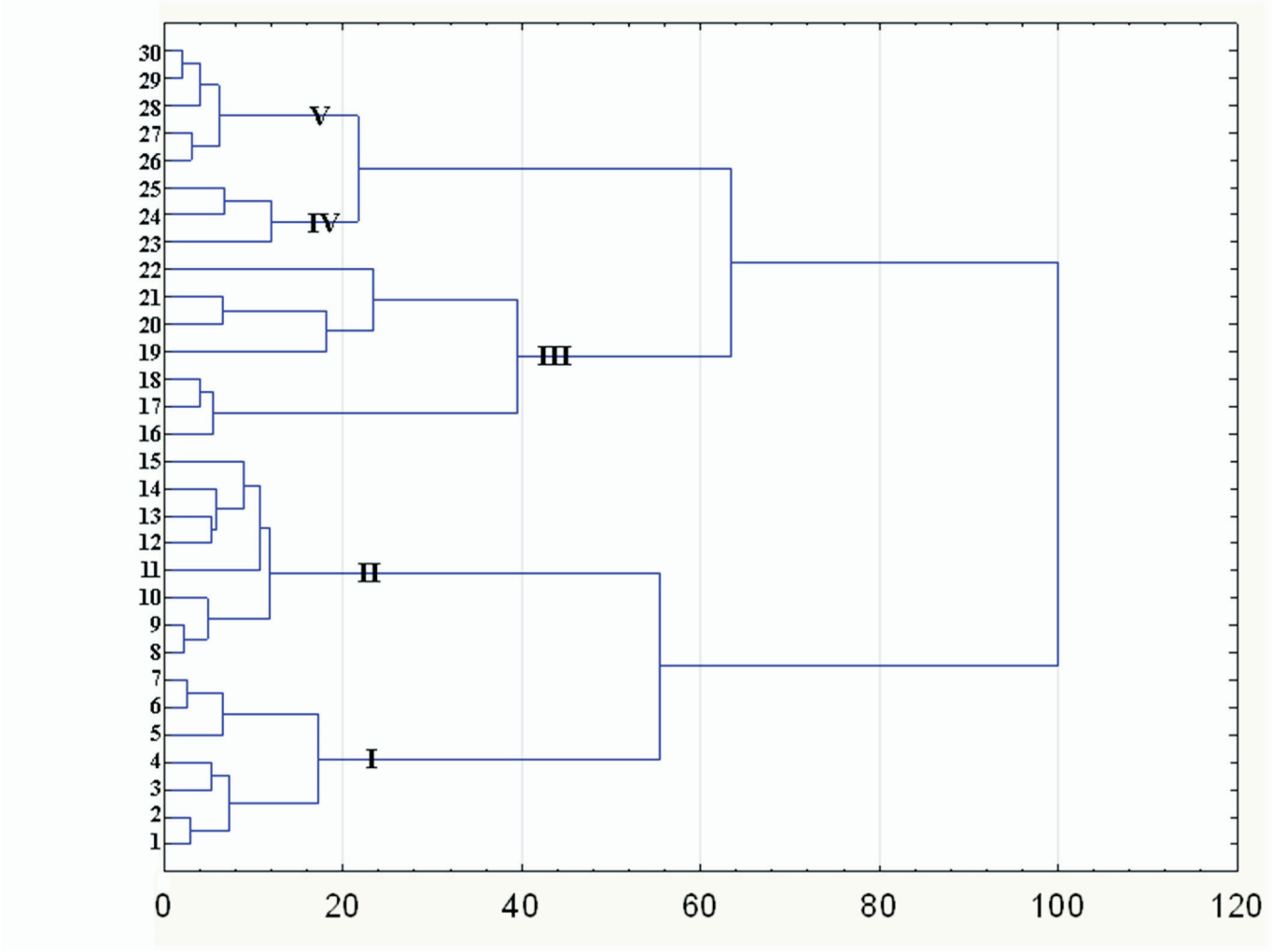


Рис. 1. Трофические группировки демерсальных рыб на материковом склоне северного Приморья в ранневесенний период (2009–2014 гг.): I — ихтионектобентофаги, II — нектобентофаги, III — бентофаги, IV — эврифаги, V — планктофаги. По оси абсцисс — Евклидово расстояние, по оси ординат — виды рыб: 1 — бычок-ворон, 2 — керчак-яок, 3 — многоиглый керчак, 4 — длинношипый бычок, 5 — ликод Танаки, 6 — тихоокеанская треска, 7 — щитоносный скат, 8 — охотский липарис, 9 — дальневосточный шлемоносец, 10 — колючий ицел, 11 — южная палтусовидная камбала, 12 — скат Берга, 13 — пестрый получешуйник, 14 — черноперый бычок, 15 — минтай, 16 — желтополосая камбала, 17 — малоротая камбала, 18 — длиннорылый люмпен, 19 — петрошмидтия Тойямы, 20 — ликол Ямато, 21 — двурогий бычок, 22 — усатый липарис, 23 — чешуйчатый аллолепис, 24 — ликод Накамуры, 25 — широколобый шлемоносец, 26 — колючая камбала, 27 — большеглазый триглопс, 28 — южный одноперый терпуг, 29 — остроголовая камбала, 30 — тихоокеанская сельдь

(у терпуга) и головоногие моллюски (у триглопса и колючей камбалы).

Средние величины суточных рационов рыб находились в пределах 0,01–2,8% от массы тела, причем у половины видов они составляли менее 1,0% и только у четырех (черноперого бычка, керчака-яока, охотского и усатого липарисов) превышали 2,0% (рис. 2). В целом средневзвешенный рацион хищных рыб — ихтионектобентофагов (1,3%) и нектобентофагов (1,3%) — оказался несколько выше, чем бентофагов (0,8%), планктофагов (0,7%) и эврифагов (0,4%). Слабая кормовая активность большинства шельфовых рыб в ранневесенний период была обусловлена, главным образом, низкой температурой воды на материковом склоне (в наших съемках 0,2–1,6 °С), а у некоторых видов (сельди, минтая, палтусовидной камбалы) — также физиологическим состоянием, связанным с протекающим в это время нерестом. Как показали предыдущие исследования (Пущина, 2005), к концу весеннего периода среднесуточное потребление пищи минтаем и терпугом возрастает до 3,1–3,3%, камбалами — до 2,2–3,1%, бычками — до 3,2–4,5% от массы тела. В то же время интенсивность питания мезобентальных видов (щитоносного ската, черноперого бычка, аллолеписа, ликода Танаки) меняется незначительно: с апреля по сентябрь разница в оценках их рационов составляет всего 0,2–0,7% (Пущина, 2014; Пущина и др., 2016).

По нашим расчетам, за один месяц (апрель) исследованные рыбы выедали около 28,13 тыс. т различных гидробионтов, из них 32,3% приходилось на десятиногих ракообразных, преимущественно северную креветку *Pandalus borealis* (66,4% всех декапод), 18,5% — на амфипод с доминированием планктонной гипериид *Themisto japonica* (91,7% всех амфипод) и 18,1% — на рыб, в основном молодь широколобого шлемоносца, камбал и минтая (соответственно 20,1%, 17,5 и 15,6% всех рыб) (рис. 3). Основные потоки органического вещества поступали в мезобентальные ихтиоцены с нектобентосом (38,9%), зоопланктоном (24,8%) и нектоном (23,4%) и только 12,1% — с донными беспозвоночными. Соотношение различных таксономических и экологических групп жертв в суммарном рационе рыб определялось трофической специализацией, интенсивностью питания и биомассой доминирующих видов. Среди главных потребителей преобладали планктофаги (колючая камбала, южный одноперый терпуг) — 25,3%, ихтионектобентофаги (многоиглый керчак, щитоносный скат) — 22,6%, и нектобентофаг минтай — 21,5% (рис. 4). Менее значительный вклад в общее выедание гидробионтов вносили массовые виды бентофагов (малоротая камбала) и эврифагов (широколобый шлемоносец) — соответственно 6,7 и 4,1%.

Питание в основном массовыми видами придонных и пелагических организмов характерно для многих обитателей материкового склона дальневосточных морей и других эпиконтинентальных регионов (Mauchline, Gordon, 1991; Lang, Livingston, 1996; Ким Сен Ток, 2001; Напазаков, 2004; Okiyama, 2004; Чучукало, 2006; Yamauchi et al., 2008; Пущина, 2012; и др.), что обусловлено закономерным для этих водоемов снижением обилия бентоса с глубиной. По последним данным (Горбатенко и др., 2015), в мезобентали Охотского моря ресурсы пастбищной (пелагической) трофической цепи являются основным источником пищи 70% донных рыб. Как известно, Японское море отличается самыми низкими среди

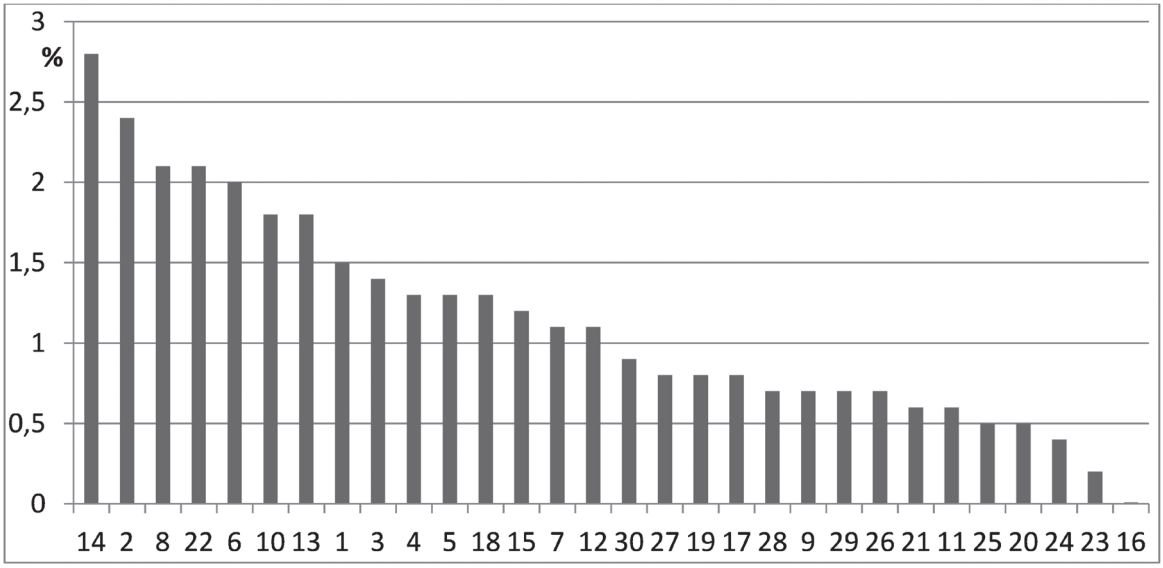


Рис. 2. Средние суточные рационы демерсальных рыб (% от массы тела) на материковом склоне Северного Приморья в ранневесенний период (2009–2014 гг.). Номера видов как на рис. 1

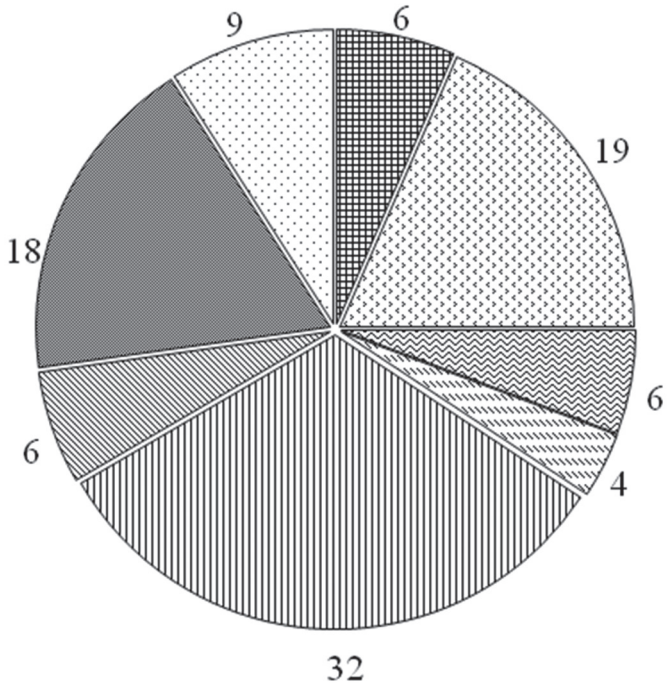


Рис. 3. Доля различных таксономических групп гидробионтов (%) в суммарном рационе демерсальных рыб на материковом склоне Северного Приморья в ранневесенний период (2009–2014 гг.).

— Polychaeta,
— Amphipoda,
— Mysidacea,
— Euphausiacea,
— Decapoda,
— Cephalopoda,
— Pisces,
— прочие

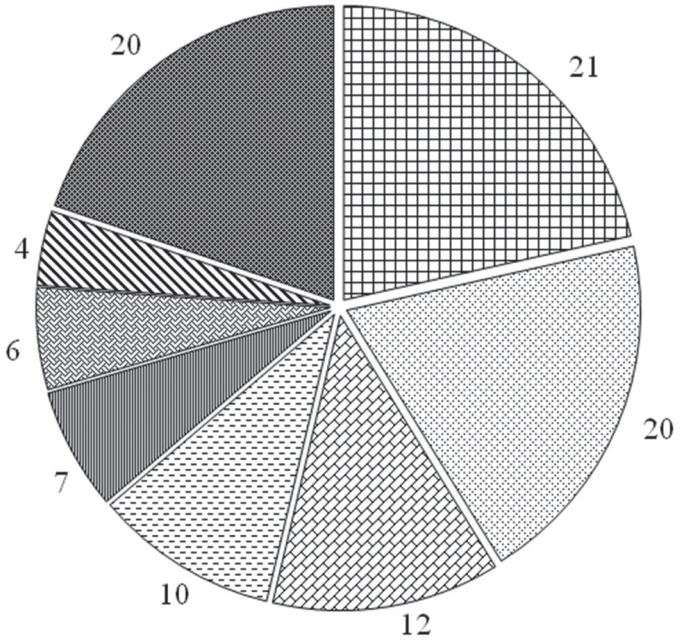


Рис. 4. Доля потребителей (%) в общем объеме выедания гидробионотов демерсальными рыбами на материковом склоне Северного Приморья в ранневесенний период (2009–2014 гг.)

— минтай,
— колючая камбала,
— многоиглый керчак,
— щитоносный скат,
— малоротая камбала,
— южный одноперый терпуг,
— широколобый шлемоносец,
— прочие

дальневосточных морей России количественными показателями макробентоса. Вдоль побережья Приморья его средняя биомасса в диапазоне 200–1000 м составляет 32,5 г/м^2 (Левенштейн, Пастернак, 1976), что на порядок меньше, чем на шельфе этого района и примерно в 1,5 раза меньше, чем на аналогичных глубинах Охотского и западной части Берингова морей (Шунтов, 2001). По мнению некоторых авторов (Смирнов, Ким Сен Ток, 2004), скудные ресурсы бентоса мезобентали северной части Японского моря (Татарского пролива в частности) могут быть достаточны только для постоянно обитающих здесь узкоспециализированных стенотермных видов, имеющих небольшие размеры, стабильно низкий уровень энергетического обмена и невысокий рацион. В связи с этим снижение интенсивности питания шельфовых рыб во время их зимовки на материковом склоне (особенно значительное у бентофагов), а также переход многих видов на освоение более обильных ресурсов (креветок, кальмаров, зоопланктона) рассматриваются как адаптации к обедненной кормовой базе дна и способ ослабления пищевой конкуренции, возможной при повышенных концентрациях рыб в пределах сравнительно узкой зоны свала глубин (Ким Сен Ток, 2001). С учетом характера батиметрического распределения ихтиомассы у побережья Северно-

го Приморья в марте–апреле, данное предположение, на наш взгляд, справедливо и для ранневесеннего периода. Однако главным фактором, лимитирующим интенсивность питания рыб в мезобентали северо-западной части Японского моря, является, по-видимому, абиотический — низкая положительная температура промежуточной водной массы, залегающей на глубинах от 100–200 до 700–1000 м и слабо подверженной сезонным процессам (Зуенко, 2008).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ранневесенний период обитающие на материковом склоне Приморья демерсальные рыбы подразделяются на пять трофических группировок: ихтионектобентофаги (7 видов), нектобентофаги (8), бентофаги (7), эврифаги (3) и планктофаги (5 видов). Средние величины их суточных рационов находились в пределах 0,01–2,8% от массы тела, при этом у половины видов они составляли менее 1,0%. Средневзвешенный рацион хищных видов — ихтионектобентофагов (1,3%) и нектобентофагов (1,3%) — оказался выше, чем бентофагов (0,8%), планктофагов (0,7%) и эврифагов (0,4%). Слабая кормовая активность большинства рыб была обусловлена низкой температурой воды на материковом склоне, а у некоторых видов также влиянием нереста. Наиболее значительная часть органического вещества поступала в мезобентальные ихтиоцены с нектобентосом (38,9%), зоопланктоном (24,8%) и нектоном (23,4%), и всего 12,1% — с донными беспозвоночными. Структура потребления ресурсов определялась характером и интенсивностью питания доминирующих по биомассе видов, среди которых преобладали ихтионектобентофаги (многоиглый керчак, щитоносный скат), планктофаги (колючая камбала, южный одноперый терпуг) и нектобентофаг минтай, а также особенностями кормовой базы (низкой биомассой бентоса на материковом склоне).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы глубоко признательны сотрудникам ТИНРО-Центра В.В. Панченко, П.В. Калчугину, В.А. Нуждину и М.И. Бойко за большую помощь в сборе материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аксютина Э.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-сть. 288 .

Вдовин А.Н., Измятинский Д.В., Соломатов С.Ф. 2004. Основные результаты исследования рыб морского прибрежного комплекса Приморья // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 138. С. 168–190.

Вдовин А.Н., Соломатов С.Ф. 2013. Состояние и динамика запасов рыб в морских водах Приморья (Японское море) в 1983–2011 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 29. С. 92–103.

Горбатенко К.М., Кияшко С.И., Лаженцев А.Е., Емелин П.О., Гришан Р.П. 2015. Донно-пелагические связи в глубоководной части Охотского моря по данным анализа стабильных изотопов C и N // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 183. С. 200–216.

Зуенко Ю.И. 2008. Промысловая океанология Японского моря. Владивосток: ТИНРО-Центр. 227 с.

Ким Сен Ток. 2001. Зимние миграции шельфовых рыб в зону материкового склона Юго-Западного Сахалина // Вопр. ихтиологии. Т. 41. № 5. С. 593–604.

Левенштейн Р.Я., Пастернак Ф.А. 1976. Количественное распределение донной фауны Японского моря // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. Т. 99. С. 198–210.

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

Напазаков В.В. 2004. Трофические связи рыб в донных ихтиоценах западной части Берингова моря // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 139. С. 19–42.

Панченко В.В., Бойко М.И. 2014. Современное состояние ресурсов донных рыб в водах Северного Приморья // Тр. II Междунар. науч.-практ. конф. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» (Калининград, 15–16 октября 2014 г.). Калининград: КГТУ. С. 48–51.

Пущина О.И. 2005. Питание и пищевые взаимоотношения массовых видов донных рыб в водах Приморья в весенний период // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 142. С. 246–269.

Пущина О.И. 2012. Питание и трофические связи демерсальных рыб зал. Петра Великого (Японское море) в летний период: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 24 с.

Пущина О.И. 2014. О питании некоторых глубоководных рыб в зал. Петра Великого (Японское море) // Тр. II Междунар. науч.-практ. конф. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» (Калининград, 15–16 октября 2014 г.). Калининград: КГТУ. С. 128–131.

Пущина О.И., Соломатов С.Ф., Савельев П.А. 2016. Трофический статус бельдюговых рыб (Perciformes: Zoarcidae) северо-западной части Японского моря // Матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Морские биологические исследования: достижения и перспективы» (Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. С. 268–271.

Смирнов А.В., Ким Сен Ток. 2004. Особенности зимнего распределения и питания люмпенеллы *Lumpenella longirostris* (Stichaeidae) в водах материкового склона Татарского пролива // Тр. Сах. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 6. С. 178–193.

Соломатов С.Ф. 2008. Состав и многолетняя динамика донных ихтиоценов Северного Приморья: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 23 с.

Чучукало В.И. 2006. Питание и пищевые отношения нектона и нектобентоса в дальневосточных морях. Владивосток: ТИНРО-Центр. 483 с.

Шунтов В.П. 2001. Биология дальневосточных морей России. Владивосток: ТИНРО-Центр. Т. 1. 580 с.

Lang G.M., Livingston P.A. 1996. Food habits of key grounfish species in the eastern Bering Sea slope region // NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC-67. 111 p.

Mauchline J., Gordon J.D.M. 1991. Oceanic pelagic prey of benthopelagic fish in the benthic boundary layer of a marginal oceanic region // Mar. Ecol. Prog. Ser. V. 74. P. 109–115.

Okiyama M. 2004. Deepest demersal fish community in the Sea of Japan: A review // Contr. biol. Lab. Kyoto Univ. V. 29. P. 409–429.

Yamauchi M., Hamatsu T., Ohmura T., Takatsu T., Takahashi T. 2008. Distribution pattern of demersal fish and food habits of dominant fish species on the continental slope off the coast of eastern Hokkaido, Japan // Bull. Fish. Sci. Hok. Univ. V. 58. № 1/2. P. 11–19.

УДК 574.52

РАЗВИТИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В ПОРТУ НОВОРОССИЙСК И ЗА ЕГО ПРЕДЕЛАМИ В 2015 ГОДУ

О.Н. Ясакова

Н. с., к. б. н.; Институт аридных зон ЮНЦ РАН
344006, Ростов-на-Дону, ул. Чехова, 41
Тел., факс: 8-8632-665677. E-mail: yasak71@mail.ru

ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА ФИТОПЛАНКТОНА, СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА, БИОГЕННАЯ НАСЫЩЕННОСТЬ ВОД, ПОРТ НОВОРОССИЙСК, ЧЕРНОЕ МОРЕ

Представлены результаты исследований таксономического состава и обилия фитопланктона на акватории порта Новороссийск и за его пределами, выполненные в период сентябрь–ноябрь 2015 г. Обнаружено 56 видов фитопланктона. Коэффициент сходства таксономического состава фитопланктона в 2015 и в 2014 г. составил 70%. Средние значения численности и биомассы фитопланктона Новороссийского порта — 117 тыс. кл./л при биомассе 318 мг/м^3, в средней части Новороссийской бухты — 86 тыс. кл./л при биомассе 227 мг/м^3. Доминировали диатомовые водоросли, в среднем в порту и за его пределами составив соответственно 60 и 47% общей численности и 82 и 70% биомассы фитопланктона. В значительном количестве в порту развивались мелкие мезосапробные виды диатомовых (*Skeletonema costatum, Leptocylindrus danicus*), эвгленовых (*Eutreptia lanowii*) и синезеленых водорослей (родов *Oscillatoria, Planktolyngbya*). В открытых участках бухты повышалась роль нанопланктонного вида золотистых (*Emiliania huxleyi*), концентрация которого здесь в 4 раза превышала показатели порта, крупных видов диатомовых (*Proboscia alata*) и динофитовых водорослей (родов *Ceratium* и *Prorocentrum*).

THE STATE OF THE PHYTOPLANKTON IN THE PORT OF NOVOROSSIYSK AND OUTSIDE IN 2015

O.N. Yasakova

Researcher, Ph. D. (Biology); Institute of Arid Zones of the Southern Scientific Centre of RAS
344006, Rostov on Don, Chekhov prospect, 41
Tel., fax: 8-8632-665677. E-mail: yasak71@mail.ru

ABUNDANCE AND BIOMASS OF THE PHYTOPLANKTON, SEASONAL DYNAMICS, NUTRITION ELEMENTS, PORT OF THE NOVOROSSIYSK, THE BLACK SEA

The article represents results of figuring out taxonomic composition and adundance of phytoplankton in the waters of the port of Novorossiysk and outside carried out in September-November of 2015. There were 56 phytoplankton species identified. The coefficient of the similarity of the phytoplankton in 2015 and 2014 was 70%. The average values of the abundance and biomass in the port were 117 thousands cell/L и 318 mg/m^3, and 86 thousands cell/L и 227 mg/m outside. Diatoms dominated and made up 60 and 47% of the total abundance and 82 and 70% of the biomass of phytoplankton in the port and outside respectively. Small mesosaprobic species of diatoms (*Skeletonema costatum, Leptocylindrus danicus*), *Euglenophyta* (*Eutreptia lanowii*) and *Cyanophyta* (genus *Oscillatoria, Planktolyngbya*) demonstrated extensive development in the area of the port of Novorossiysk. The role of the nanoplankton species of *Chrysophyta* (*Emiliania huxleyi*) increased in the outside with the local density 4 times higher than in the port, as well as large species of diatoms (*Proboscia alata*) and *Dinophyta* (genus *Ceratium* и *Prorocentrum*).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования фитопланктона были выполнены в порту и в средней части Новороссийской бухты в сентябре, октябре и ноябре 2015 г. по стандартной сетке станций (рис. 1). Всего было отобрано и обработано 24 пробы. Отбор проб фитопланктона проводили в дневное время суток с борта маломерных судов ФГУ «Администрация морских портов Черного моря» с поверхности воды. Для концентрирования проб применяли осадочный метод, фиксировали раствором Люголя до чайного цвета либо формалина до конечной концентрации 1–2% (Кольцова и др., 1979). Для определения нежных форм фитопланктона, теряющихся даже при слабой фиксации, небольшой объем пробы просматривали в нефиксированном и неконцентрированном виде по методике «живая капля». Количественный учет организмов фитопланктона проводили с помощью микро-

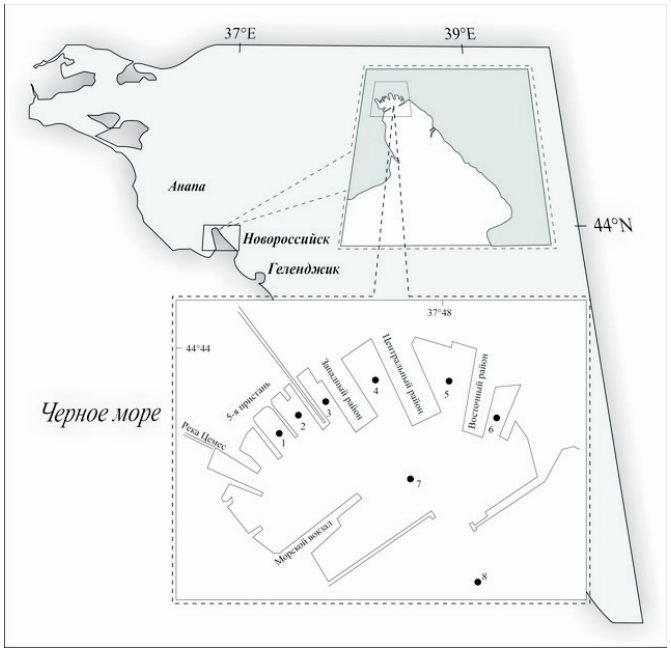


Рис. 1. Схема станций отбора проб фитопланктона в акватории Новороссийского порта (ст. 1–7) и за его пределами (ст. 8)

скопа МИКМЕД-2 с увеличением ×200 и ×400. Клетки замеряли при помощи окуляр-микрометра, минимальный размер учитываемых клеток — 1–3 мкм. Для колониальных синезеленых водорослей родов *Oscillatoria* и *Planktolyngbya* в качестве одной условной единицы счета принимали нить длиной 100 мкм. Видовую классификацию фитопланктона проводили с использованием материалов интернет-сайта "Algae Base.org". Для идентификации видов использовали общепринятые руководства (Прошкина-Лавренко, 1963; Киселев, 1950; Коновалова, 1998; Dodge, 1982; Tomas, 1997). Биомассу фитопланктона определяли обычным счетно-объемным методом (Кольцова, 1970).

Для оценки сходства таксономического состава микроводорослевых сообществ исследуемой акватории Новороссийской бухты в разные годы использовали коэффициент Серенсена–Чекановского, Дайса и пр. (Шмидт, 1984; Clarke, Warwick, 1994):

$$Cs = \frac{2C}{(A+B)} * 100\%,$$

где A, B – общее число видов, зарегистрированных в сравниваемых пробах; C — количество форм, общих для двух сравниваемых проб.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В районе исследований обнаружено 56 видов планктонных водорослей, относящихся к 6 отделам *Bacillariophyta* (диатомовые), *Dinophyta* (динофитовые), *Chrysophyta* (золотистые), *Euglenophyta* (эвгленовые), *Cryptophyta* (эвгленовые), *Cyanophyta* (синезеленые водоросли) (Табл. 1). Сходство видового разнообразия фитопланктона с показателями 2014 г. составило 70%. Максимальное видовое разнообразие отмечено среди диатомовых (21 вид) и динофитовых водорослей (29 видов). Другие отделы были представлены 1–2 видами. Максимальное разнообразие диатомовых (18 и 14 видов) наблюдали в сентябре и октябре, в ноябре число их видов было минимальным (7). Таксономический состав динофитовых водорослей наибольшим разнообразием отличался в октябре (25 видов), в другое время был более беден (20 и 16 видов). Представители синезеленых (родов *Oscillatoria, Planktolyngbya*) и эвгленовых водорослей (*Eutreptia lanowii*, *Euglena* sp.), показательные для загрязненных и опресненных водоемов, были широко распространены в участках порта с плохим водообменом (ст. 1–6).

Сентябрь. В порту были зарегистрированы максимальные величины количественного развития планктонных водорослей за весь исследуемый период 2015 г. (228 тыс. кл/л и 550 мг/м^3). Значения численности были в 1,6 раза ниже показателей сентября 2014 г. (366 тыс. кл/л). Вследствие доминирования крупноразмерных видов водорослей, величины биомассы фитопланктона были в 3 раза выше, чем в сентябре 2014 г. (179 мг/м^3). Максимальные количественные величины развития фитопланктона были зарегистрированы в центральной части порта, на ст. 4 (367 тыс. кл/л), вследствие интенсивного развития в этом районе мелкоклеточного вида криптофитовых водорослей — *Plagioselmis prolonga* (120 тыс. кл/л), приуроченного к наиболее эвтрофным районам моря. Значительная вегетация этого вида (11–43 тыс. кл/л) также была отмечена на ст. 1–3; на других участках порта этот вид формировал значительно меньшие величины численности (3,6–7,6 тыс. кл/л). Максимальные значения биомассы, в 2,4 раза превышающие показатели других районов порта, были отмечены на ст. 5 и 7 (964 и 926 мг/м^3), что связано с вегетацией в этом районе крупных видов фитопланктона. Минимум развития планктонных водорослей зарегистрирован на ст. 6 (70 тыс. кл/л и 256 мг/м^3).

В порту 72% общей численности и 88% биомассы фитопланктона формировали диатомовые водоросли. Доминировали среди них мелко- и среднеразмерные виды, составившие 80% общей численности отдела: *Cerataulina pelagica, Leptocylindrus minimus, Leptocylindrus danicus, Skeletonema costatum, Nitzschia tenuirostris,* виды родов *Chaetoceros* и *Thalassiosira*. На долю крупноклеточной *Proboscia alata* приходилось 11% численности диатомовых водорослей. Основу биомассы (95%) диатомовых формировали такие крупные виды, как *Proboscia alata, Dactyliosolen*

Таблица 1. Таксономический состав фитопланктона исследуемой акватории Новороссийской бухты в 2015 г.

Таксон	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Статус вида
Bacillariophyta				
Achnanthes longipes Agardh	−	−	+	R
Bacillaria paradoxa Gmel	−	+	−	R
Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey	+	+	−	O
Chaetoceros affinis Lauder	+	−	−	R
Chaetoceros compressus Lauder	+	−	−	R
Chaetoceros curvisetus Cleve	+	+	−	O
Chaetoceros insignis Prosckina-Lavrenko	+	−	−	O
Chaetoceros scabrosus Prosckina-Lavrenko	+	−	−	R
Chaetoceros peruvianus Brightwell	+	−	−	R
Chaetoceros spp.	+	+	−	O
Coscinodiscus granii Gough	+	+	−	R
Coscinodiscus sp.	+	−	−	R
Dactyliosolen fragilissimus (Bergon) Hasle	+	+	−	O
Leptocylindrus danicus Cleve	+	+	−	O
Leptocylindrus minimus Gran	+	+	−	M
Nitzschia tenuirostris Mer.	+	+	+	M
Pleurosigma elongatum W.Smith	+	+	+	O
Proboscia alata (Brightwell) Sundstrom	+	+	+	M
Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima (Hasle) Hasle	+	+	+	M
Pseudo-nitzschia seriata (Cleve) Peragallo	+	+	−	O
Pseudosolenia calcar-avis (Schultze) Sundström	+	+	−	R
Skeletonema costatum (Greville) Cleve	+	−	+	M
Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky	−	+	+	O
Thalassiosira sp.	+	+	−	M
Dinophyta				
Ceratium tripos (Mull.) Nitzsch.	−	+	+	O
Ceratium furca (Ehrenberg) Vanhoeffen	+	+	+	M
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin	+	+	+	M
Cochlodinium sp.	−	+	−	R
Diplopsalis lenticula f. lenticula Bergh	+	+	+	M
Dinophysis caudata Saville-Kent	+	+	−	R
Dinophysis rudgei (Murray et Whitting) Abe	+	+	−	O
Dinophysis rotundatum Claparède & Lachmann	+	+	+	O
Ensiculifera carinata Matsuoka, Kobayashi et Gains	−	+	−	R
Gonyaulax spinifera (Claparède & Lachmann) Diesing	−	+	+	R
Gonyaulax sp.	−	−	+	R
Gymnodinium blax Harris	+	−	−	M
Gymnodinium simplex (Lohmann) Kofoid & Swezy	+	−	−	M
Gymnodinium spp.	+	+	+	M
Gyrodinium fusiforme Kofoid & Swezy	+	+	−	M
Gyrodinium spirale (Bergh) Kofoid & Swezy	+	+	−	R
Gyrodinium sp.	+	−	+	M
Katodinium glaucum (Lebour) Fott	+	−	−	R
Mesoporos perforatus (Gran) Lillick	−	+	−	R
Oblea rotunda (Lebour) Balech ex Sournia	+	+	−	O
Prorocentrum cordatum (Ostenfeld) Dodge	+	+	+	M
Prorocentrum compressum (Bailey) Abé exDodge	+	+	+	M
Prorocentrum micans Ehrenberg	+	+	+	M
Peridinium quinquecorne Abé	−	+	−	R
Protoperidinium crassipes (Kofoid) Balech	−	+	+	O
Protoperidinium aff conicum (Gran) Balech	−	+	+	O
Protoperidinium divergens (Ehrenberg) Balech	+	+	+	M
Protoperidinium depressum (Bailey) Balech	+	+	−	O
Protoperidinium knipowitschii (Usachev) Balech	+	−	−	O
Protoperidinium oblongum (Auriv.) Parke et Dodge	−	+	+	O
Protoperidinium steinii (Jørgensen) Balech	−	+	+	R
Protoperidinium sp.	−	+	+	O
Protoceratium reticulatum (Claparède & Lachmann) Bütschli	+	+	+	R
Scrippsiella trochoidea (Stein) Loeblich	+	+	+	R
Chrysophyta				
Emiliania huxleyi (Lohmann) Hay & Mohler	−	+	+	M
Octactis octonaria (Ehrenberg) Hovasse	−	−	+	R
Coccolithophyceae sp.	−	+	−	R
Cyanophyta				
Oscillatoria sp.	+	−	−	R
Planktolyngbya limnetica (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg	+	−	−	O
Cryptophyta				
Plagioselmis prolonga Butcher ex Novarino	+	+	+	M
Plagioselmis punctata Butcher	+	+	−	O
Euglenophyta				
Euglena sp.	+	+	+	O
Eutreptia lanowii Steuer	+	+	+	O

Примечание: R — вид редкий; O — обычный; M — массовый.

fragilissimus, и многочисленные некрупные *Cerataulina pelagica* и *Thalassiosira* sp.

Динофитовые водоросли формировали не более 8% общей численности и 6% биомассы фитопланктона порта. Среди них доминировали, составив в сумме 96% численности и 71% биомассы отдела, виды родов *Gymnodinium* и *Gyrodinium,* характерные для эвтрофных акваторий моря. Значительную часть (23%) биомассы динофитовых водорослей в порту формировали крупноклеточные виды *Ceratium furca, Protoperidinium divergens* и *P. depressum*.

Как указывалось ранее, обильное развитие в акватории порта получили криптофитовые водоросли, в среднем они формировали 14% общей численности планктона (средний размер их клеток составил 6–8 мкм). Представители отделов *Euglenophyta* и *Cyanophyta* в сумме формировали не более 6% численности и 5,5% биомассы планктонных водорослей порта.

Значения численности и биомассы фитопланктона в средней части Новороссийской бухты (32 тыс. кл/л и 391 мг/м^3) в 7 и 1,4 раза уступали величинам, отмеченным на акватории порта. Около 74% численности и 96% биомассы фитопланктона здесь формировали диатомовые водоросли, среди них доминировала *Proboscia alata,* на долю которой приходилось 82% численности и 96% биомассы диатомовых водорослей. Такие виды, как *Nitzschia tenuirostris* и *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, вегетировали на уровне субдоминант, в сумме составив 17% численности отдела.

Динофитовые водоросли формировали 19% численности и 4% биомассы фитопланктона. Также как и в порту превалировали виды родов *Gymnodinium* и *Gyrodinium* (96% численности и 27% биомассы отдела). Значительную часть (51%) биомассы динофитовых формировали крупные виды *Ceratium furca* и *C. fusus,* значительную роль играли также *Protoperidinium knipowitshii* и *Protoceratium reticulatum* (10%). Криптофитовые водоросли за пределами порта формировали не более 7% общей численности, синезеленые и эвгленовые водоросли отсутствовали.

Октябрь. По сравнению с сентябрем в порту произошло резкое (соответственно в 2 и 1,6 раза) снижение значений численности и биомассы фитопланктона (107 тыс. кл/л и 345 мг/м^3). Пик обилия фитопланктона отмечен на ст. 5–7 (158–210 тыс. кл/л), где была отмечена высокая численность золотистых водорослей (*Emiliania huxleyi*) — 40–100 тыс. кл/л. На остальной акватории порта (ст. 1–4), где *E. huxleyi* не развивалась, величины общей численности фитопланктона были в 4 раза ниже (35–66 тыс. кл/л). Высокие значения биомассы, вследствие интенсивного развития крупных видов диатомовых водорослей, зарегистрированы на ст. 2, 5 и 6 (408–523 мг/м^3), что в 2 раза превышало показатели биомассы на других участках порта.

Диатомовые водоросли формировали 31% общей численности и 74% биомассы фитопланктона на акватории порта, за пределами — 4% и 39% соответственно. Доминировала *Proboscia alata,* на долю которой приходилось 60% численности и 96% биомассы диатомовых водорослей. Значительную часть (32%) численности отдела формировали *Pseudonitzschia pseudodelicatissima, Leptocylindrus minimus, Nitzschia tenuirostris* и *Thalassiosira* sp.

В планктоне повысилась доля динофитовых водорослей: они составили 13% общей численности и 22% биомассы фитопланктона. Количественно доминировали среди них представители рода *Gymnodinium* (82% численности отдела). На уровне субдоминант развивались мезосапробные виды *Diplopsalis lenticula, Gyrodinium fusiforme, Prorocentrum micans* (13% численности отдела). Другие виды динофитовых водорослей встречались эпизодически и в небольшом количестве. Основу (около 55%) биомассы отдела формировали крупноклеточные виды динофитовых водорослей: *Ceratium furca, C. fusus, C. tripos, Dinophysis caudata, Protoperidinium divergens, P. depressum, P. oblongum*; порядка 32% биомассы приходилось на многочисленные некрупные виды: *Diplopsalis lenticula* и *Prorocentrum micans.*

Широкое распространение в акватории порта (29 и 23% общей численности фитопланктона) получили представители золотистых и криптофитовых водорослей, которые преимущественно были обнаружены на станциях с хорошим водообменом (ст. 5–7). В то время как эвгленовые водоросли (*E. lanowii, Euglena* sp.), формировавшие 4% общей численности, предпочитали развиваться в полузамкнутых акваториях вблизи выпусков сточных вод (ст. 1–4). Синезеленые водоросли в это время обнаружены не были.

В средней части бухты плотность золотистых водорослей, преимущественно *E. huxleyi* (56% от общего количества и 14% биомассы фитопланктона), была почти в 4 раза выше, чем в среднем по порту. В результате интенсивного развития этого вида водорослей, значения численности (213 тыс. кл./л) в 2 раза превышали показатели, отмеченные внутри акватории порта. Вследствие небольшого объема клеток *E. huxleyi*, величины биомассы открытого района бухты (152 мг/м^3) в 2,3 раза уступали показателям порта. Так же, как и в порту, в средней части бухты

превалировал крупный вид диатомовых водорослей *Proboscia alata* (66% численности и 94% биомассы отдела), в меньшем количестве вегетировали *Pseudo-nitzschia seriata* и *Cerataulina pelagica* (26 и 6% численности диатомовых).

В октябре значительную долю общей численности (39%) и биомассы (47%) фитопланктона средней части бухты составили динофитовые водоросли. Как и в акватории порта, количественно доминировали среди них виды рода *Gymnodinium* (95% численности и 13% биомассы отдела). Основную компоненту (76%) биомассы динофитовых образовывали крупноклеточные виды: *Ceratium furca, C. fusus, Protoperidinium divergens, P. depressum, P. oblongum*; и многочисленные *Diplopsalis lenticula*. Представители синезеленых и эвгленовых водорослей в этом районе бухты отмечены не были.

Ноябрь. В этот период повсеместно наблюдали завершение вегетационного сезона планктонных водорослей. Величины численности и биомассы фитопланктона на акватории порта по сравнению с октябрем снизились в 7 и 6 раз (15,7 тыс. кл/л и 58 мг/м^3). Пик плотности фитопланктона, отмеченный на ст. 6 (39 тыс. кл/л), был связан с обильным развитием диатомовых водорослей; величины численности на этой станции были в 3 раза выше показателей численности на остальной акватории порта. Максимальные значения биомассы (83–123 мг/м^3), в 4,5 раза превышающие показатели на остальной акватории порта, зарегистрированы на ст. 5–7.

Диатомовые водоросли формировали 75% общей численности и 84% биомассы фитопланктона на акватории порта, за пределами — 63 и 74% соответственно. Доминировали виды *Nitzschia tenuirostris, Proboscia alata* и *Skeletonema costatum* (86% численности отдела). Виды рода *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima, Thalassionema nitzschioides, Pleurosigma elongatum* отмечены на уровне субдоминант (13%). Основную компоненту биомассы (94%) диатомовых водорослей формировали клетки вида *Proboscia alata*.

В ноябре вновь снизилась относительная доля динофитовых водорослей: в порту они формировали всего 7% общей численности и 15% биомассы фитопланктона. Среди них количественно преобладали мелко- и среднеразмерные виды *Gymnodinium* sp., *Prorocentrum cordatum* и *Prorocentrum micans* (64, 19 и 8% численности отдела). Основу биомассы формировали такие крупные виды водорослей, как *Ceratium furca, C. fusus, Protoperidinium divergens, P. crassipes* (80% биомассы динофитовых), и многочисленный вид *Prorocentrum micans* (9%). Значительную часть (16%) обилия фитопланктона порта составил некрупный представитель криптофитовых *Plagioselmis prolonga*. На долю эвгленовых *E. lanowii* и золотистых водорослей приходилось не более 1% общей численности и 0,1% биомассы фитопланктона.

В средней части бухты плотность фитопланктона (14 тыс. кл./л) была сопоставима с показателями порта. Вследствие превалирования более крупных видов водорослей значения биомассы (137 мг/м^3) в этом районе бухты были в 2,4 раза выше, чем в порту. Количественно доминировали диатомовые водоросли *Nitzschia tenuirostris* и *Proboscia alata* (45 и 54% численности отдела), развитие мезосапробного вида *Skeletonema costatum* отмечено не было. Крупные клетки *Proboscia alata* формировали основу (99%) биомассы диатомовых водорослей.

На долю динофитовых в сумме приходилось 3% численности и 25% биомассы фитопланктона средней части бухты. Максимальное развитие наблюдали среди *Ceratium furca, C. tripos, C. fusus, Dinophysis rotundatum, Prorocentrum cordatum, P. compressum, P. micans,* видов рода *Protoperidinium* (86% численности и 96% биомассы отдела).

Интересной находкой стало обнаружение за пределами порта относительно высокой для этого периода года плотности нанопланктонного вида золотистых водорослей *E. huxleyi* (34% численности фитопланктона). Феномен позднего развития этого вида в условиях Черного моря отмечали ранее и другие исследователи (Суханова, 1995). Наблюдали также полное отсутствие эвгленовых и синезеленых водорослей в исследуемом районе моря.

Таким образом, в период проведенных исследований (сентябрь–ноябрь 2015 г.) значения численности и биомассы фитопланктона в средней части Новороссийской бухты (86 тыс. кл./л при биомассе 227 мг/м^3) в 1,4 раза уступали показателям порта (117 тыс. кл./л при биомассе 318 мг/м^3). Доминировали диатомовые водоросли, в среднем в порту и за его пределами составив соответственно 60 и 47% общей численности и 82 и 70% биомассы фитопланктона. Основным доминирующим видом среди них был представитель крупноклеточных водорослей *Proboscia alata,* в 2014 г. в планктоне бухты превалировал другой вид крупных диатомовых водорослей — *Pseudosolenia calcar-avis.* В октябре и ноябре 2015 г. в открытой части порта и за его пределами наблюдали интенсивное развитие нанопланктонного вида золотистых водорослей *Emiliania huxleyi*, составившего до 34–56% численности фитопланктона. В то время как в порту численность этого вида была в 4 раза ниже, в значительном количестве здесь вегетировали криптофитовые, преимущественно *Plagiosel-*

mis prolonga, эвгленовые и синезеленые водоросли, формировавшие в сумме от 16 до 25% общей численности и до 6% биомассы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обилие за пределами порта показательного для открытых вод вида *E. huxleyi,* наряду с отсутствием эвгленовых и синезеленых водорослей, может свидетельствовать о пониженном фоне форм азота и лучшей экологической ситуации в средней части Новороссийской бухты по сравнению с портом.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарен капитану порта Новороссийск В.В. Ерыгину и начальнику отд. экологии В.С. Бердникову (ФГУ «Администрация морских портов Черного моря», Новороссийск) за техническую поддержку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Киселев Н.А. 1950. Панцирные жгутиконосцы. М.-Л.: АН СССР. 280 с.

Кольцова Т.Н. 1970. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // Биол. науки. № 6. С. 114–119.

Кольцова Т.Н., Лихачева Н.Е., Федоров В.Д. 1979. О количественной обработке проб фитопланктона // Биол. науки. № 6. С. 96–100.

Коновалова Г.В. 1998. Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука. 297 с.

Прошкина-Лавренко А.И. 1963. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. М.-Л.: АН СССР. 216 с.

Суханова И.Н. 1995. Феномен массового развития кокколитофорид в позднеосенний период в Черном море // Докл. РАН. Т. 340. № 2. С. 256–259.

Шмидт В.М. 1984. Математические методы в ботанике. Л.: Гидрометеоиздат. 288 с.

Clarke K.P., Warwick R.M. 1994. Change in marine communites: An approach to statistical analysis and interpretation. Bournemouth: Natural Environment Res. Council. 144 p.

Dodge J.D. 1982. Marine Dinoflagellates of the British Islend. London: HMSO. 301 p.

Tomas C. (ed.). 1997. Identifying marine phytoplankton. San Diego, CA. Academic Press. Harcourt Brace Company. 821 p.

Algae Base.org, http://www.algaebase.org/search/species/.

УДК 591.524.11:597.585.1(262.5)

КОРМОВОЙ ЗООБЕНТОС БЫЧКОВ КОСЫ ТУЗЛА (КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ, ЧЕРНОЕ МОРЕ)

А.С. Терентьев, А.М. Семик, А.И. Милованов

Н. с.; зав. лаб.; зав. сектором; Керченский филиал («ЮгНИРО») ФГБНУ «АзНИИРХ»
298300, Керчь, Свердлова, 2
Тел., факс: (36561) 210-12,616-27.
E-mail:iskander65@bk.ru, udot2@mail.ru, alex_milovanov@ukr.net

ЗООБЕНТОС, КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ, БЫЧКИ, КОРМОВАЯ БАЗА, ПИЩЕВЫЕ ОРГАНИЗМЫ, БИОМАССА, ЧИСЛЕННОСТЬ, ДОСТУПНОСТЬ ПИЩИ

Численность кормового зообентоса, доступного для питания бычков в районе косы Тузла, в среднем равнялась 4300±2900 экз./м^2, биомасса — 8,1±3,0 г/м^2 (96% по численности и 8% по биомассе от всей численности и биомассы макрозообентоса). Основную роль в численности кормового зообентоса играли личинки насекомых, а в биомассе — мелкие двустворчатые моллюски. Двустворчатые моллюски старших возрастов выходят из спектра питания бычков. Однако на их долю приходится основная биомасса макрозообентоса, поэтому эта группа в основном определяла разницу между кормовым и некормовым зообентосом. Общее пространственное распределение бычков зависит от количества доступной кормовой базы. Так, наибольшие приловы бычков в креветочные вентери отмечены на участках с наибольшей численностью и биомассой кормового зообентоса.

THE FORAGE ZOOBENTOS OF GOBIES NEAR THE TUZLA SPIT (KERCH STRAIT, THE BLACK SEA)

A.S. Terentyev, A.M. Semik, A.I. Milovanov

Researcher, Head of Lab., Head of Sector; Kerch Branch ("YugNIRO")
of the FSBSI "AzNIIRKH"
298300, Kerch, Sverdlov, 2
Phone, fax: (36561) 210-12, 616-27.
E-mail: iskander65@bk.ru, udot2@mail.ru, alex_milovanov@ukr.net

ZOOBENTHOS, KERCH STRAIT, GOBIES, FORAGE BASE, FOOD ORGANISMS, BIOMASS, ABUNDANCE, FORAGE AVAILABILITY

The average density of zoobenthos organisms, as potential forage for gobies in the area of Tuzla Spit, was 4300±2900 ind./m^2, and the average biomass – 8.1±3.0 g/m^2. The contribution to the total density was 96% and to the biomass of macrozoobenthos – 8%. Insect larvae prevailed in the forage zoobenthos, and small bivalve mollusks – in the biomass. Bivalve mollusks of older age groups get out of the feeding range of gobies. Their biomass, however, makes up the main part of the biomass of macrozoobenthos, so the group in fact made the difference between the forage and non-forage zoobenthos. The general spatial distribution of gobies depends on the amount of available food resources. The maximal bycatches of gobies in the shrimp fyke nets are in the areas with the largest abundance and biomass of forage zoobenthos.

Из 28 видов бычков, указанных Е.Д. Васильевой (2007) для Черного моря, 12 видов были отмечены возле косы Тузла. Высокому видовому богатству бычков в этом районе способствует наличие подходящей кормовой базы.

В настоящей работе дается характеристика состояние кормовой базы бычков возле косы Тузла перед началом строительства моста через Керченский пролив.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе были использованы данные, собранные сотрудниками ЮгНИРО в июле 2013 г. Пробы отбирались ручной драгой с площади от 0,07 м^2, на глубинах от 1 до 3 м, на удалении от берега со стороны Азовского моря до 100 м, а со стороны Черного моря до 200 м. Всего было выполнено 7 станций (рис. 1).

Сбор материала осуществлялся по общепринятым методикам (Жадин, 1960). На каждой станции оценивались количество видов, их численность и биомасса.

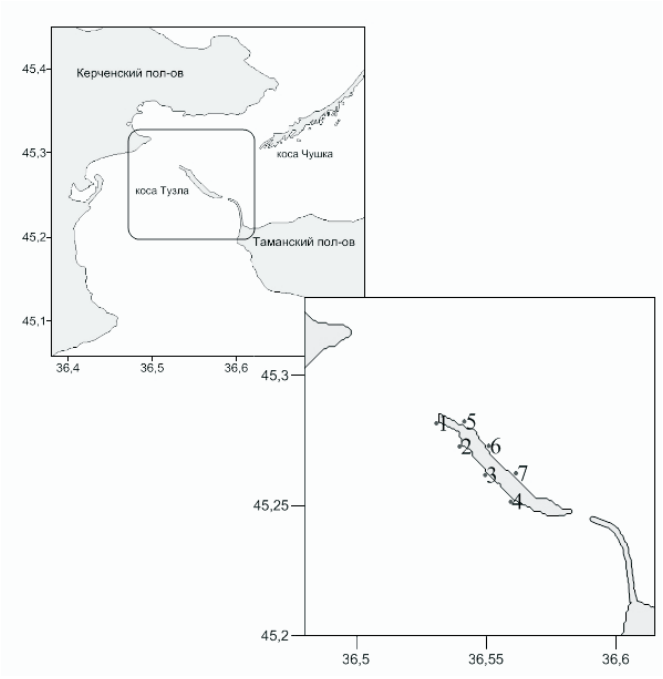


Рис. 1. Схема гидробиологических станций в районе косы Тузла (Керченский пролив), 2013 г.

Списки видов приведены по Определителю фауны Черного и Азовского морей (1968, 1969, 1972), с уточнениями по номенклатурным изменениям (Pitombo, 2004, World.., 2017).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Возле косы встречаются: бычок-кругляк (*Neogobius melanostomus* Pallas, 1814), бычок-песочник (*N. fluviatilis* Pallas, 1814), бычок-цуцик (*Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814)), бычок-рыжик (*Ponticola eurycephalus* (Kessler, 1874)), бычок-сурман (*Ponticola cephalargoides* (Pinchuk, 1976)), бычок-травяник (*Zosterisessor ophiocephalus* (Pallas, 1814)), бычок-ширман (*Ponticola syrman* (Nordmann, 1840)), бычок-мартовик (*Mesogobius batrachocephalus* (Pallas, 1814)), бычок-черный (*Gobius niger* Linnaeus, 1758), а также бычки рода *Pomatoschistus* (Милованов, 2015).

Их кормовой базой служат амфиподы, мелкие десятиногие и равноногие ракообразные, полихеты, мелкие моллюски. Причем, по данным М.Я. Некрасовой и И.Ф. Ковтуна (1976), подтвержденным также нашими наблюдениями, доступны только моллюски длиной до 8 мм. На большую роль двустворчатых моллюсков, в частности питании бычка-кругляка, обращал внимание В.Я. Лус (1963). Кроме того, в пищевом комке встречаются личинки хирономид и мальки рыб.

Численность кормового зообентоса колебалась от 37 до 3777 экз./м^2, биомасса от 0,03 до 22 г/м^2 (рис. 2). Наиболее высокая численность кормового зообентоса наблюдалась возле северо-западной части косы, а наиболее низкая — возле ее восточной части. Наиболее высокая биомасса кормового зообентоса наблюдалась со стороны Азовского моря. В среднем численность кормового зообентоса равнялась 4300±2900 экз./м^2, а биомасса — 8,1±3,0 г/м^2. Биомасса кормового зообентоса со стороны Азовского моря в 2–8 раза выше, чем со стороны Черного моря, и в среднем равнялась 14,8±4,1 г/м^2. В то время как со стороны Черного моря она в среднем составляла 3,0±1,5 г/м^2. В отношении его численности такой закономерности выявлено не было.

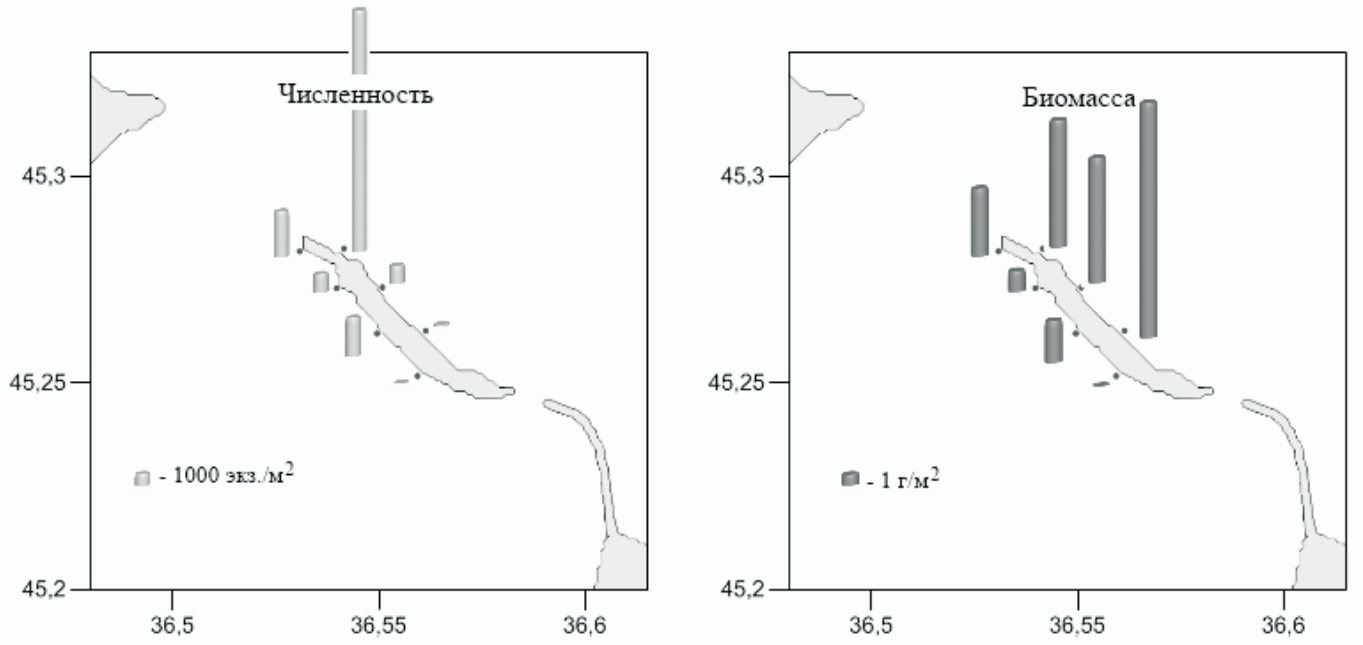


Рис. 2. Численность и биомасса кормового зообентоса косы Тузла (Керченский пролив), 2013 г.

Доля кормового зообентоса в общей численности колебалась от 57 до 98%, в биомассе — от 0,3 до 51% (рис. 3). Наиболее высокая доля кормового зообентоса по численности наблюдается со стороны Азовского моря и возле западной части косы. Вдоль южного берега, в юго-восточном направлении, она уменьшается с 98 до 57% от общей численности. Вдоль северного берега эта доля достаточно стабильна и находится в пределах 89–98%.

Доля кормового зообентоса по биомассе вдоль северного берега находится в пределах 8–14%. Наиболее высокая доля кормового зообентоса наблюдается возле западной части косы. Вдоль южного берега доля кормового зообентоса в общей биомассе небольшая, не превышает 2%.

В среднем на долю кормового зообентоса приходится 96% общей численности и 8% биомассы зообентоса. При этом 4% общей численности и 92% биомассы макрозообентоса являются не кормовыми для бычков (табл. 1).

Практически полностью доступными кормовыми организмами являются полихеты, личинки хирономид, мелкие брюхоногие моллюски и ракообразные, и не используются в пищу кишечнополостные.

У ракообразных 6% биомассы доступно бычкам в качестве корма. При этом 95% их численности являются кормовыми. Такая разница связана с тем, что у ракообразных 96% биомассы приходилось на рака отшельника *Diogenes pugilator* (Roux, 1829) и 2% на морские желуди *Amphibalanus improvisus* (Darwin,

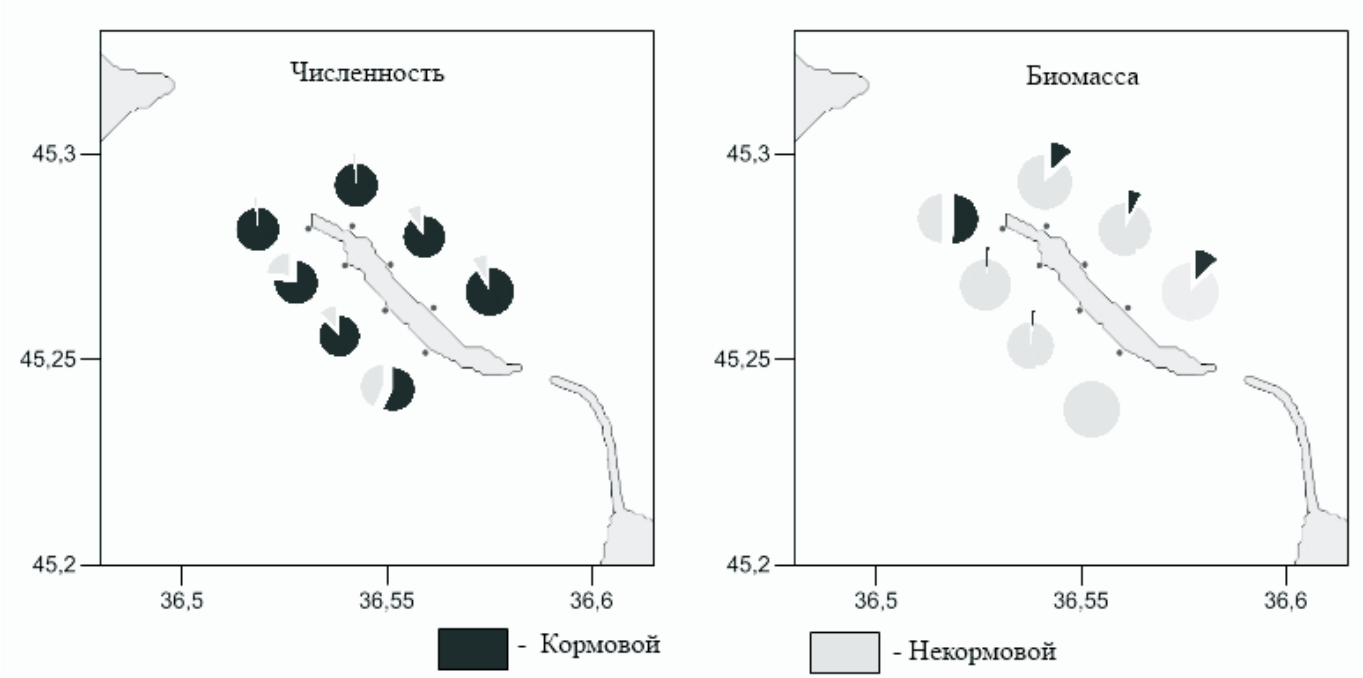


Рис. 3. Доля кормового зообентоса в общей численности и биомассе макрозообентоса косы Тузла (Керченский пролив), 2013 г.

Таблица 1. Численность и биомасса различных таксономических групп в общем и кормовом макрозообентоса косы Тузла (Керченский пролив), 2013 г.

Таксономическая группа	Зообентос	Численность		Биомасса	
		Экз./м^2	Доля кормового (%) в общем зообентосе	Г/м^2	Доля кормового (%) в общем зообентосе
Coelenterata	Общий	13,0±5,7	0	1,030±0,450	0
	Кормовой	0		0	
Polychaeta	Общий	590,0±270,0	100	0,840±0,360	100
	Кормовой	590,0±270,0		0,840±0,360	
Gastropoda	Общий	14,7±5,0	100	0,253±0,092	100
	Кормовой	14,7±5,0		0,253±0,092	
Bivalvia	Общий	207,0±61,0	14	77,000±29,000	7
	Кормовой	30,0±12,0		5,7±3,2	
Crustacea	Общий	950,0±320,0	95	21,000±14,000	6
	Кормовой	900,0±320,0		1,240±0,520	
Chironomidae larvae	Общий	2800,0±1200,0	100	0,013±0,006	100
	Кормовой	2800,0±1200,0		0,013±0,006	
Суммарный зообентос	Общий	4500,0±2900,0	96	101,000±28,000	8
	Кормовой	4300,0±2900,0		8,100±3,000	

1854). В качестве кормового объекта доступны только мелкие раки отшельники. Морские желуди хотя и изредка встречаются в пищевом комке, но, по-видимому, являются случайными пищевыми компонентами. Они часто селятся на раковинах моллюсков и вместе с ними заглатываются бычками. На долю рака-отшельника приходится 6% общей численности ракообразных, а на долю амфибалянуса — 47%. В сумме на эти два вида приходится около 53% общей численности и 98% биомассы ракообразных. При этом только 14% по численности и 2% по биомассе раков-отшельников и 3% по численности и 1% по биомассе амфибалянусов доступны в качестве кормовых объектов.

Из двустворчатых моллюсков в качестве корма доступно только 14% общей численности и 7% биомассы. Среди двустворчатых моллюсков по 20% численности и биомассы приходилось на *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758). На долю *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789) приходилось 4% общей численности и 47% биомассы двустворчатых моллюсков. На долю *Lentidium mediterraneum* (O.G. Costa, 1830) соответственно 16 и 4%, *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791) — 41 и 11%. Однако не все они могут быть доступными в качестве корма, т. к. рыба способна использовать только мелкие особей этих видов, обычно длиной до 8 мм. Для *Ch. gallina* таких было всего 2% по численности и 0,1% по биомассе от всей численности и биомассы этого вида, для *C. glaucum* соответственно 42% численности и 72%. Таким образом, двустворчатые моллюски в основном определяют биомассу зообентоса обследованного района, но лишь небольшая их часть может быть доступной в качестве корма для бычков. Такие виды, как *L. mediterraneum* и *M. lineatus*, почти полностью выпадают из спектра питания бычков. Также выпадают многие крупные особи других видов двустворчатых моллюсков. Учитывая, что на их долю приходится 5% общей численности и 77% общей биомассы макрозообентоса, а доля двустворчатых моллюсков, являющихся кормовыми, составляет более 14% по численности и 7% по биомассе от их общего количества, потери в биомассе кормового зообентоса, прежде всего, связаны с недоступностью в качестве кормовых объектов двустворчатых моллюсков старших возрастов. Этим, в частности, во многом объясняется соотношение распределения кормового и некормового зообентоса вдоль косы Тузла. На участках, где двустворчатые моллюски дают большую биомассу, только их небольшая часть может быть доступна в качестве кормовых объектов. Поэтому при большой общей биомассе макрозообентоса доля кормового может быть небольшой. Фактически доля двустворчатых моллюсков старших возрастов на 63–85% определяла потери кормового зообентоса по биомассе. Для численности такое распределение менее выражено, т. к. при большой биомассе доля в общем численности макрозообентоса у двустворчатых моллюсков относительно небольшая.

Основу численности кормового зообентоса доступного для бычков составляют личинки хирономид. На их долю приходится 65% всей численности макрозообентоса. Основная часть биомассы зообентоса приходится на двустворчатых моллюсков. Их доля в биомассе кормового зообентоса 71% (рис. 4).

При этом доля личинок хирономид в общей биомассе кормового зообентоса была всего 0,2%, а доля двустворчатых моллюсков, в общей численности — всего 0,7%. Важную роль также играют ракообразные и полихеты. Их доля в кормовом зообентосе соответственно равнялась 21 и 14% по численности, 15 и 10% по биомассе.

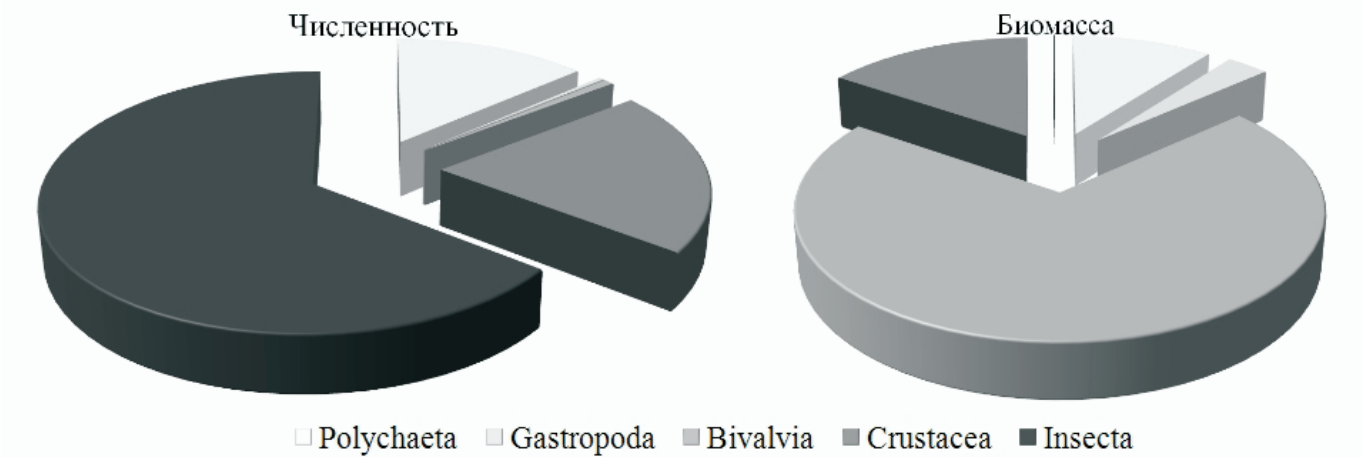


Рис. 4. Таксономическая структура кормового зообентоса косы Тузла (Керченский пролив), 2013 г. по численности и биомассе

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В районе косы Тузла обитает 12 видов бычков, кормовой базой для которых служит макрозообентос. Средняя численность доступного для питания бычков комового зообентоса равнялась 4300±2900 экз./м^2, биомасса — 8,1±3,0 г/м^2. На долю кормового зообентоса в среднем приходится 96% численности и 8% биомассы всего зообентоса. Кормовой зообентос вдоль косы распределен очень неравномерно. Численность его колебалась от 37 до 3777 экз./м^2, а биомасса — от 0,03 до 22 г/м^2. Наиболее высокая биомасса кормового зообентоса наблюдалась со стороны Азовского моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Васильева Е.Д. 2007. Рыбы Черного моря. (Определитель морских, солоноватоводных, эвригалинных и проходных видов с цветными иллюстрациями, собранными С.В. Богородским). М.: ВНИРО. 238 с.

Жадин В.И. 1960. Методы гидробиологических исследований. М.: Высшая школа. 191 с.

Лус В.Я. 1963. Питание бычков (сем. Gobiidae) Азовского моря // Тр. ИОАН. Т. 62. С. 96–127.

Милованов А.И. 2015. Особенности пространственного распределения бычков (Gobiidae, Perciformes) в Керченском проливе // Тр. ЮгНИРО. Т. 53. С. 75–79.

Некрасова М.Я., Ковтун И.Ф. 1976. Колебания численности бычка-кругляка *Gobius melanostomus* Pallas по годам в связи с естественными изменениями его кормовой базы в Азовском море // Вопр. ихтиологии. Т. 16. Вып. 2 (97). С. 372–376.

Pitombo F.B. 2004. Phylogenetic analysis of the Balanidae (Cirripedia, Balanomorpha) // ZoologicaScripta. V. 33. N 3. P. 261–276.

World Register of Marine Species (WoRMS). URL: http://www.marinespecies.org/index.php (Дата обращения 25.05.2017).

УДК 551.468:550.42

ОЦЕНКА УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ РЯДА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

М.А. Новиков

Вед. н. с., к. б. н.; Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича
183038, Мурманск, ул. Академика Книповича, 6
Тел.: (8152) 40-26-22, факс: (8152) 47-33-31. E-mail: mnovik@pinro.ru

БАРЕНЦЕВО МОРЕ, ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ГЕОХИМИЧЕСКИЙ ФОН, ГЕОСТАТИСТИКА

С целью оценки степени загрязненности донных отложений Баренцева моря рассчитаны фоновые уровни содержания в них Cu, Zn, Ni, Cr, Pb и Hg. Вклад естественного природного фона и техногенной составляющей анализировали с помощью методов математической статистики и картографического анализа. Обработаны данные по 574 станциям в Баренцевом море и прилегающих акваториях, выполненных в период с 1998 по 2016 гг. В результате выполненного исследования предложены фоновые значения содержания перечисленных металлов в донных осадках Баренцева моря. Представлена карта распределения геохимических аномалий изученных металлов на дне моря. Сделан вывод об устойчивом техногенном загрязнении донных осадков прибрежной зоны Западного Мурмана и района выхода из Кольского залива.

ASSESSMENT OF THE CONTENT OF SEVERAL HEAVY METALS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE BARENTS SEA

M.A. Novikov

Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography
183038, Murmansk, Academician Knipovich Str., 6
Tel.: (8152) 40-26-22, fax: (8152) 47-33-31. E-mail: mnovik@pinro.ru

BARENTS SEA, BOTTOM SEDIMENTS, HEAVY METALS, GEOCHEMICAL BACKGROUND, GEOSTATISTICS

Background levels of Cu, Zn, Ni, Cr, Pb and Hg content in the bottom sediments were calculated in order to evaluate the level of pollution in the Barents Sea. The contribution of the natural and technogenous components into the pollution was analyzed with the methods of mathematical statistics and cartographic analysis. Data from 574 stations in the Barents Sea and adjacent waters collected for the period 1998–2016 were processed. Background values of the elements mentioned above in the bottom sediments of the Barents Sea were figured out as a result of the research. Mapping of the distribution of geochemical anomalies of the metals analyzed is made. It is concluded that the bottom sediments in the coastal zone along the West Murman and the outlet of Kola Bay demonstrate consequences of permanent technogenic pollution.

Донные отложения — важнейшая составная часть любой водной экосистемы, среда обитания организмов бентоса и демерсальных рыб, образ жизни которых непосредственно связан с дном водоема. В этом смысле, как физическая среда обитания, обычно и рассматривается задача оценки уровня загрязнения донных отложений различными микроэлементами и поллютантами, в числе которых не последнюю роль играют тяжелые металлы. Однако роль донных отложений в жизни гидробионтов намного шире. Например, особую роль донные отложения (ДО) играют в жизни бентосных беспозвоночных животных — грунтоедов (грунтофагов) и детритофагов.

Микроэлементный состав донных отложений Баренцева и других морей Российской Арктики в основном изучается в связи с решением задачи выявления и оценки уровня техногенного загрязнения. Принципиальным вопросом при анализе содержания, например тяжелых металлов (ТМ), является отделение техногенной составляющей от природного фона. Фоновые уровни содержания химических элементов в ДО неоднозначны, т. к. не существует четких критериев их определения. Часто в качестве фоновых уровней (геохимического фона) применяются величины кларков микроэлементов (Виноградов, 1962). Иногда

используют данные региональных геохимических исследований. Например, в составе керна ДО изучают слой осадка, соответствующий концу доиндустриального периода. Последние данные принято рассматривать в качестве региональных фоновых уровней, например, для Баренцева моря (Bakke et al., 2007). Однако в этом случае для составления полной картины необходимо исследование кернов, взятых со множества станций, выполненных на обширных акваториях. Иначе это будет не региональный, а по существу локальный геохимический фон. Это обстоятельство является проблемой, т. к. в отношении Баренцева моря подобные исследования кернов в необходимом объеме не проводились.

Таким образом, главная задача при изучении регионального фона — это обширность выполненных исследований и большой объем анализируемых данных. Вторая задача — обработка полученного массива данных адекватными статистическими методами, включая геостатистику. Кроме того, поиск региональной компоненты глобального геохимического фона вкупе с геохимическими аномалиями следует, очевидно, начинать со сравнения участков арктического шельфа, отстоящих друг от друга на значительном расстоянии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили пробы поверхностного слоя ДО, отобранные сотрудниками ПИНРО в морских экспедициях по исследованию состояния морских биологических ресурсов и среды их обитания. Отбирался поверхностный слой осадка с использованием дночерпателя Ван Вина. Всего за период с 1998 по 2016 гг. включительно было проанализировано 448 проб на содержание ртути и 574 — на содержание никеля, меди, цинка, хрома и свинца. Уровни содержания металлов в донных отложениях Баренцева моря определялись в лаборатории прикладной экологии и токсикологии ФГБНУ «ПИНРО» методом атомно-абсорбционной спектроскопии в соответствии с методическим руководством (Методика.., 2005). Полученные значения содержания ТМ выражали в мкг/г сухой массы осадка.

Статистический анализ полученных данных выполняли в среде пакета прикладной статистики Statistica 10. Кроме основных статистических процедур, был выполнен корреляционный анализ — оценка связи содержания Cu, Zn, Ni, Cr, Pb и Hg в ДО Баренцева моря по данным за период с 1998 по 2016 гг. включительно.

В целях пространственного анализа данных выполняли комплексную карту-схему распределения высоких уровней (верхний диапазон значений) содержания металлов в ДО Баренцева моря. Под высокими понимали уровни содержания ТМ, превышающие фоновые показатели. В качестве региональных фоновых значений применяли шкалу, предложенную Норвежским государственным агентством по контролю загрязнения окружающей среды (Statens forurensningstilyn, SFT) для прибрежной зоны Норвежского моря (Bakke et al., 2007).

Картографирование, включая геостатистический анализ, выполняли в среде ГИС-приложения Arcview 3.2 с применением специального подхода (Новиков, 2017).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первой стадии исследования мы предприняли попытку оценить сходство уровней содержания ТМ в ДО Баренцева моря с другими морями Российской Арктики — Восточно-Сибирским и Чукотским (Астахов и др., 2013; Шакиров и др., 2013; Новиков, Жилин, 2016). По результатам этого сравнения выяснилось, что имеет место высокое сходство величин содержания трех из пяти сравниваемых металлов (без Hg), а именно Ni, Cu и Pb в ДО Баренцева и Восточно-Сибирского морей. Заметные отличия в средних значениях отмечены для Cr и Zn. Содержание ТМ в ДО Чукотского моря также не сильно отличались от такового в двух выше названных, занимая промежуточное положение между Баренцевым и Восточно-Сибирским морями, за исключением Pb, которого в Чукотском море почти в два раза меньше (Астахов и др., 2013).

Содержание Zn, Cr и Pb в ДО Баренцева моря было приблизительно равно их кларкам в литосфере, составляющим 83, 83 и 16 мкг/г соответственно (Виноградов, 1962). Содержание Cu и Ni было заметно ниже кларков, равных 47 и 58 мкг/г соответственно, что характерно и для ДО Баренцева, Восточно-Сибирского и Чукотского морей.

Для всех сравниваемых массивов данных был характерен высокий уровень корреляции рассматриваемых микроэлементов между собой в большинстве сочетаний. Статистический анализ уровней ТМ в исследованных пробах ДО Баренцева моря показал, что распределение содержания в ДО Ni, Cu и Pb соответствует нормальному закону по критерию Колмогорова–Смирнова. Распределение содержания Cr и Zn в ДО Баренцева моря было близко к нормальному. Нами также отмечено, что распределение содержания всех указанных ТМ в пробах Восточно-Сибирского моря подчиняется нормальному закону. Нормальный тип распределения содержания микро-

элементов в ДО арктических морей, вероятно, указывает на то, что оно формируется под влиянием множества относительно слабых и примерно равноценных (рассеянных) факторов. В числе которых, безусловно, присутствует и фактор глобального техногенного фона.

На основании вышесказанного, можно предположить, что ситуация с уровнем содержания ТМ в ДО Баренцева моря характеризует преимущественно естественный геохимический фон наряду с Восточно-Сибирским и Чукотским морями. Для того, чтобы оценить — в какой степени характеризует, мы сравнили наши данные по содержанию ТМ в ДО с данными специалистов из Норвежского государственного агентства по контролю загрязнением окружающей среды для прибрежной зоны Норвежского моря (Statens forurensningstilyn, SFT) (табл. 1). Для прибрежной зоны Норвежского моря последними были рекомендованы контрольные уровни загрязнения ДО различными поллютантами, включающие также и фоновые значения (Bakke et al., 2007). Как указывалось выше, выбор фоновых значений норвежскими исследователями основывался на уровнях содержания ТМ в подповерхностных «доиндустриальных» слоях керна ДО.

Упомянутые выше нормальный и близкий к нормальному типы распределения содержания ТМ в ДО Баренцева моря, а также большое количество выполненных станций позволили применить обычную описательную статистику для анализа этих данных. Доверительный интервал на уровне 95% рассчитывался как удвоенное значение стандартной (среднеквадратичной) ошибки среднего арифметического.

Как следует из табл. 1, вычисленные средние значения содержания ТМ с ДО Баренцева моря почти для всех изученных металлов, кроме Ni, были заметно ниже установленных фоновых значений для Норвежского моря. При этом получается, что при использовании рекомендованных SFT фоновых значений статистика для Ni очевидным образом не согласуется со статистикой по содержанию Cu, Zn и Pb в ДО Баренцева моря. Хотя, в самом деле, это не так (см. также Новиков, Жилин, 2016). Приведенные в табл. 1 данные о средних значениях содержания ТМ и их доверительных интервалах практически не отличаются от полученных нами ранее (Новиков, 2017). Таким образом, рассматриваемые фоновые значения SFT следует считать не информативными при их использовании для выявления уровней техногенного загрязнения ДО Баренцева моря. Мы предприняли попытку на основе статистических методов вычислить собственные фоновые значения для содержания изучаемых ТМ в ДО Баренцева моря.

Таблица 1. Результаты статистического анализа сравнения содержания ТМ в ДО Баренцева моря с известными фоновыми характеристиками: СО — величина стандартного отклонения

Металл	Среднее значение содержания в ДО ± СО, мкг/г	Доверительный интервал среднего значения (при 95 %)	Фоновый уровень, предложенный SFT (Bakke et al., 2007), мкг/г
Ni	29,40±14,10	28,22–30,58	<30
Cu	15,42±7,59	14,79–16,05	<35
Cr	53,56±35,45	50,60–56,52	<70
Pb	16,03±7,59	15,40–16,66	<30
Zn	61,97±34,93	59,06–64,88	<150
Hg	0,058±0,075	0,051–0,065	<0,15

Поскольку данные по содержанию Ni и Cu в ДО Баренцева моря распределены в целом по нормальному закону, а их среднее содержание заметно ниже величин кларков, то, очевидно, можно говорить о присутствии в осадках Баренцева моря аномального отрицательного геохимического поля (поля выноса). Понятно, что для величин, распределенных нормально, аномальные значения должны располагаться за пределами среднего арифметического плюс–минус 2 или 3 сигмы (СО). Этот подход часто используется в литохимии (Астахов и др., 2013). Другие специалисты в качестве величины контрастной аномалии предлагают значение 95 процентиля (Гуревич, 2002). Последняя величина может быть предпочтительнее, т. к. не накладывает ограничений на характер распределения случайной величины. Данные, представленные в табл. 1, подтверждают предположение, что фоновые значения содержания Ni и Cu в ДО Баренцева моря отличаются от предложенных SFT для восточной части Норвежского моря. С целью проверки утверждения о необходимости установления собственных фоновых значений содержания ТМ в ДО Баренцева моря мы применили географический метод с использованием ГИС-технологий — картографирование величины дисперсии.

Из полученных нами картограмм следовало, что максимальные концентрации Ni были характерны для Центрального желоба и северных районов моря, а минимальные — для юго-восточного и западного районов. Для Cu характерно повышенное содержание в ДО узкой прибрежной зоны к западу от выхода из Кольского залива и в Центральном желобе, а пониженное в основном на юго-востоке (подробнее в Новиков, 2017). На картограммах также можно достаточно четко проследить существование как минимум четырех аномальных геохимических полей (аномалий) содержания Ni в ДО. На основании геопространственного анализа можно утверждать, что для получения содержательной информации о фоновом значении и признаках техногенного загрязнения иссле-

дуемых металлов следует использовать правило двух сигм: принять за фоновое значение величину суммы среднего значения содержания металла в ДО и двукратной величины стандартного отклонения. Применение среднего значения в качестве критерия фонового уровня на наш взгляд не продуктивно, т. к. оно не охватывает диапазон естественной изменчивости исследуемого показателя в пределах обширного региона, каким является Баренцево море. Использование средних значений в качестве фоновых для ДО возможно только в целях постанционного мониторинга, привязанного к конкретным точкам отбора проб. Для данных по содержанию ТМ в ДО, не подчиняющихся нормальному закону, правильнее будет использовать в качестве критерия фоновой величины значения 97-го процентиля (97-го квантиля). Полученные в итоге фоновые уровни содержания Ni, Cu, Cr, Pb, Zn и Hg представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты расчета величины фонового уровня содержания металлов в ДО Баренцева моря с использование двух подходов

Металлы	Фоновый уровень по критерию двух сигм, мкг/г сухой массы (округленный)	Доля значений ниже фонового уровня, % (по критерию 2 сигм)	Фоновый уровень на основе значения 97 процентиля, мкг/г, сухой массы (округл-й)
Ni	<58	98,1	<52
Cu	<31	98,1	<28
Cr	–		<116
Pb	<31	96,9	<31
Zn	–		<112
Hg	–		<0,15

Как видно из сравнения таблиц 1 и 2, фоновые значения для Pb и Hg почти совпадают при нашем и норвежском подходах. В случае Cu они достаточно близки. Принципиально новые значения получены нами для Ni, Cr и Zn. В первых двух случаях они заметно больше, в третьем меньше. При практическом применении вышеприведенных фоновых значений можно использовать значения, вычисленные как первым, так и вторым способами. Мы рекомендуем по возможности использовать тот показатель, который ниже по величине. В нашем случае это значения 97 процентиля для всех ТМ. На основании последних мы проиллюстрировали современную ситуацию, складывающуюся в Баренцевом море с превышением фоновых значений исследованных металлов в его ДО.

На рисунке 1 представлена карта-схема распределения содержания исследованных микроэлементов в ДО Баренцева моря в количествах, превышающих предложенные нами фоновые уровни. Эти уровни можно рассматривать как положительные геохимические аномалии. На карте-схеме видно, что повышенное содержание Ni, Cr, Pb и Hg в ДО встречается на значительной площади дна Баренцева моря, но имеет места локализации, связанные преимущественно с особенностями донного рельефа. Повышенное количество ТМ отмечено в ДО Западно-Новоземельского и Центрального желобов, желоба Персея (Pb), а также в прибрежной зоне Западного Мурмана (на запад от устья Кольского залива до Варангер-фиорда).

Аномальное поле Cu занимает центр южной части моря и, возможно, отражает перенос загрязнения с континента, конкретно из северо-запада Европы. Ранее нами уже был сделан вывод о существовании стойкого техногенного загрязнения прибрежной зоны Западного Мурмана Cu, Ni, Zn и Pb (Новиков, Жилин, 2016). Содержание перечисленных ТМ здесь значительно превышает фоновые значения на многих участках морского дна. Таким образом, зону отложений в районе Западного Мурмана следует рассматривать как уверенную техногенную геохимическую аномалию. Существование аномалий содержания ТМ

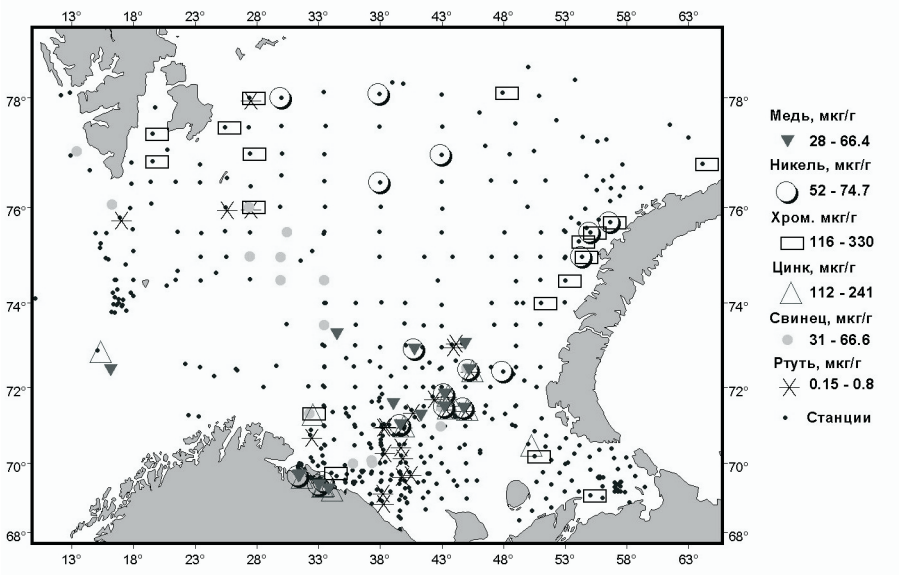


Рис. 1. Уровни содержания тяжелых металлов в донных отложениях Баренцева моря, превышающие фоновые значения, по данным по 2016 г. включительно

в других районах моря нуждается в дополнительных исследованиях. Это может быть поступление металлов, например, Pb и Hg, в результате дальнего трансграничного переноса в виде аэрозолей (Шевченко, 2006). Не следует также сбрасывать со счетов возможность обогащения придонных вод моря ТМ в результате разгрузки на дне эндогенных газово-флюидных источников, сипов и т. п., а также наличия так называемых седиментационных ловушек (Матвеев и др., 2006; Бондур, Кузнецова, 2012; Астахов и др., 2013; Шакиров и др., 2013).

Как следует из анализа карты, представленной на рисунке, доля положительных аномалий не превышает 3% значений, что примерно соответствует 3% морского дна. Долю отрицательных аномалий мы не рассматривали, т. к. их присутствие не имеет принципиального значения в контексте загрязнения окружающей среды металлами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований с использованием методов математической и географической статистики нами обоснованы и предложены фоновые значения содержания Ni, Cu, Cr, Pb, Zn и Hg в ДО Баренцева моря. Обнаруженные нами в ДО Баренцева моря отрицательные геохимические аномалии Ni и Cu, а также общий характер распределения положительных контрастных аномалий всех рассмотренных ТМ, позволяют сделать вывод о существовании признаков устойчивого антропогенного загрязнения ДО только в узкой прибрежной полосе Западного Мурмана и района выхода из Кольского залива. В остальных случаях мы, по всей видимости, имеем дело с региональными геохимическими положительными аномалиями не очевидного происхождения. Отмеченный ряд положительных контрастных аномалий всех исследованных ТМ в таких районах Баренцева моря, таких как Центральная впадина (желоб), Западно-Новоземельский желоб, желоб Персея, также пока не имеет однозначного объяснения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Астахов А.С., Рудзян Ван, Крэйн К., Иванов М.В., Гао Айгуо. 2013. Литохимическая типизация обстановок полярного осадконакопления (Чукотское море) методами многокомпонентного статистического анализа // Геохимия. № 4. С. 303–325.

Бондур В.Г., Кузнецова Т.В. 2012. Исследование естественных нефте- и газопроявлений на морской поверхности по космическим изображениям // Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса / Под ред. академика В.Г. Бондура. М.: Научный мир. С. 272–288.

Виноградов А.П. 1962. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. № 7. С. 555–571.

Гуревич В.И. 2002. Современный седиментогенез и геоэкология Западно-Арктического шельфа Евразии. М.: Научный мир. 135 с.

Матвеев Ю.К., Корнеев О.Ю., Рыбалко А.Е., Федорова Н.К. 2006. Технолого-методические аспекты государственного мониторинга состояния недр в Баренцевом море и их сравнение с положением международной конвенции ОСПАР // Нефть и газ арктического шельфа – 2006: Матер. Межд. конф. (Мурманск, 15–17 ноября 2006 г.). Мурманск: ММБИ КНЦ РАН. Секция 5. Геоэкология, мониторинг и охрана окружающей среды. С. 166–172.

Методика количественного химического анализа. Определение As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn (кислоторастворимые формы) в почвах и донных отложениях атомно-абсорбционным методом (М 02-902-125-2005). 2005. СПб.: ООО «АНАЛИТ». № 242/120-2005. 25 с.

Новиков М.А. 2017. К вопросу о фоновых значениях уровней содержания тяжелых металлов в донных отложениях Баренцева моря // Вестник МГТУ. Т. 20. № 1/2. С. 280–288.

Новиков М.А., Жилин А.Ю. 2016. Характер распределения тяжелых металлов в донных отложениях Баренцева моря (по результатам статистического анализа) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. Вып. 29. № 1. С. 78–88.

Шакиров Р.Б., Сорочинская А.В., Обжиров А.И. 2013. Газогеохимические аномалии в осадках Восточно-Сибирского моря // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. № 1. Вып. 21. С. 98–110.

Шевченко В.П. 2006. Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике. М.: Наука. 226 с.

Bakke T., Breedveld G., Kællgvist T. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalität i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter // SFT Veiledming. 12 p. (in Norvegian)

УДК 597-1.05:665.6(268.45)

НАКОПЛЕНИЕ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ И ПОЛИХЛОРБИФЕНИЛОВ В ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

А.Ю. Жилин, Н.Ф. Плотицына, Т.А. Зимовейскова

Зав. лаб., к. х. н.; инж.; инж.; Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича
183038, Мурманск, Академика Книповича, 6
Тел.: (8152) 40-26-01, факс: (8152) 47-33-31
E-mail: zhilin@pinro.ru, nplotits@pinro.ru, kireeva@pinro.ru

БАРЕНЦЕВО МОРЕ, ПРОМЫСЛОВЫЕ РЫБЫ, МЫШЦЫ, ПЕЧЕНЬ, ХОП, ПХБ

Определены ХОП и ПХБ в 146 пробах мышц и печени основных промысловых рыб Баренцева моря. Суммарное содержание изомеров ГХЦГ, изомеров и метаболитов ДДТ, конгенеров ПХБ в исследованных тканях рыб не превышало допустимые уровни, установленные СанПиН 2.3.2.1078-01 для морских рыб.

THE ACCUMULATION OF THE ORGANOCHLORINE PESTICIDES AND POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN COMMERCIAL FISHES FROM THE BARENTS SEA

A.Y. Zhilin, N.F. Plotitsyna, T.A. Zimoveyskova

Head of the Lab., Candidate of Chemical Sciences; Engineer, Engineer;
Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography
183038, Murmansk, Akademik Knipovich Str., 6
Tel.: (8152) 40-26-01, fax: (8152) 47-33-31
E-mail: zhilin@pinro.ru, nplotits@pinro.ru, kireeva@pinro.ru

THE BARENTS SEA, COMMERCIAL FISHES, MUSCLES, LIVER, OCPS, PCBS

OSPs and PCBs determined in 146 samples of muscle and liver of the main commercial fish from the Barents Sea. The total content of the isomers of HCH, isomers and metabolites of DDT, congeners of PCBs in the studied fish tissues did not exceed the permissible levels set by SanPiN 2.3.2.1078-01 for marine fish.

Среди загрязняющих веществ глобального распространения выделяется группа хлорированных углеводородов, не имеющих природных аналогов. В эту группу входят хлорорганические пестициды (ХОП) и полихлорбифенилы (ПХБ) — химические вещества, широко применявшиеся в сельском хозяйстве и промышленности. Многолетнее бесконтрольное использование привело к их повсеместному распространению, накоплению в биотических и абиотических компонентах наземных и морских экосистем (Voldner, Li, 1995; Израэль, Цыбань, 2009). Полярный институт проводит мониторинг содержания ХОП и ПХБ в морских промысловых рыбах и среде их обитания на постоянной основе, так как хлорорганические соединения поступают в Баренцево море главным образом с атлантическими водами и в результате крупномасштабного атмосферного переноса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В данной работе использованы пробы рыб, собранные в различных промысловых районах Баренцева моря (НИС «Фритьоф Нансен», рейс № 104, февраль 2016 г.) (рис. 1).

ХОП и ПХБ в мышцах и печени промысловых рыб определялись в соответствии с утвержденными методическими указаниями (Временные.., 1982; Изомерспецифическое определение.., 2001). Для ХОП — α-, β-, γ-изомеров гексахлорциклогексана (ГХЦГ), 4-х изомеров хлордана, гексахлорбензола (ГХБ), 6-ти изомеров и метаболитов дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) и ПХБ (конгенеры с номерами по номенклатуре IUPAC: 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180) применялся метод газовой хромато-масс-спектрометрии на хромато-масс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus фирмы “Shimadzu” (Япония) с капиллярной

кварцевой колонкой HP-5 MS длиной 30 м. Идентификация индивидуальных соединений проводилась в режиме SIM (селективный мониторинг ионов). Количественное определение выполнялось с использованием многоуровневой калибровки тестовыми смесями, приготовленными из сертифицированных кристаллических пестицидов и полихлорбифенилов фирмы "Sigma-Aldrich" (США). Для автоматической обработки результатов анализа применялась программа "GCMS solution 2,5" фирмы "Shimadzu" (Япония).

В качестве критериев загрязненности промысловых рыб были использованы санитарно-эпидемиологические правила и нормативы для продовольственного сырья и пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01), руководство Норвежского государственного агентства по охране окружающей среды (SFT), а также фоновые концентрации загрязняющих веществ в морских гидробионтах по собственным и литературным данным (Мониторинг фонового.., 1986, 1987; Kelly, Campbell, 1994; Stange et al., 1996; Molvær et al., 1997; Гигиенические требования.., 2002; Плотицына, 2011, 2015).

Всего проанализировано 146 проб (73 пробы мышц и 73 пробы печени) атлантической трески *(Gadus morhua)*, пикши *(Melanogrammus aeglefinus),* сайды *(Pollachius virens),* камбалы-ерша *(Hippoglossoides platessoides),* морской камбалы *(Pleuronectes platessa),* синей зубатки *(Anarhichas denticulatus),* полосатой зубатки (*A. lupus),* пятнистой зубатки (*A. minor),* золотистого окуня *(Sebastes marinus),* окуня-клювача *(S. mentella)* и черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides).*

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение персистентных хлорированных углеводородов в морских организмах отличается крайней неоднородностью и тяготением их повышенного содержания к системам депонирования, а также к органам и тканям с высоким содержанием жира (Израэль, Цыбань, 2009). Среднее содержание жира в мышцах исследованных рыб варьировало от 0,59±0,12 (треска) до 12,2±0,7% (черный палтус), в печени — от 4,27±2,13 (морская камбала) до 54,4±5,5% (сайда).

Остаточные количества ГХЦГ в мышцах и печени рыб были представлены тремя изомерами: α-, β-, γ-ГХЦГ, и их среднее суммарное содержание в мышцах трески составляло 1,12±0,22, пикши — 1,03±0,29, сайды — 1,18±0,12, камбалы-ерша — 2,58±0,78, морской камбалы — 2,84±0,81, полосатой зубатки — 2,80±0,56, пятнистой зубатки — 2,87±0,83, золотистого окуня — 1,93±0,56, окуня-клювача — 2,38±0,06, черного палтуса — 2,38±0,45 нг/г сырой массы. Суммарное содержание изомеров ГХЦГ в печени рыб было выше, так как печень является депонирующим органом, где в первую очередь происходит накопле-

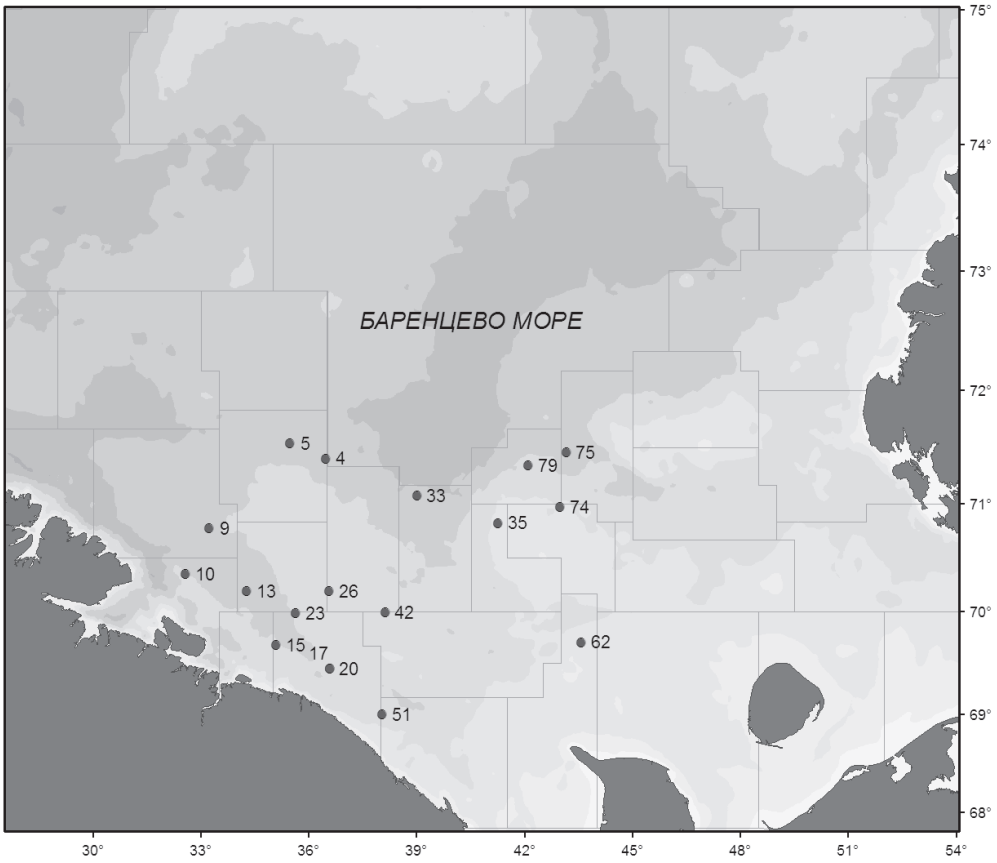


Рис. 1. Станции отбора проб промысловых рыб в Баренцевом море (НИС «Фритьоф Нансен», рейс № 104, февраль 2016 г.)

ние загрязняющих веществ. Кроме того, печень отличается более высоким содержанием жира по сравнению с мышцами. Среднее суммарное содержание изомеров ГХЦГ в печени исследованных рыб изменялось от 2,59±0,09 (окунь-клювач) до 5,48±1,70 нг/г сырой массы (камбала-ерш). В морской среде изомер γ-ГХЦГ разлагается микроорганизмами и подвергается фотохимической изомеризации, переходя в более стабильный изомер α-ГХЦГ, поэтому увеличение относительного содержания α-ГХЦГ по сравнению с другими изомерами ГХЦГ свидетельствовало об удаленном в пространстве и времени источнике загрязнения. Увеличение содержания в мышцах и печени исследованных рыб более стабильного изомера α-ГХЦГ по сравнению с γ-ГХЦГ (значение их соотношения α-ГХЦГ/γ-ГХЦГ>1) указывало на давнее поступление этого пестицида в морскую среду (Benezet, Matsumara, 1973).

Наибольшее суммарное содержание изомеров ГХЦГ обнаружено в мышцах синей зубатки (4,53 нг/г сырой массы), выловленной на северо-западном склоне Мурманской банки (ст. 5). Высокое суммарное содержание изомеров ГХЦГ характерно для печени камбалы-ерша, выловленной на ст. 62 Канинской банки (8,46 нг/г сырой массы) и на ст. 13 юго-западного склона Мурманской банки (7,71 нг/г сырой массы). По норвежской классификации среднее суммарное содержание изомеров ГХЦГ в мышцах трески соответствовало «умеренному загрязнению» (0,5–2,0 нг/г сырой массы), а в печени трески — «незначительному загрязнению» (<50 нг/г сырой массы) (Molvær et al., 1997).

Средние суммарные концентрации ГХБ и изомеров хлордана в атлантических водах, поступающих в Баренцево море, а также в водах исследованных промысловых районов, не превышали десятые доли нг/л. Низкие концентрации этих соединений в морской воде объясняются тем, что в 70-е годы XX века были введены ограничения на их использование. В настоящее время в арктических морских водах определяются лишь остаточные количества этих токсичных соединений, но при передаче по пищевой цепи их содержание в органах и тканях рыб заметно возрастает (Barrie et al., 1992). Максимальное содержание ГХБ определено в мышцах черного палтуса (12,1 нг/г сырой массы), выловленного на северном склоне Мурманского мелководья (ст. 33), и в печени трески (37,6 нг/г сырой массы), выловленной в этом же промысловом районе (ст. 33). По классификации Норвежского агентства по охране окружающей среды (SFT), среднее содержание ГХБ в мышцах трески соответствовало «заметному загрязнению» (0,5–2,0 нг/г сырой массы), а в печени трески — «умеренному загрязнению» (20–50 нг/г сырой массы) (Molvær et al., 1997).

Среднее суммарное содержание изомеров хлордана в мышцах промысловых рыб изменялось от 0,11±0,08 (пикша) до 4,01±0,68 нг/г сырой массы (черный палтус). Наибольшее содержание определено в мышцах черного палтуса (4,89 нг/г сырой массы), выловленного на Финмаркенской банке (ст. 9), причем здесь обнаружены все определяемые изомеры хлордана (*cis*- и *trans*-хлордан, *cis*- и *trans*-нонахлор, а также оксихлордан). В мышцах и печени промысловых рыб доминировал изомер *trans*-нонахлор. Высокое суммарное содержание изомеров хлордана (76,8 нг/г сырой массы) обнаружено в печени трески, выловленной в Западном Прибрежном районе (ст. 17). В СССР, а позднее в России, изомеры хлордана в качестве пестицидов и инсектицидов практически не применялись, поэтому нормирование их содержания в морских промысловых рыбах отсутствует.

В результате физико-химических и биологических процессов, происходящих в море, изомеры ДДТ трансформируются в более стойкие метаболиты ДДД и ДДЕ. Согласно литературным данным в атмосфере высоких широт, биотических и абиотических компонентах морских арктических экосистем величина отношения содержания p,p'-ДДТ/p,p'-ДДЕ <1, что указывает на давнее поступление ДДТ в окружающую среду (Chernyak et al., 1995). Среднее суммарное содержание метаболитов p,p'-ДДЕ и p,p'-ДДД в мышечной ткани и печени исследованных рыб составляло более 60% от ∑ДДТ и превышало содержание изомера p,p'-ДДТ в 3–6 раз, что указывало на длительный процесс трансформации ДДТ в более стойкие метаболиты, то есть на «старое» загрязнение окружающей среды (Матишов и др., 1998; Баярова, Лукьянова, 2006). Среднее суммарное содержание изомеров и метаболитов ДДТ в мышцах исследованных рыб варьировало от 1,35±0,27 (пикша) до 8,59±0,92 нг/г сырой массы (черный палтус), а в печени — от 10,6±2,0 (морская камбала) до 84,5±32,9 нг/г сырой массы (треска). По норвежской классификации среднее суммарное содержание изомеров и метаболитов ДДТ в мышцах трески соответствовало «умеренному загрязнению» (1,0–3,0 нг/г сырой массы), а в печени трески — «незначительному загрязнению» (<200 нг/г сырой массы) (Molvær et al., 1997). Наибольшее содержание ∑ДДТ определено в мышцах черного палтуса (9,88 нг/г сырой массы), выловленного на Финмаркенской банке (ст. 9), и в печени трески (181 нг/г сырой массы) из Западного Прибрежного района (ст. 17).

Суммарное содержание изомеров ГХЦГ, изомеров и метаболитов ДДТ в мышцах и печени промысловых рыб Баренцева моря не превышало допустимые уровни, установленные санитарными правилами и нормативами РФ для морских рыб: 200 и 200 нг/г сырой массы — в мышцах, 1000 и 3000 нг/г сырой массы — в печени соответственно (Гигиенические требования.., 2002).

Промышленные смеси ПХБ до сих пор используются в России в качестве диэлектриков в трансформаторах и конденсаторах, в гидравлических системах, входят в состав смазочных и охлаждающих масел, корабельных красок для предотвращения обрастания и т. д. Таким образом, кроме атлантических вод и дальнего атмосферного переноса, источниками их поступления в Баренцево море являются также потери в технологических процессах, утечки с судов и индустриальные отходы (Кольский залив.., 1997). Источником локального поступления промышленных смесей ПХБ в морскую среду может служить прямой сброс с кораблей гидравлических жидкостей и смазок. Это наиболее актуально для Баренцева моря, где постоянно находятся на промысле рыболовные суда и проводят учения корабли ВМФ. Среднее суммарное содержание ПХБ в мышцах исследованных рыб изменялось от 1,77±0,48 (пикша) до 10,5±1,1 нг/г сырой массы (черный палтус), в печени — от 10,2±3,1 (морская камбала) до 190±119 нг/г сырой массы (треска). В мышцах и печени рыб доминировали конгенеры с номерами по номенклатуре IUPAC 118, 138 и 153, составляющие 60–70% от ∑ПХБ, что указывало на техногенное загрязнение среды обитания рыб промышленными смесями ПХБ типа Aroclor (Совол — конденсаторное масло и Совтол — трансформаторное масло) (рис. 2, 3). Наиболее высокое содержание ПХБ обнаружено в мышцах черного палтуса (10,5 нг/г сырой массы), выловленного на Финмаркенской банке (ст. 9), и в печени трески (474 нг/г сырой массы), выловленной в Западном Прибрежном районе (ст. 15), что по норвежской классификации соответствовало «незначительному загрязнению» (<500 нг/г сырой массы) (Molvær et al., 1997). Суммарное содержание ПХБ в мышцах и печени исследованных рыб было значительно ниже нормативов, установленных СанПиН 2.3.2.1078-01 для морских рыб — 2000 и 5000 нг/г сырой массы соответственно (Гигиенические требования.., 2002).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты хорошо согласуются с ранее опубликованными данными о содержании хлорированных углеводородов в ихтиофауне северных морей и, в частности, Баренцева моря (Kelly, Campbell, 1994; Stange et al., 1996; Плотицына, 2011, 2015).

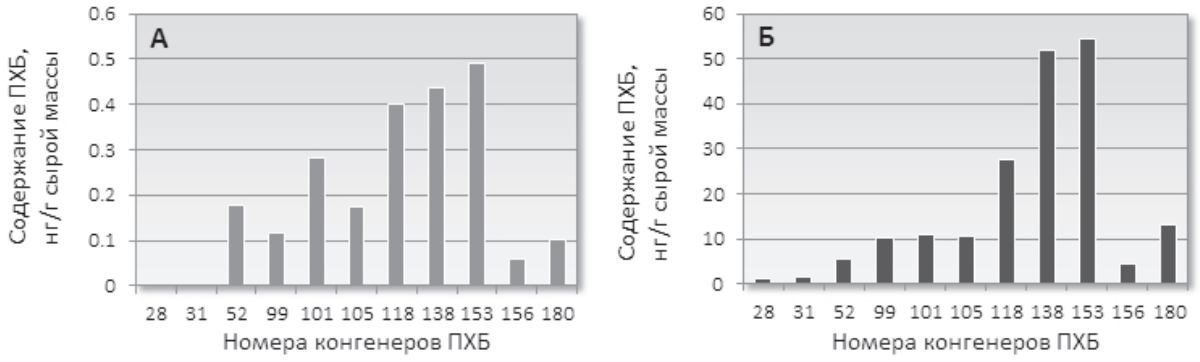


Рис. 2. Среднее суммарное содержание конгенеров ПХБ в мышцах (А) и печени (Б) трески Баренцева моря (февраль 2016 г.)

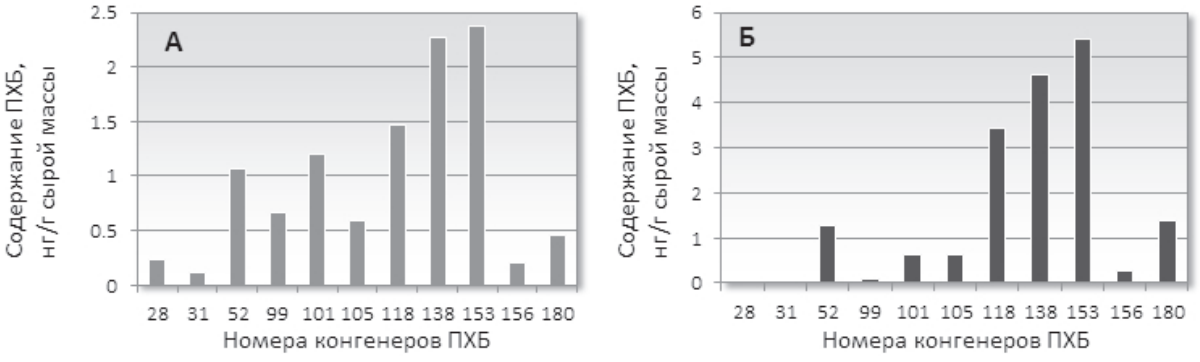


Рис. 3. Среднее суммарное содержание конгенеров ПХБ в мышцах (А) и печени (Б) черного палтуса Баренцева моря (февраль 2016 г.)

Диоксиноподобные хлорированные углеводороды, к которым относятся некоторые определяемые ПХБ и ХОП, обладают теми же токсическими свойствами, что и диоксины, и механизмы их действия на морские организмы идентичны. Разработана международная шкала факторов эквивалентной токсичности (I-TEF), где за эталон токсичности был принят наиболее сильный по своей биологической активности и хорошо изученный 2,3,7,8-тетрахлор-дибензо-*p*-диоксин (2,3,7,8-ТХДД), фактор эквивалентной токсичности которого принят за 1. Эти факторы представляют собой коэффициенты, при умножении на которые найденное в том или ином образце содержание диоксиноподобного соединения может быть выражено через эквивалент токсичности 2,3,7,8-ТХДД (TEQ или ТЭ). Сложив эти эквиваленты, вычисляют суммарную токсичность пробы в pg TEQ/g ww (пг ТЭ/г сырой массы пробы). Например, для конгенеров ПХБ с номерами 105, 118, 156 и 180, которые обнаружены в исследованных пробах рыб, факторы эквивалентной токсичности составляют 0,0001, 0,0001, 0,0005 и 0,00001 ед. соответственно, для пестицида ГХБ — 0,001 ед. (Худолей и др., 2002; Майстренко, Клюев, 2009). Средняя суммарная токсичность указанных хлорорганических соединений в мышцах рыб, выраженная в единицах токсического эквивалента, варьировала от 0,37 (сайда) до 7,12 пг ТЭ/г сырой массы (черный палтус), а в печени — от 3,51 (морская камбала) до 29,8 пг ТЭ/г сырой массы (треска). Средняя суммарная токсичность диоксиноподобных хлорированных углеводородов, обнаруженных в мышцах рыб, только в двух случаях была меньше 1 (сайда — 0,37 и треска — 0,68 пг ТЭ/г сырой массы). По норвежской классификации наименьшая суммарная токсичность диоксиноподобных хлорированных углеводородов в мышцах трески (0,55 пг ТЭ/г сырой массы) соответствовала «заметному загрязнению» (ст. 51 в Восточном Прибрежном районе), а наибольшая (3,46 пг ТЭ/г сырой массы) — «очень сильному загрязнению» (ст. 33 на Северном склоне Мурманского мелководья) (Molvær et al., 1997).

Максимальная величина этого показателя найдена в печени трески (40,1 пг ТЭ/г сырой массы), выловленной на Северном склоне Мурманского мелководья (ст. 33), и пикши (21,5 пг ТЭ/г сырой массы), выловленной на Канинской банке (ст. 62). По норвежской классификации максимальная токсичность диоксиноподобных хлорированных углеводородов в печени трески (40,1 пг ТЭ/г сырой массы) соответствовала «умеренному загрязнению» (Molvær et al., 1997).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баярова М.Д., Лукьянова О.Н. 2006. Хлорированные углеводороды в гидробионтах залива Посьета Японского моря // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 145. С. 271–278.

Временные методические указания по определению хлорорганических пестицидов (ДДТ, ДДЭ, ДДД, альфа-, гамма- ГХЦГ) в рыбе и рыбной продукции методом газожидкостной хроматографии (МУ 2482-81). 1982. М.: Минздрав СССР. 11 с.

Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2. 1078-01). 2002. М.: Минздрав РФ. 164 с.

Изомерспецифическое определение полихлорированных бифенилов (ПХБ) в пищевых продуктах (МУК 4.1.1023-01). 2001. М.: Минздрав России. 20 с.

Израэль Ю.А., Цыбань А.В. 2009. Антропогенная экология океана. М.: Флинта, Наука. 532 с.

Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. 1997. Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты: КНЦ РАН. 265 с.

Майстренко В.Н., Клюев Н.А. 2009. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний. 323 с.

Матишов Г.Г., Савинов В.М., Дале С., Ильин Г.В. 1998. Современный уровень загрязнения хлорированными и нефтяными углеводородами донных отложений губы Печенга Баренцева моря // Доклады РАН. Т. 361. № 3. С. 425–427.

Мониторинг фонового загрязнения природных сред. 1986. Под ред. Ю.А. Израэля, Ф.Я. Ровинского. Л.: Гидрометеоиздат. Вып. 3. 245 с.

Мониторинг фонового загрязнения природных сред. 1987. Под ред. Ю.А. Израэля, Ф.Я. Ровинского. Л.: Гидрометеоиздат. Вып. 4. 384 с.

Плотицына Н.Ф. 2011. Диоксиноподобные полихлорбифенилы в промысловых рыбах Баренцева моря // Матер. науч. конф. «Современные проблемы водной токсикологии» (Петрозаводск, 17–19 мая 2011 г.). Петрозаводск: ПетрГУ. С. 115–118.

Плотицына Н.Ф. 2015. Мониторинг хлорированных углеводородов и тяжелых металлов в промысловых рыбах Баренцева моря (декабрь 2014 г.) // Природные ресурсы и комплексное освоение прибрежных районов Арктической зоны: Сб. науч. тр. Архангельск: Архангельский научный центр Ур О РАН. С. 78–83.

Худолей В.В., Гусаров Е.Е., Клинский А.В., Ливанов Г.А., Старцев А.А. 2002. Стойкие органические загрязнители: пути решения проблемы. СПб.: НИИХ СПбГУ. 363 с.

Barrie L.A., Gregor D., Hargrave B., Lake R., Muir D., Shearer R., Tracey B., Bidleman T. 1992. Arctic contaminants: sources, occurrence and pathways // Sci. Total Environ. V. 122. P. 1–74.

Benezet H.J., Matsumara F. 1973. Isomerization of g-BCH to a-BCH in the environmental // Nature. No. 243. P. 480–481.

Chernyak S.M., McConnel L.L., Rice C.B. 1995. Fate of some chlorinated hydrocarbons in arctic and far eastern ecosystems in the Russian Federation // Sci. Total Environmental. V. 160/161. P. 75–85.

Kelly A.G., Campbell D. 1994. Persistent organochlorine contaminants in fish and shellfish from Scottish waters // Scottish Fisheries Research Report. No 54. 26 p.

Molvær J., Knutzen J., Magnusson J., Rigg B., Skei J., Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann // SFT Veiledning. No. 3. 36 s. (In Norwegian.)

Stange K., Maage A., Klungsøyr J. 1996. Contaminants in Fish and Sediments in the North Atlantic Ocean. Copenhagen: Nordic Council of Ministers. 90 p.

Voldner E.C., Li Y.E. 1995. Global usage of selected persistent organochlorines // Sci. Total Environmental. V. 160/161. P. 201–210.

УДК 597.553.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЕКЕ БОЛЬШОЙ (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА) В 2012–2016 ГГ.

Е.И. Кальченко, Т.Н. Травина, И.Ю. Безлюдская, В.Ф. Бугаев, Н.А. Растягаева, О.О. Ким

Ст. н. с., к. б. н.; ст. н. с.; техник; гл. н. с., д. б. н.; н. с.; мл. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: kalchenko.e.i@kamniro.ru

ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ, ПИТАНИЕ, ПРЕСНОВОДНЫЙ МАКРОЗООБЕНТОС, ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ, НЕРЕСТОВЫЕ ЗАХОДЫ, ЛРЗ

С помощью биомаркерных жирных кислот были установлены источники питания и трофические связи макрозообентоса в бассейне р. Большой. Показано влияние органики морского и заводского происхождения, поступающей в пресноводную экосистему, на качественные показатели зообентоса и молоди тихоокеанских лососей. Полученные результаты позволяют оценить значение морского и заводского вклада для функционирования различных трофических уровней лососевой реки.

RESULTS OF ECOLOGICAL AND BIOSHEMICAL RESEARCHES IN BOLSHAYA RIVER (WEST KAMCHATKA) IN 2012–2016

E.I. Kalchenko, T.N. Travina, I.Yu. Bezlyudskaya, V.F. Bugaev, N.A. Rastyagaeva, O.O. Kim

Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Senior Scientist; Lab. Worker; Leading Scientist, D. Sc. (Biology); Researcher; Researcher; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: kalchenko.e.i@kamniro.ru

LIPID ACIDS, FEEDING, FRESHWATER MACROZOOBENTHOS, PACIFIC SALMON, SPAWNING RUNS, SALMON HATCHERY

Sources of feeding and trophic interactions of macrozoobenthos in the basin of Bolshaya River were found out using biomarker lipid acids. Effects of the flows of marine and hatchery organics to the freshwater ecosystem were demobstrated as dynamics of qualitative indexes of zoobenthos and juvenile Pacific salmon. Obtained results allow to evaluate the role of marine and hatchery contributions into functioning of different trophic levels in mentioned salmon river.

Река Большая является одной из важнейших по воспроизводству тихоокеанских лососей на западном побережье Камчатки. Каждый год в связи с нерестовыми заходами производителей горбуши, кеты, нерки, кижуча, чавычи и симы пресноводная экосистема получает биогенные вещества морского происхождения, которые вовлекаются в ее различные трофические уровни. Сведений о влиянии морского «субсидирования» на качественное состояние кормовой базы в речных экосистемах в литературе очень мало. Помимо этого на качественные показатели гидробионтов в бассейне р. Большой оказывает влияние деятельность двух лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ), которые обеспечивают поступление органики заводского происхождения в пресноводную экосистему. В настоящее время жирные кислоты (ЖК) наряду с изотопами углерода и азота активно используются как биохимические маркеры в экологических исследованиях, связанных с анализом источников и путей трансформации органического вещества в экосистемах и установлением трофических связей организмов (Smith et al., 1996).

Цель данной работы — оценка влияния нерестовых заходов тихоокеанских лососей и деятельности ЛРЗ на качественное состояние кормовой базы в бассейне р. Большой.

Объектами исследования являлись бентосные беспозвоночные и молодь тихоокеанских лососей из среднего (рек Быстрая и Плотникова) и нижнего те-

чения бассейна р. Большой, собранные в весенний (апрель–май), летний (июнь–август) и осенний (сентябрь–октябрь) периоды 2012–2016 гг. Биологический анализ рыб, а также обработка материала по питанию выполнены по общепринятым методикам (Руководство.., 1961). Принадлежность молоди лососей, взятой на трофологический и биохимический анализы, к естественному или заводскому типу воспроизводства была установлена с помощью анализа структуры отолитов, поскольку все ЛРЗ в бассейне р. Большой проводят отолитное мечение выпускаемых рыб. Возраст молоди определен на основании анализа структуры чешуи. Анализ химического состава организмов осуществляли по общепринятым методикам. Экстракцию липидов проводили смесью растворителей хлороформ-этанол (2:1 по объему) по методу Фолча (Folch et al., 1957). Состав ЖК определяли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе Shimadzu GC-16A (Япония).

Хорошо известно, что основу питания бентосных беспозвоночных составляют фитобентос, бактериопланктон и детрит (Монаков, 1998). Ранее были установлены особенности состава ЖК липидов различных таксономических групп пресноводных водорослей (Ahlgren et al., 1990; Napolitano, 1999). Так, например, маркерами диатомовых водорослей являются следующие ЖК: 16:1ω-7, 16:1ω-1, 16:2ω-4, 16:3ω-4, 20:5ω-3. Маркерами синезеленых и зеленых водорослей являются ЖК с 16–18 атомами углерода: 16:2ω-6, 16:3ω-3, 16:4ω-3, 18:2ω-6, 18:3ω-3, 18:3ω-6, 18:4ω-3. Для бактериопланктона в основном характерны нечетные и разветвленные ЖК (13:0, 15:0, 17:0, изо-15:0, антеизо-15:0, изо-17:0, антеизо-17:0, 19:0) (Shaw, 1974). Маркером доминирования детрита в питании беспозвоночных служит высокий уровень соотношения 18:1ω-7/18:1ω-9≥1 (Ghioni et al., 1996). На основании этих литературных данных нами были установлены источники питания зообентосных организмов — кормовых объектов молоди лососей в р. Большой в разные сезоны и года.

Влияние нерестовых заходов тихоокеанских лососей. В весенний период (апрель–май) у личинок амфибиотических насекомых (хирономид, веснянок, поденок, ручейников) и ракообразных (гаммарусов) в составе общих липидов отмечен наибольший уровень ЖК, являющихся маркерами диатомовых водорослей и бактериопланктона: он составлял соответственно 30–46% и 2–6% от суммы всех ЖК. Летом (июнь–июль) в зообентосе возрастала доля ЖК — маркеров синезеленых и зеленых водорослей (10–18%). В августе–октябре в теле личинок хирономид (*Pagastia orientalis*) и ручейников (*Apatania* sp.), гаммарусов, обитающих в нижнем течении р. Большой, было обнаружено повышение содержания мононенасыщенных ЖК с 20–22 атомами углерода (20:1ω-11, 20:1ω-9, 20:1ω-7, 22:1ω-11, 22:1ω-9) — маркеров липидов морского происхождения до 3–6% от суммы всех ЖК. Следует отметить, что в пресноводном зообентосе в предыдущие месяцы уровень ЖК с 20 атомами углерода (20:1ω-11, 20:1ω-9, 20:1ω-7) был значительно ниже (0,3–2,0%), а ЖК с 22 атомами углерода (22:1ω-11, 22:1ω-9) отсутствовали. Мононенасыщенные ЖК с 20–22 атомами углерода обнаружены в больших количествах (>50%) у морских ракообразных — копепод (Pascal, Ackman, 1976)), поскольку морские и пресноводные организмы характеризуются различными уровнями специфических ЖК. Высокое накопление мононенасыщенных ЖК $C_{20–22}$ (20–28%) характерно для мышечной ткани производителей тихоокеанских лососей из-за питания ракообразными в морской период жизни (Ромашина и др., 1996; Гладышев и др., 2010). Физиологическая роль этих кислот известна и заключается в использовании их в качестве энергетических источников (Nomura et al., 2000).

Появление ЖК морского происхождения (22:1ω-11, 22:1ω-9) в теле пресноводных зообентосных организмов является биохимическим доказательством вовлечения лососевой сненки в их питание. На факт включения органического вещества морского происхождения в трофические сети лососевых рек Камчатки указывают и другие исследователи (Кузищин и др., 2010, 2012). С помощью метода «стабильных изотопов» ими было обнаружено высокое содержание углерода морского происхождения (^{13}C) в ручейниках и молоди лососей в р. Коль (западное побережье Камчатки). Американские исследователи Випфли и Бакстер (Wipfli, Baxter, 2010) сообщают, что пресноводные беспозвоночные в реках Аляски поедают лососевую сненку, которая имеет более высокую питательную ценность и усвояемость по сравнению с другими источниками пищи, и это способствует увеличению их скорости роста и биомассы. По литературным данным, в результате разложения трупов тихоокеанских лососей биогены морского происхождения попадают в грунтовые воды, что ведет к повышению содержания азота и фосфора в реке (Введенская и др., 2006; Кузищин и др., 2012). Осенью, зимой и весной происходит их медленное поступление в русло реки. Биогены морского происхождения быстро включаются в пресноводные пищевые сети и используются всеми трофическими уровнями.

В результате исследований, проведенных нами в период 2012–2016 гг., было установлено, что величина нерестового захода тихоокеанских лососей в бас-

сейн р. Большой опосредованно через трофические цепи оказывает влияние на качественные показатели зообентоса. Весной (в мае) следующего года после многочисленных подходов производителей западнокамчатской горбуши происходит увеличение массы тела у личинок ручейников (*Apatania* sp., *Glossosoma* sp., *Hydropsyche* sp.). В этот период (апрель–май) у личинок амфибиотических насекомых обнаружено увеличение содержания липидов на 8–12% (по сухому весу). В составе липидов кормовых организмов происходит повышение в 2–4 раза уровня ЖК — маркеров диатомовых водорослей (особенно 16:2ω-4, 20:5ω-3) и бактериопланктона, что указывает на увеличение их продукции за счет привнесенных биогенных веществ морского происхождения. Максимальное количество липидов в зообентосе (24–30% от сухой массы тела) было отмечено весной 2013 г., т. е. на следующий год после четного «рыбного» года, а минимальное (15–18%) — в 2012 г. Следует привести для сравнения биомассу производителей тихоокеанских лососей, зашедших на нерест в р. Большую в смежные 2012 г. и 2011 г., которая составляла соответственно 5961 и 51 т. Молодь лососей естественного воспроизводства в мае 2013 г. имела большее содержание липидов в мышечной ткани по сравнению с остальными изученными годами. Высокие заходы производителей тихоокеанских лососей на нерест в р. Большую обеспечивают большее поступление морских биогенов, которые, в свою очередь, определяют степень функционирования всех трофических уровней пресноводной экосистемы. По мнению К.В. Кузищина с соавторами (2012), в результате многочисленных заходов производителей тихоокеанских лососей происходит фертилизация всей пресноводной экосистемы лососевой реки на длительный срок и тем самым обеспечивается ее высокая продуктивность.

Таким образом, полученные результаты позволяют утверждать, что зообентос благодаря нерестовым заходам производителей тихоокеанских лососей получает биогенные вещества морского происхождения, как за счет прямого потребления лососевой сненки в конце лета и осенью, так и опосредованно через трофические цепи (фитобентос, бактериопланктон и детрит) на протяжении длительного времени (до весны следующего года). Установлено влияние величины нерестового захода тихоокеанских лососей в бассейн р. Большой на качественные показатели зообентоса. Весной (в апреле–мае) следующего года после многочисленных подходов производителей тихоокеанских лососей у кормовых организмов происходит значительное увеличение массы тела, содержания липидов и уровня ЖК — маркеров диатомовых водорослей и бактериопланктона, что служит доказательством повышения продуктивности речной экосистемы.

Влияние деятельности ЛРЗ. Рыбоводные лососевые заводы являются источниками поступления в речные экосистемы органического вещества в виде остатков искусственных кормов, погибшей молоди лососей, фекалий и бактерий (Запорожец, Запорожец, 2011).

В результате исследований установлено, что биомасса бентоса в районе ЛРЗ «Озерки» (р. Плотникова) в мае 2015 г. составляла 49,4 г/м^2 и была в два раза выше, чем на других участках реки. Так, например, средняя масса личинок хирономид, собранных возле ЛРЗ «Озерки», составляла 0,4 мг, веснянок — 6 мг, ручейников — 22,5 мг, поденок — 3,5 мг. На биотопе, расположенном в 40 км ниже завода (в районе моста на Апачу), этот показатель был гораздо меньше и составлял у хирономид 0,3 мг, у веснянок — 3,5 мг, у ручейников — 6,3 мг, у поденок — 1,7 мг. Содержание липидов в теле личинок хирономид (*Orthocladius frigitus, P. orientalis*) и веснянок (*Arcynopteryx* sp., *Taenionema japonicum*), обитающих около завода, находилось соответственно в пределах 19–24 и 25–29%, что значительно превышало аналогичный показатель у данных организмов из других биотопов речной экосистемы, соответственно 16–18% и 15–23%.

С помощью анализа состава жирных кислот было выяснено, что в теле личинок хирономид в районе ЛРЗ имел место более низкий уровень ЖК — маркеров диатомовых водорослей, но высокий ЖК маркеров бактериопланктона, и присутствовали следы искусственного корма. По литературным данным (Болгова и др., 1976; Seaborn et al., 2000), в качестве основного биохимического критерия идентификации искусственной пищи в питании рыб служит соотношение линолевой (18:2ω-6) и линоленовой (18:3ω-3) ЖК в их тканях. У организмов, потребляющих искусственные корма, соотношение 18:2ω-6/18:3ω-3 всегда больше единицы за счет более высокого уровня линолевой кислоты. Так, данный показатель у личинок хирономид в районе ЛРЗ «Озерки» составлял 2,4, а на нижних биотопах (реки Плотникова и Быстрая) — меньше единицы, соответственно 0,6 и 0,8, что указывало на питание последних только естественной пищей.

Молодь нерки и кижуча естественного воспроизводства в возрасте 1+, обитающая вблизи завода, отличалась от молоди данных видов на других участках реки более высокими размерно-массовыми показателями и почти в два раза большим содержанием липидов в мышечной ткани. Это подтверждало ее

лучшую кормовую обеспеченность. Трофологические исследования показали, что основу питания нерки составляли искусственный корм (58%), личинки хирономид (26%), имаго двукрылых (15%); кижуча — куколки хирономид (43%), искусственный корм (25%), личинки хирономид (20%). Сделан вывод, что в районе ЛРЗ «Озерки» происходит формирование популяций зообентоса и молоди тихоокеанских лососей, превосходящих по своим качественным показателям данные организмы из других биотопов бассейна р. Большой, благодаря смешанному питанию естественными и искусственными кормами.

Таким образом, с помощью биомаркерных жирных кислот установлены источники питания и трофические связи зообентоса в бассейне р. Большой, что позволило получить представление о качественном состоянии кормовой базы в разные сезоны и года и возможность прогнозировать его на будущее. Впервые показано влияние органики морского и заводского происхождения, поступающей в пресноводную экосистему, на физиолого-биохимические показатели зообентоса и молоди тихоокеанских лососей. Полученные результаты позволяют оценить значение морского и заводского вклада для функционирования различных трофических уровней экосистем лососевых рек Камчатки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Болгова О.М., Сидоров В.С., Смирнов Ю.А. 1976. Состав жирных кислот дикой и заводской молоди лосося // Лососевые (Salmonidae) Карелии. Петрозаводск: КФАН СССР. С. 163–167.

Введенская Т.Л., Уколова Т.К., Свириденко В.Д. 2006. Гидрохимическая характеристика реки Большая (Камчатка) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Вып. 8. С. 158–165.

Гладышев М.И., Лепская Е.В., Сущик Н.Н., Махутова О.Н., Калачева Г.С. 2010. Различия жирнокислотного состава покатной молоди и вернувшихся из моря взрослых особей нерки // Доклады Академии наук. Т. 430. № 4. С. 548–551.

Запорожец Г.В., Запорожец О.М. 2011. Лососевые рыбоводные заводы Дальнего Востока в экосистемах Северной Пацифики. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 268 с.

Кузищин К.В., Груздева М.А., Павлов Д.С., Малютина А.М., Кучерявый А.В., Стэнфорд Д.А., Эллис Б.К. 2010. Опыт применения метода стабильных изотопов $\delta^{15}N$ и $\delta^{13}C$ для изучения трофической структуры и продуктивности экосистем лососевых рек Камчатки // Матер. XI Межд. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 24–25 ноября 2010 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 132–135.

Кузищин К.В., Груздева М.А., Стэнфорд Д.А., Моррис М.П. 2012. Особенности процессов рассеивания и деструкции трупов тихоокеанских лососей в речной системе. К вопросу о значении биогенов морского происхождения для функционирования экосистем лососевых рек Камчатки // Матер. XIII Межд. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 14–15 ноября 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 136–140.

Монаков А.В. 1998. Питание пресноводных беспозвоночных. М. 318 с.

Ромашина Н.А., Слуцкая Т.Н., Холоша О.А. 1996. Исследование липидов мышечной ткани тихоокеанских лососей в период нерестовой миграции // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 120. С. 184–87.

Руководство по изучению питания рыб в естественных условиях. 1961. М.: АН СССР. 261 с.

Ahlgren G., Lundstedt L., Brett M., Forsberg C. 1990. Lipid composition and food quality of some freshwater phytoplankton for cladoceran zooplankters // J. Plankton Res. V. 12. P. 809–818.

Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues (for brain, liver and muscle) // J. Biol. Chem. V. 226. № 1. P. 497–509.

Ghioni C., Bell J.C., Sargent J.R. 1996. Polyunsaturated fatty acids in neutral lipids and phospholipids of some freshwater insects // Comp. Biochem. Physiol. V. 114B. P. 161–170.

Napolitano G.E. 1999. Fatty acids as trophic and chemical markers in freshwater ecosystems // In: Lipids in freshwater ecosystems. Springer-Verlag, New York. P. 21–44.

Nomura T., Urawa S., Ueno Y. 2000. Variation in muscle lipid content of high-seas chum and pink salmon in winter // N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull. No. 2. P. 347–352.

Pascal J.-C., Ackman R.G. 1976. Long chain monoethylenic alcohol and acid isomers in lipids of copepods and capelin // Chem. Phys. Lipids. V. 16. № 3. P. 219–223.

Seaborn G.T., Jahncke M.L., Smith T.J. 2000. Differentiation between Cultured Hybrid Striped Bass and Wild Striped Bass and Hybrid Bass using Fatty Acid Profiles // North American Journal of Fisheries Society. V. 20. № 3. P. 618–626.

Shaw N. 1974. Lipid composition as a guide to the classification of bacteria // In: Advances in Applied Microbiology. London, New York: Acad. Press. V. 17. P. 63–108.

Smith R.J., Hobson K.A., Koopman H.N., Lavigne D.M. 1996. Distinguishing between populations of fresh and salt-water harbour seals (*Phoca vitulina*) using stable-isotope ratios and fatty acid profiles // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53. P. 272–279.

Wipfli M.S., Baxter C.V. 2010. Linking Ecosystems, Food Webs, and Fish Production: Subsidies in Salmonid Watersheds // Fisheries. V. 35. № 8. P. 373–387.

УДК 574.5

ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА ОЗЕРА ДАЛЬНЕГО КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НЕРЕСТОВЫХ ПОДХОДОВ НЕРКИ

Н.М. Вецлер

Вед. н. с., к. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: vetsler@kamniro.ru

ПЕЛАГИЧЕСКИЕ РАКООБРАЗНЫЕ, ОЗЕРО ДАЛЬНЕЕ, КАМЧАТКА, МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ЗООПЛАНКТОННОЕ СООБЩЕСТВО, ВИДОВОЙ СОСТАВ, ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ РАКООБРАЗНЫХ

Представлены изменения, произошедшие в зоопланктонном сообществе озера Дальнего за 78-летний период исследований. Установлено, что численность пелагической молоди нерки, зависящая от величины нерестовых заходов, определяет видовой состав и межгодовые изменения популяционных показателей кормовых ракообразных, а также размерную структуру всего сообщества. Показано, что уязвимость популяций зоопланктонных организмов при усилении пресса молоди нерки резидентной и проходной формы зависит от характера вертикального распределения, различий в плодовитости и размерно-генеративной характеристике видов.

THE DYNAMICS OF ZOOPLANKTON COMMUNITY IN DALNEYE LAKE AS INDICATOR OF LONG-TERM SHIFTS IN SOCKYE SALMON SPAWNING RUNS

N.M. Vetsler

Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: vetsler@kamniro.ru

PELAGIC CRUSTACEANS, DALNEYE LAKE, KAMCHATKA, LONG-TERM RESEARCHES, ZOOPLANKTON COMMUNITY, SPECIES COMPOSITION, STOCK ABUNDANCE DYNAMICS OF CRUSTACEANS

Shifts in the zooplankton community of the Dalneye Lake are demonstratedfor the research period of 78 years. It is found that the abundance of the pelagic juvenile sockeye salmon stock, depending on spawning escapement, predetermines species composition and interannual dynamics of population characteristics of local forage crustaceans and size structure of the community in the whole. It is demonstrated, that vulnerability of zooplankton populations in terms of increasing pressure by residental and anadromous juvenile sockeye salmon depends on the character of vertical distribution, differences in fecundity and size-generative characteristics of species.

Многолетний мониторинг зоопланктонного сообщества оз. Дальнего самый продолжительный на Камчатке и охватывает 78-летний период исследований. Первые результаты десятилетних гидробиологических исследований (1937–1947 гг.) были представлены в докторской диссертации Е.М. Крохина (1948). Метод математического моделирования, использованный Ф.В. Крогиус, Е.М. Крохиным и В.В. Меншуткиным для обобщения многолетних данных (1938–1964 гг.) и анализа динамики популяций пелагических рыб, показал сложность взаимоотношений между количеством кормовых организмов в озере и численностью питающейся рыбы (Крогиус и др., 1969). Работы Б.П. Кожевникова, проведенные в 1960-е гг., были посвящены изучению вертикальных миграций зоопланктона (Кожевников, 1968) и выявлению причин многолетних изменений обилия ракообразных (Кожевников, 1970). Исследования, приуроченные к 1970-м годам, проходили под эгидой международной биологической программы по определению продуктивности озера и были посвящены изучению жизненных циклов пелагических ракообразных (Куренков, 1970; 1975а; 1975б; Kurenkov, 1973) и определению их продукции (Куренков, 1978, 2005).

Цель данной работы — систематизация и обобщение по единой методике многолетних материалов и анализ изменений, произошедших в зоопланктонном сообществе озера за 78-летний период исследований.

Материалом для исследований послужили данные обработки зоопланктонных проб за период наблюдений с 1981 по 2016 гг., результаты годовых отчетов и архивов КамчатНИРО и Паратунского экспериментального сектора за 1938–1979 гг.

Сбор материала в течение всего исследуемого периода осуществляли по единой методике. Пробы зоопланктона отбирали на постоянной станции в центральной части пелагиали водоема в районе максимальных глубин. Благодаря небольшим размерам озера и отсутствию значительных поверхностных притоков, центральная станция с достаточной достоверностью характеризует динамику гидробиологических процессов, происходящих в пелагиали в целом (Крохин, 1948). Простая морфометрия водоема определяет сходство структуры и плотности биоценозов отдельных районов, а синхронность темпов развития и идентичность видового состава зоопланктона отмечена для всей акватории пелагиали (Вецлер, 2009).

Пробы планктона отбирали в слое 0–50 или 0–55 м методом вертикального лова сетью Джеди (газ № 64–67) с диаметром входного отверстия 18 см. Планктонные организмы фиксировали 4%-м раствором формалина. Материал собирали круглогодично: один раз в месяц в период ледостава и до трех раз — в безледный период.

Камеральную обработку планктонных проб проводили по стандартным гидробиологическим методикам (Киселев, 1969; Методические рекомендации.., 1984).

В работе также использованы данные по пропуску рыб-производителей в оз. Дальнее и скату молоди нерки, полученные по результатам их визуального подсчета на рыбоучетном заграждении в 1938–1990 гг. (Крогиус и др., 1987; Погодаев, 1993) и в 1991–2016 гг. (неопубликованные данные Паратунского экспериментального сектора).

Уникальность оз. Дальнего определяется не только многолетним рядом научных наблюдений, проводимых с 1930-х гг. по настоящее время, но и высочайшей рыбопродуктивностью, достигающей в годы максимальной численности дальнеозерского стада нерки (1937–1946) 31 кг/га покатной молоди (Крогиус, 1969). По данным И.И. Куренкова (1984), этот водоем, имеющий площадь всего 1,36 км^2, может обеспечивать промысловую отдачу до 2500 кг/га нерки. Для сравнения: промысловая продуктивность оз. Курильскогое, крупнейшего неркового водоема на Камчатке площадью 77,1 км^2 (Ресурсы.., 1973), в годы максимальных подходов лосося составляла только 1300 кг/га (Куренков, 1984). Высокая естественная рыбопродуктивность оз. Дальнего в значительной степени определяется кормовыми условиями в этом водоеме, обеспечивающими хороший рост молоди в пресноводный период жизни. Так, масса тела покатной молоди в возрасте 1+ в среднем составляет 10,5 г, двухгодовиков (2+) — 17,2 г, трехгодовиков (3+) — 29,7 г (Вецлер, Погодаев, 2011). Литоральный период нагула молоди нерки очень кратковременный и длится всего 2,0–2,5 месяца, в то время как в пелагиали оз. Дальнего она нагуливается от одного до трех, а иногда даже до четырех лет (Вецлер, Погодаев, 2011) и питается в это время, в основном, планктонными ракообразными (Марковцев, 1972; Тиллер, 1978; Крогиус и др., 1987).

Долговременные изменения видового состава дальнеозерского зоопланктона происходили в сторону сокращения количества веслоногих раков и увеличения ветвистоусых. В 1937–1980 гг. доминирующий комплекс был представлен тремя видами: из Copepoda — *Cyclops scutifer* Sars и *Leptodiaptomus angustilobus* Sars (по старой терминологии *Neutrodiaptomus angustilobus*), из Cladocera — *Daphnia longiremis* Sars. В 1981–2016 гг. к ведущим видам ракообразных в пелагиали озера относились только *C. scutifer* и *D. longiremis*. *Leptodiaptomus* в 1981–1990 гг. был малочисленной формой, а на протяжении последних 25 лет (1991–2016 гг.) в планктоне озера не встречался (Вецлер, 2006, 2015). Изменение роли *L. angustilobus* в зоопланктонном сообществе за 53-летний период (1938–1991 гг.) от доминирования среди ракообразных до полного исчезновения из водоема тесно связано с динамикой нерестовых заходов нерки и плотностью нагуливающейся молоди проходной и резидентной (карликовой) форм. Повышенные пищевые потребности карликов при максимальном росте их численности в 1960-е и 1970-е гг. и избирательное выедание ими наиболее крупного вида ракообразных явились причиной снижения количества *L. angustilobus* в водоеме в 1970-е и в начале 1980-х гг. Увеличение численности половозрелой нерки, заходящей на нерест во второй половине 1980-х гг., и резкое усиление пресса ее молоди на зоопланктон в 1986–1990 гг. привели к полному выеданию *Leptodiaptomus*. К причинам, способствующим исчезновению диаптомуса, относятся невысокая его плодовитость (2,7–6,0 яиц/самку), длительность жизненного цикла и обитание в слоях, наиболее до-

ступных для рыб-планктонофагов (0–20 м) (Кожевников, 1968).

C. scutifer — доминирующий вид в оз. Дальнем, составляющий в среднем 70% от общей численности ракообразных. Многолетние изменения его численности соответствовали различным состояниям дальнеозерского стада нерки. При повышении заходов рыб-производителей и усилении пресса молоди нерки происходило снижение численности циклопов. Увеличение концентрации *C. scutifer* было приурочено к периодам депрессивного состояния нерестового стада нерки и снижения выедания ракообразных ее молодью. Наиболее сильное падение численности циклопов происходило в 1987 и 1991–1992 гг. (0,5–3,2 тыс. экз./м^3) при повышении нерестовых заходов рыб во второй половине 1980-х гг. до уровня 1930–1940-х гг. (24–84 тыс. экз.). Максимальный рост плотности популяции *C. scutifer* при сокращении дальнеозерского стада нерки был отмечен в 1993–2016 гг. и составил в среднем 26,1 тыс. экз./м^3. В целом, 1981–2016 гг. характеризовались наиболее резкими колебаниями численности циклопов по сравнению со всем периодом наблюдений, начиная с 1938 г.: в 1999 г. был отмечен исторический максимум — 55,6 тыс. экз./м^3, а в 1991 г. — минимум численности *C. scutifer* в оз. Дальнем — 0,5 тыс. экз./м^3.

D. longiremis, как объект питания рыб и компонент экосистемы оз. Дальнего, стоит по своему значению на втором месте после *C. scutifer*. В многолетней динамике численности дафний также прослеживается обратная связь с количеством молоди нерки, нагуливающейся в озере. В годы максимальных заходов рыб-производителей на нерест (1938–1948) концентрация рачков в планктоне не превышала 1,7 тыс. экз./м^3. Выедание дафний многочисленными поколениями нерки ограничивало рост численности популяции. В 1950–1960-е гг. происходило постепенное увеличение обилия *D. longiremis*, связанное с уменьшением количества потребителей. В конце 1960-х и в 1970-е гг., вероятно, в результате элиминирующего воздействия карликов, вновь стала прослеживаться тенденция к снижению численности дафний. Межгодовые колебания численности *D. longiremis* в 1938–1978 гг. проходили в диапазоне 0,4–3,0 тыс. экз./м^3 и не превышали среднемноголетний уровень, равный 3,0 тыс. экз./м^3. В 1981–2016 гг., в соответствии с изменениями численности нагуливающейся молоди, межгодовые флуктуации концентрации дафний составляли 0,6–8,3 тыс. экз./м^3. 1988–2003 гг. характеризовались наибольшим повышением обилия *D. longiremis* в озере: колебания ее численности в этот период в основном превышали среднемноголетний показатель. Улучшение трофических условий в оз. Дальнем в 2000-е гг. (Вецлер, 2008; Вецлер, Погодаев, 2011) способствовало росту резидентной формы нерки в водоеме (до 15–20 тыс. экз.). После исчезновения *L. angustilobus* наибольший пресс со стороны карликов стала испытывать популяция *D. longiremis*: начиная с 2004 гг., стала прослеживаться тенденция к снижению ее численности, и межгодовые колебания концентрации дафний вновь стали происходить в основном ниже среднемноголетнего уровня.

До 1965 г. в планктоне озера не отмечали мелкого ветвистоусого рачка *Bosmina longirostris* (O.F. Müller) (Кожевников, 1968). Более того, в 1938–1947 гг. отсутствие этого вида в оз. Дальнее считалось отличительной особенностью Паратунских озер (Крохин, 1948). Однако уже в 1970-е гг. *B. longirostris* была обычным, но малочисленным видом дальнеозерского зоопланктонного комплекса. В 1981–2016 гг. *Bosmina* постоянно встречалась в озере в летне-осенний период. Межгодовые колебания ее численности в эти годы происходили в диапазоне 0,6–8,3 тыс. экз./м^3 при среднемноголетнем значении 2,5 тыс. экз./м^3. По данным Кинингса и Баркетта (Koenings, Burkett, 1987), молодь нерки питается зоопланктоном, имеющим размер 0,40 мм и выше. При нагуле многочисленных поколений нерки и выедании ею крупных видов происходило массовое развитие *Bosmina*, имеющей размеры 0,03–0,49 мм и способной успешно существовать в условиях сильного пресса рыб. В результате, в отдельные годы численность босмины была сопоставима или превышала количество *C. scutifer* и *D. longiremis*, а в 1987 и 1991 гг. *B. longirostris* доминировала среди ракообразных и по биомассе. В годы низкой численности крупных ракообразных (*C. scutifer* и *D. longiremis*) сроки пребывания босмины в планктоне удлинялись, а в 1991 г. она встречалась в планктоне в течение всего года. Наибольший рост плотности популяции *B. longirostris* приходился на 1984–2006 гг. В 2007–2016 гг. межгодовые колебания ее численности происходили ниже среднемноголетнего уровня.

Снижение численности *B. longirostris* в водоеме в последнее десятилетие является показателем понижения уровня трофности экосистемы, так как данный вид известен в качестве индикатора эвтрофирования (Андронникова, 1980, 1996; Лазарева, 2010; Смирнов, 2010). Анализ многолетних изменений концентрации минерального фосфора в оз. Дальнем показал, что в 2004–2016 гг. происходил процесс постепенной олиготрофизации водоема, связанный со снижением поступления фосфора с нерестующей

рыбой, тела которой, разлагаясь после гибели, обогащают озерные воды биогенными элементами и органическим веществом (Крохин, 1957, 1967, 1974). Межгодовые колебания содержания фосфатов в эвфотическом слое в последнее десятилетие составляли 0,012–0,018 мг Р/л и были в основном ниже среднемноголетнего уровня (0,018 мг Р/л), рассчитанного для периода 1981–2016 гг.

В 2002–2016 гг. в безледный период в планктоне озера в небольшом количестве (10–900 экз./м^3) развивалась не отмечаемая ранее *Daphnia galeata* Sars. Появление этого короткоцикличного вида ветвистоусых раков было связано с происходящим в 2000-е годы процессом потепления озерных вод (Вецлер, 2012, 2014).

Итак, многолетние исследования состояния популяции дальнеозерской нерки и ее кормовой базы показали, что обилие пелагической молоди нерки, зависящее от величины нерестовых заходов, определяет видовой состав зоопланктона, межгодовые изменения популяционных показателей кормовых ракообразных и размерную структуру сообщества.

Неодинаковая уязвимость популяций ракообразных при усилении пресса молоди нерки резидентной и проходной формы определяется характером вертикального распределения зоопланктонных организмов, различиями в плодовитости и размерно-генеративной характеристике видов. Яйценосные самки *B. longirostris* созревают при длине 0,26 мм и эффективно обеспечивают воспроизводство популяции даже в условиях сильного пресса рыб. Размеры яйценосных самок *D. longiremis* составляют 0,43–1,45 мм. При повышении количества нагуливающейся молоди нерки и селективном изъятии ею более крупных особей происходит измельчание половозрелых дафний до 0,43–0,78 мм. Рачки таких размеров выедаются в меньшей степени и способны обеспечить воспроизводство потомства, правда, на очень низком уровне, поскольку плодовитость мелких дафний минимальна. Размеры самок *L. angustilobus*, независимо от пресса нерки, изменяются в очень узких пределах (1,35–1,58 мм) и, как самые крупные, потребляются рыбой в первую очередь.

Ведущее значение *Cyclops* в озере поддерживается благодаря его высокой плодовитости (8,6–30,7 яиц/яйц. самку), сложности структуры популяции (Куренков, 2005) и способности копеподитов старших стадий и половозрелых особей находиться в светлое время суток в глубинных слоях водоема. Фильтраторы в безледный период, в основном, концентрируются в верхних горизонтах и подвергаются интенсивному выеданию молодью рыб. Доминирующее положение *C. scutifer* в планктоне озера также связано с его высокой пищевой пластичностью. *Cyclops* является полифагом и, наряду с растительной пищей и детритом, потребляет простейших, коловраток, молодь ракообразных (Павельева, Сорокин, 1971), поэтому в условиях нехватки пищевых ресурсов этот вид оказывается в преимущественном положении по сравнению с фильтраторами, питающимися исключительно пищей растительного происхождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андронникова И.Н. 1980. Изменения в сообществе зоопланктона в связи с процессом эвтрофирования / Эвтрофирование мезотрофного озера (по материалам многолетних наблюдений на оз. Красном). Л.: Наука. С. 78–99.

Андроникова И.Н. 1996. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука. 189 с.

Вецлер Н.М. 2006. Влияние рыб, как фактор изменения видового состава зоопланктонного сообщества озера Дальнее (Камчатка) // Тез. докл. IX Съезда Гидробиол. об-ва РАН (Тольятти, 18–22 сентября 2006 г.). Т. 1. Тольятти: Ин-т экологии Волжского бассейна. С. 79.

Вецлер Н.М. 2008. Некоторые аспекты современного состояния экосистемы озера Дальнее // Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хозва и океанографии. Вып. 11. С. 24–31.

Вецлер Н.М. 2009. Особенности распределения зоопланктона по акватории озера Дальнего // Тезисы докл. X Съезда Гидробиол. об-ва РАН. (Владивосток 28 сентября–2 октября 2009 г.). Владивосток: Дальнаука. С. 49.

Вецлер Н.М. 2012. Результаты многолетнего мониторинга термического режима озера Дальнего (по материалам 1981–2010 гг.) // Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 26. Ч. 1. С. 5–11.

Вецлер Н.М. 2014. Тенденции многолетних изменений температурного режима озера Дальнего (Камчатка) / Матер. Междунар. науч. конф. «Рыбохозяйственные водоемы России: фундаментальные и прикладные исследования», посвящ. 100-летию ГОСНИОРХ (Санкт-Петербург, 6–10 октября 2014 г.). Санкт-Петербург: ООО Процвет. С. 868–873.

Вецлер Н.М. 2015. Пелагические ракообразные озера Дальнего (Камчатка) как кормовые объекты молоди нерки / Матер. V Междунар. науч. конф., посвящ. памяти проф. Г.Г. Винберга «Функционирование и динамика водных экосистем в условиях климатических изменений и антропогенных воздействий» (Санкт-Петербург, 12–17 октября 2015 г.). СПб.: ЛЕМА. С. 298.

Вецлер Н.М., Погодаев Е.Г. 2011. Влияние трофических условий в озере Дальнем на массу тела и возрастную структуру смолтов нерки // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 165. С. 272–282.

Киселев И.А. 1969. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1. Л.: Наука. С. 140–416.

Кожевников Б.П. 1968. К вопросу о суточных вертикальных миграциях зоопланктона оз. Дальнего // Изв. ТИНРО. Т. 64. С. 139–150.

Кожевников Б.П. 1970. Многолетние изменения количества пелагического зоопланктона в оз. Дальнем и их причины // Изв. ТИНРО. Т. 73. С. 115–121.

Крогиус Ф.В. 1969. Продукция молоди красной *Oncorhynchus nerka* (Walb.) в оз. Дальнем // Вопр. ихтиологии. Т. 9. Вып. 6 (59). С. 1059–1076.

Крохин Е.М. 1948. Паратунские озера (гидрология, гидрография, биология). Дис. … докт. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КО ТИНРО. 286 с.

Крохин Е.М. 1957. Источники обогащения нерестовых озер биогенными элементами // Изв. ТИНРО. Т. 45. С. 29–35.

Крохин Е.М. 1967. Влияние размеров пропуска производителей красной на фосфатный режим нерестовых озер // Изв. ТИНРО. Т. 57. С. 31–54.

Крохин Е.М. 1974. К расчету количества аллохтонного органического вещества, поступающего в оз. Дальнее // Изв. ТИНРО. Т. 90. С. 93–96.

Крогиус Ф.В., Крохин Е.М., Меншуткин В.В. 1969. Сообщество пелагических рыб озера Дальнего. Л.: Наука. 86 с.

Крогиус Ф.В., Крохин Е.М., Меншуткин В.В. 1987. Тихоокеанский лосось (нерка) в экосистеме оз. Дальнего (Камчатка). Л.: Наука. 200 с.

Куренков И.И. 1970. Жизненный цикл *Neutrodiaptomus angustilobus* Sars. в оз. Дальнем (Камчатка) // Изв. ТИНРО. Т. 78. С. 157–169.

Куренков И.И. 1975а. Структура популяций *Cyclops scutifer* Sars в озерах Камчатки // Изв. ТИНРО. Т. 97. С. 147–156.

Куренков И.И. 1975б. Жизненный цикл *Daphnia longiremis* Sars в оз. Дальнем (Камчатка) // Изв. ТИНРО. Т. 97. С. 115–128.

Куренков И.И. 1978. Структура популяций и продукция пелагических ракообразных в двух мезотрофных озерах Камчатки // Тр. Всесоюзн. Гидробиологического общества. Т. 22. С. 208–215.

Куренков И.И. 1984. Биологические ресурсы внутренних водоемов Камчатки / Биологические ресурсы внутренних водоемов Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука. С. 87–98.

Куренков И.И. 2005. Зоопланктон озер Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 178 с.

Лазарева В.И. 2010. Структура и динамика зоопланктона Рыбинского водохранилища. М.: Тов-во науч. изданий КМК. 183 с.

Марковцев В.Г. 1972. Питание и пищевые отношения молоди красной и трехиглой колюшки озера Дальнего // Изв. ТИНРО. Т. 82. С. 227–233.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. 1984. Ред. Г.Г. Винберг, Г.М. Лаврентьева. Л.: Промрыбвод. 19 с.

Павельева Е.Б., Сорокин Ю.И. 1971. Изучение питания зоопланктона озера Дальнего на Камчатке // Тр. ИБВВ АН СССР. Вып. 22 (25). С. 56–63.

Ресурсы поверхностных вод СССР (Камчатка). 1973. Л.: Гидрометеоиздат. Т. 20. С. 33–42.

Погодаев Е.Г. 1993. Значение пресноводного периода в формировании цикличности поколений нерки озера Дальнего // Исслед. биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. Вып. 2. Петропавловск-Камчатский. С. 107–116.

Смирнов Н.Н. 2010. Историческая экология пресноводных зооценозов. М.: Тов-во науч. изданий КМК. 225 с.

Тиллер И.В. 1978. Селективность питания молоди красной в озере Дальнем // Изв. ТИНРО. Т. 102. С. 67–71.

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 // H.D. Smith, L. Margolis and C.C. Wood [ed.] Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management. Can. Spec. Publ. Aquat. Sci. V. 96. P. 216–234.

Kurenkov I.I. 1973. The biological cycles of pelagic copepods in the lakes of Kamchatka // Hydrobiologia. 43. N 1–2. P. 39–44.

УДК 597-153:574.583

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕЛАГИЧЕСКОГО ЗООПЛАНКТОНА ПО АКВАТОРИИ ОЗ. КУРИЛЬСКОГО В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2010–2014 ГГ.

Т.В. Бонк

Ст. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: bonk.t.v@kamniro.ru

ПЛАНКТОННЫЕ РАКИ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТЬ СТАНЦИИ, КУРИЛЬСКОЕ ОЗЕРО, КАМЧАТКА

В работе исследовалось пространственное распределение зоопланктона в пелагиали озерной акватории для оценки показателей обилия кормового зоопланктона. С этой целью анализировались видовой состав, структурные характеристики, количественные показатели зоопланктонного сообщества из основных районов озера. Анализ полученных данных показал, что выбор станции в центральной части озера для мониторинга состояния кормового зоопланктона был разумным и достаточным.

SUMMER DISTRIBUTION OF PELAGIC ZOOPLANKTON IN THE WATERS OF KURILSKOYE LAKE IN 2010–2014

T.V. Bonk

Senior Scientist; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: bonk.t.v@kamniro.ru

PLANKTON CRUSTACEANS, DISTRIBUTION, STATION REPRESENTATIVENESS, KURILSKOYE LAKE, KAMCHATKA

Spatial distribution of zooplankton in the pelagic waters of Kurilskoye Lake was analyzed to evaluate forage zooplankton abundance. The evaluation included analysis of the species composition, the structural parameters, the quantitative indexes of zooplankton communities in major sites of the lake. The results say in favour of right choise of station in the central part of the lake to provide correct and representative monitoring for the sustainability of the forage zooplankton.

Гидробиологические исследования на оз. Курильском в пелагиали были начаты с 1941 г. в связи большой значимостью его как нагульного водоема для молоди нерки. Основными кормовыми организмами молоди в оз. Курильском являются планктонные раки, которые относятся к холодноводным пелагическим видам, адаптированным к условиям проживания в таком глубоком олиготрофном водоеме в отношении пищевых предпочтений (Миловская, 1986; Лепская, Бонк, 2004; Бонк, Лепская, 2010). В доминирующий комплекс пелагического зоопланктонного сообщества входит два вида ракообразных (*Cyclops scutifer* Sars. и *Daphnia longiremis* G.O. Sars.) и 8 видов коловраток: *Asplanchna priodonta* (Gosse), *Keratella cochlearis (*Laut), *K. quadrata (*Carl.), *Kellicottia longispina* (Kell.), *Filinia terminalis* (Pl.), *Notholca squamula* (Müller), *Polyarthra major* (Burckh.), *Synchaeta oblonga* (Ehrenberg). Небольшой видовой состав ракового планктона усиливает внимание к его количественным характеристикам.

Ранее работы по распределению зоопланктона по акватории озера были проведены Л.В. Миловской (1986) в 1980 и 1981 гг. В работе были показаны неравномерность пространственного распределения копеподного планктона в пелагиали и что одним из основных факторов, способствующих вертикальному и горизонтальному перемешиванию озерных вод, является ветровое влияние. Так как в настоящее время имеются значительные расхождения в показаниях о силе и направлении ветра на метеопосту и на самом водоеме, нам кажется нецелесообразным использовать данный фактор. Более 50 лет показатели обилия кормового зоопланктона оценивались по сборам с постоянной станции в центре озера. Несмотря на это, оставался открытым вопрос о репрезентативности данных в

центре озерной пелагиали, относительно бухт и заливов, где проходит массовый нагул молоди. Такая работа была уже проведена в отношении фитопланктона оз. Курильского (Лепская, 2004).

Цель данной работы — провести сравнение количественных показателей зоопланктона на разных станциях пелагиали озера в летний период 2010–2014 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для работы послужили сборы зоопланктона летом 2010–2014 гг. Для изучения распределения зоопланктона были выбраны шесть основных районов озера с соответствующей глубиной и концентрацией зоопланктона. Основанием для выбора данных районов в характеризуемый период послужили предыдущие исследования. Пробы отбирали малой сетью Джеди, диаметр входного отверстия —12 см, газ № 67 путем тотального облова слоя 0–100 м, одновременно пробы собирали на постоянной станции № 2 при облавливаемом слое 0–200 м (табл. 1). Всего было обработано 79 планктонных проб. Пробы зоопланктона обрабатывали по стандартной гидробиологической методике (Киселев, 1956). Массу зоопланктонных организмов определяли согласно таблице весов (Косова, 1961; Куренков, 1970; Носова, 1970). Видовое сходство и количественное развитие зоопланктона на разных участках пелагиали озера сравнивали по индексу биотического сходства $K=\Sigma \min (a^1, a^2)$, представляющий собой сумму минимальных значений видов в долях от общей численности и биомассы на двух сравниваемых станциях (Константинов, 1979). Для определения репрезентативности данных постоянной станции «Центр» оз. Курильского в отношении других пелагических станций был использован дисперсионный анализ и парный t-тест для средних (Лакин, 1990).

Таблица 1. Станции отбора проб зоопланктона

№	Станция	Координаты	Слой облова
1	Юг	N 51°25′35,1» E 157°02′43,0»	0–100 м
2	Центр	N 51°27′50,3» E 157°06′22,4»	0–100 м, 0–200 м
3	Восток	N 51°26′30,1» E 157°09′45,6»	0–100 м
4	Север	N 51°30′20,7» E 157°04′46,9»	0–100 м
5	Исток	N 51°28′23,9» E 157°02′42,9»	0–100 м
6	Гаврюшка	N 51°24′50,4» E 157°07′00,2»	0–100 м

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика зоопланктонного сообщества в пелагиали летом в 2010–2014 гг.

Зоопланктонное сообщество в летний период 2010–2014 гг. представлено характерным холодноводным комплексом, существующим в озере круглогодично. *Cyclops scutifer* является абсолютно доминирующим видом, чему способствуют постоянное наличие пищи и отсутствие конкурирующих видов. Рачок обитает повсеместно и занимает всю толщу воды до глубины 300 м. *Daphnia longiremis* — второй по значимости вид пелагических ракообразных, который при своей невысокой численности и биомассе составляет существенную часть пищевого рациона нагуливающейся молоди (Носова, 1988).

Коловратки — самая количественно нестабильная группа зооорганизмов. Численность их по станциям может меняться в 2–3 раза. Среди коловраток наиболее обильны были *Keratella quadrata, Kellicottia longispina, Notholca squamula, Synchaeta oblonga*. Наибольшую биомассу (летом 2010–2014 гг.) создавали *Asplanchna priodonta,* самый крупный и непостоянный представитель сообщества в озере, а также *N. squamula, S. oblonga*. В июле 2014 г. их биомасса соответствовала биомассе циклопов 44:44%. Видовой состав зоопланктона был идентичен на всех исследуемых станциях по акватории озера. Зоопланктонное сообщество оз. Курильского относится к копеподно-коловраточному типу и может несколько изменяться в зависимости от соотношения относительных долей входящих в него групп в общей численности и биомассе (табл. 2).

Индекс биотического сходства (К) станций озерной пелагиали составляет 89–93% по численности и 79–80% по биомассе, что говорит о показательности данных ст. Центр в отношении других участков пелагиали.

Исследования летом 2010–2014 гг. показали, что изменение численности основных групп зоопланктона имеет общую внутрисезонную динамику, несмотря на межгодовые отличия в количестве организмов по станциям (рис. 1).

Дисперсионный анализ показал, что эмпирическое значение меньше критического (Fэмп.<Fкрит), нулевая гипотеза была принята, и чем больше разница этих значений, тем больше совпадений сравниваемых характеристик. У дафний Fэмп. несколько выше критического, в этом случае можно сказать, что достоверность различий близка к порогу вероятности. Различия в средних по выборке ст. Центр и общей средней по станциям при парном t-тест статистически не значимы, и в этом случае (P>0,05) гипотеза не отвергается (табл. 3).

Таблица 2. Структурные характеристики зоопланктона оз. Курильского летом 2010–2014 гг.

Показатель		Станции					
		1	2	3	4	5	6
N rot:Nclad:Ncop %	VII.2010	82:1:17	86:0:14	0:0:100	72:1:27	71:0:29	74:0:26
Brot:Bclad:Bcop %		23:1:76	22:1:77	0:0:100	8:20:72	10:0:79	13:1:87
N rot:Nclad:Ncop %	VIII.2010	32:0:68	83:0:16	33:0:66	0:2:98	40:0:59	32:0:68
Brot:Bclad:Bcop %		3:0:97	14:2:84	3:1:96	0:8:92	3:1:96	4:1:95
N rot:Nclad:Ncop %	VI.2011	30:0:70	8:1:91	нет	10:1:89	15:0:85	61:0:39
Brot:Bclad:Bcop %		2:0:98	2:1:97	нет	0:1:99	0:0:100	3:0:97
N rot:Nclad:Ncop %	VII.2011	40:0:60	39:1:60	50:0:49	18:2:80	42:2:57	44:1:55
Brot:Bclad:Bcop %		3:0:97	2:4:94	3:2:95	1:5:94	2:3:95	1:5:94
N rot:Nclad:Ncop %	VIII.2011	33:1:66	45:0:54	59:1:40	50:0:50	16:1:83	59:0:41
Brot:Bclad:Bcop %		3:4:93	3:2:95	3:0:97	2:3:95	2:4:94	5:0:95
N rot:Nclad:Ncop %	VII.2012	83:0:17	83:0:17	68:1:31	75:0:25	61:0:39	84:0:16
Brot:Bclad:Bcop %		24:0:76	21:8:71	14:11:75	16:0:83	9:1:90	25:6:69
Nrot:Nclad:Ncop %	VIII.2012	57:0:42	80:0:19	85:0:15	53:0:47	60:0:40	нет
Brot:Bclad:Bcop %		12:3:85	28:1:71	28:0:72	13:0:87	11:3:86	нет
Nrot:Nclad:Ncop %	VI.2013	13:3:84	46:0:54	35:1:65	59:1:40	44:1:55	нет
Brot:Bclad:Bcop %		0:7:93	2:0:98	2:2:96	2:13:85	1:3:96	
Nrot:Nclad:Ncop %	VII.2013	61:1:38	62:0:38	58:1:41	59:0:41	1:99	78:0:22
Brot:Bclad:Bcop %		6:4:90	3:4:93	4:8:88	4:3:93	0:2:98	89:1:10
Nrot:Nclad:Ncop %	VIII.2013	59:0:41	87:0:12	85:0:15	91:0:9	81:0:19	76:0:23
Brot:Bclad:Bcop %		13:1:86	48:3:49	35:1:64	42:5:53	37:0:62	22:5:73
Nrot:Nclad:Ncop %	VII.2014	85:0:15	91:0:9	84:0:16	91:0:9	93:0:6	95:0:4
Brot:Bclad:Bcop %		29:20:51	46:10:44	34:12:55	51:9:40	48:24:28	55:7:39
K(средний)%		93/79	89/79	93/79	93/79	90/79	89/80

Примечание: N — численность; B — биомасса; rot. — Rotifera; clad. — Cladocera; cop. — Copepoda; K — индекс биотического сходства N/B, рассчитанный для каждой станции в сравнении с другой.

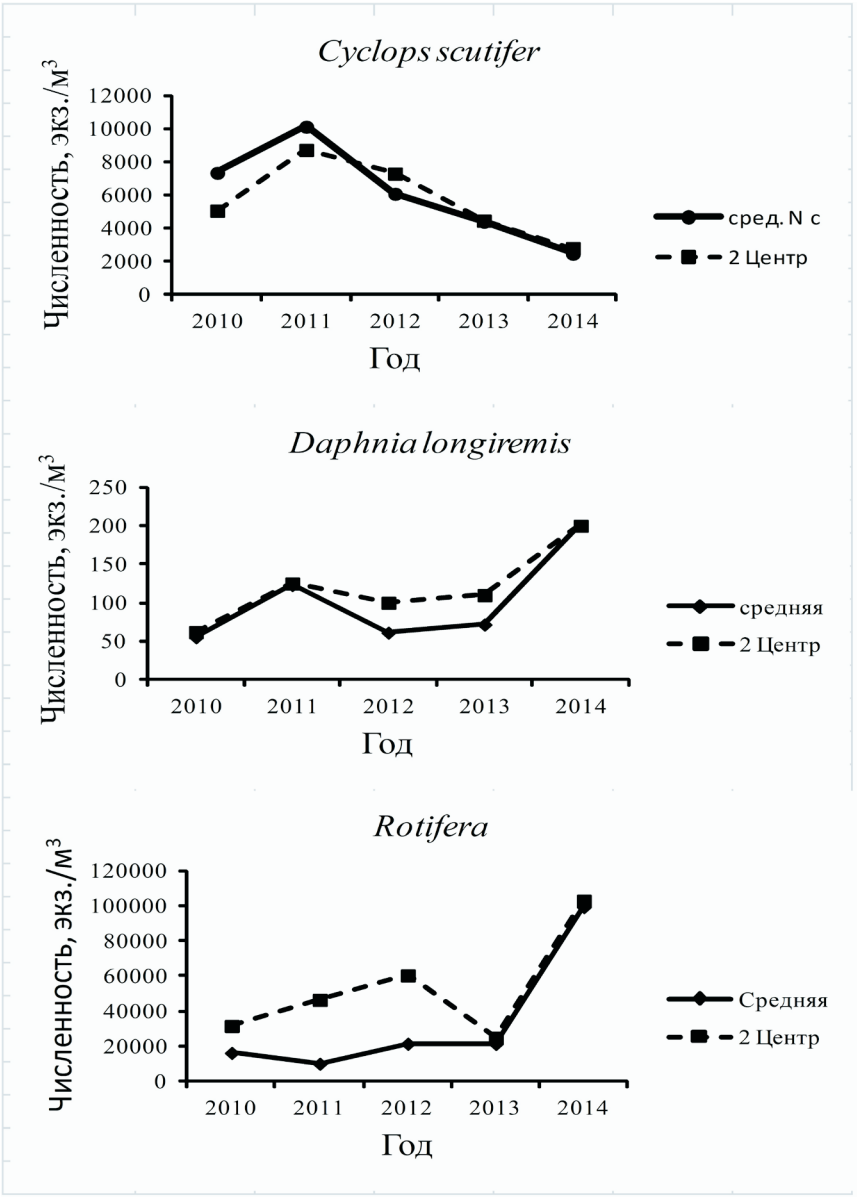


Рис. 1. Межгодовая динамика численности зоопланктона (средняя) за лето по станциям и на постоянной станции 2 (Центр), глубина облова 200–0 м

Таблица 3. Статистический анализ между станциями (группами) и ст. Центр и общей средней по озеру

Группы (станции)	Однофакторный дисперсионный анализ					
Между гр-ми	*C. scutifer*		*D. longiremis*		Rotifera	
F эмп.	0,43		0,75		0,39	
F крит.	0,86		0,60		0,88	
Парный двухвыборочный t-тест для средних						
	Ст. Центр	Среднее	Ст. Центр	Среднее	Ст. Центр	Среднее
Среднее	9592	8884	108	89	33 017	24 692
σ (среднеквад. отк)	5688	4650	68	75	36 793	32 368
Наблюдения	11	11	11	11	11	11
df (степ. своб.)	10	10	10		10	
t-статистика	0,54		1,14		1,40	
P(T<=t) двухстор.	0,60		0,28		0,19	
tкритич. двухстор.	2,23		2,23		2,23	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ полученных данных характеристик зоопланктона показал, что стандартная станция в центральной пелагиали может считаться репрезентативной в отношении количественной оценки кормового зоопланктона.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю благодарность М.Г. Фельдману за помощь в выборе и проведении статистического анализа данных по зоопланктону.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бонк Т.В., Лепская Е.В. 2010. Спектр питания *Daphnia longiremis* Sars в пелагиали оз. Курильского (Камчатка) // Тез. докл. IV Междунар. науч. конф. памяти Г.Г. Винберга. СПб. С. 29.

Киселев И.А. 1956. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. Л.: ЗИН АН СССР. Т. IV. Ч. 1. С. 253–258.

Константинов А.С. 1979. Общая гидробиология. М.: Высшая школа. 431 с.

Косова А.А. 1961. Вычисленные веса некоторых форм зоопланктона низовьев дельты Волги // Тр. Астрахан. заповедника. Вып. 5. С. 171–158.

Куренков И.И. 1970. Биологический цикл и продукция *Daphnia longiremis* Sars в оз. Дальнем // Петропавловск-Камчатский. Ко ТИНРО. 52 с.

Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М.: Высшая школа. 350 с.

Лепская Е.В. 2004. Многолетняя динамика численности и биомассы фитопланктона озера Курильского и определяющие ее факторы // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 7. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 79–87.

Лепская Е.В., Бонк Т.В. 2004. Влияние качества и количества пищи на рост и размножение *Cyclops scutifer* в оз. Курильском (Камчатка) // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: Матер. Междунар. конф. Петрозаводск: Карел. науч. центр. С. 82.

Миловская Л.В. 1986. Общая характеристика летнего распределения кормового копеподного планктона в Курильском озере // Комплексные исслед. озера Курильского. Владивосток: ДВГУ. С. 71–82.

Носова И.А. 1970. Данные по биологии размножения и развития *Cyclops scutifer* Sars оз. Курильского // Изв. ТИНРО. Магадан. Т. 78. С. 171–158.

Носова И.А. 1988. Биология и динамика численности *Daphnia longiremis* Sars в оз. Курильском // Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки. Владивосток. С. 38–50.

УДК 597.541-152.6(265.5)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕРЕСТИЛИЩ КОРФО-КАРАГИНСКОЙ СЕЛЬДИ

А.А. Бонк[1], С.В. Агафонов[2]

[1] Доцент, к. б. н.; ФГБОУ ВО Камчатский государственный технический университет
683003, Петропавловск-Камчатский, Ключевская, 35
Тел., факс: (4152) 300-876. E-mail: bonk_aa@kamchatgtu.ru
[2] Инженер; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: agafonov.s.v@kamniro.ru

КОРФО-КАРАГИНСКАЯ СЕЛЬДЬ, ЗАЛИВЫ АНАПКА, УАЛА, КОРФА, НЕРЕСТ, ТИПЫ НЕРЕСТИЛИЩ, УСЛОВИЯ

В современный период основными районами воспроизводства корфо-карагинской сельди являются заливы Корфа, Анапка и Уала. Для нереста сельдью используются три типа нерестилищ: лагунные, береговые закрытые и береговые открытые. Во всех заливах для икрометания сельдь в основном выбирает нерестилища лагунного типа. В заливе Корфа нерест регулярно происходит и на береговых открытых, а в заливе Анапка — на береговых закрытых. Гидрологический режим в период нереста для каждого типа нерестилищ различен.

COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF KORF-KARAGINSKY HERRING SPAWNING GROUNDS

A.A. Bonk[1], S.V. Agafonov[2]

[1] Associate Professor, Ph. D. (Biology), Kamchatka State Technical University
683003, Petropavlovsk-Kamchatsky, Kluchevskaya Str., 35
Tel.: (4152) 300-876. E-mail: bonk_aa@kamchatgtu.ru
[2] Researcher Engineer; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel.: (4152) 41-27-01. E-mail: agafonov.s.v@kamniro.ru

KORF-KARAGINSKY HERRING, ANAPKA GULF, UALA GULF, KORFA GULF, SPAWN, TYPE OF SPAWNINGS, CONDITIONS

Nowadays the basic areas of korfo-karaginskay herring reproduction are gulfs: Korfa, Anapka and Uala. For spawning three types are used: lagoons and coastal of closed and coastal of open. In all gulfs for basically chooses for egg-laying the lagoon type spawning. Besides, spawning regularly occurs and on coastal open areas of Korfa gulf, but in the gulf Anapka it takes place in the coastal closed places. The hydrological mode during spawn period for each type of spawning is various.

Корфо-карагинская сельдь (*Clupea pallasii Val.*) — один из важнейших промысловых объектов в западной части Берингова моря. Ее нерест наблюдался в разных местах Карагинского залива и заливе Корфа. Икрометание отмечалось в прибрежной зоне островов Карагинский и Верхотурова; имеются свидетельства о нересте сельди также в Олюторском заливе (Качина, Прохоров, 1966; Прохоров, 1967; Качина, 1981; Науменко, 2001; Науменко, Бонк, 2002; Бонк, 2004, 2005, 2008; Бонк, Науменко, 1999; Bonk, Dubinina, 2003). Современная область размножения корфо-карагинской сельди начала складываться с второй половины 1970-х годов. В настоящее время основное ее воспроизводство происходит в заливах Уала, Анапка и Корфа, причем до 90% производителей нерестятся в первых двух (Качина, 1981; Науменко, 2001; Бонк, 2004).

Рассмотрим, что в настоящее время представляют собой нерестилища сельди в современных районах воспроизводства — заливах Корфа, Анапка и Уала.

Наблюдения за воспроизводством корфо-карагинской сельди показали, что из трех типов нерестилищ (лагунных, береговых открытых и береговых закрытых) для нереста преимущественно используются нерестилища лагунного типа, а нерестилища других типов используются редко (Качина, Прохоров, 1966; Прохоров, 1967; Качина, 1981; Науменко, 2001; Науменко, Бонк, 2002; Бонк, 2004, 2005, 2008; Бонк, Науменко, 1999; Bonk, Dubinina, 2003).

Лагунные нерестилища расположены во всех трех заливах, составляющих современный нерестовый ареал. Они приурочены к аккумулятивным участкам побережья и характеризуются преобладанием мягких грунтов, представленных мелкозернистыми донными осадками (песками, алевритами, перлитами), малопригодными для обитания большинства видов водорослей. Фитоценозы на таких нерестилищах занимают обширные площади дна и располагаются вдоль берега хорошо выраженными плотными или мозаичными поясами (Клочкова, Бонк, 2003; Клочкова и др., 2004). Как правило, их видовой состав очень беден. Для таких участков типичны заросли морских трав (*Zostera marina и Z. nana*), относящихся к взморниковым и имеющих хорошо развитую корневую систему. У нижней границы литоральной зоны в таких районах обычно развит пояс ламинариевых водорослей с доминированием *Laminaria gurjanovae*.

Для лагунных нерестилищ под влиянием приливно-отливных течений характерно значительное изменения условий среды, особенно это существенно в период сизигии. В период отливов осыхают значительные площади нерестилищ. Так, в заливе Анапка у м. Валахыл площадь осушки при ежедневных отливах может составлять 2,0–2,5 км^2, а в период сизигии — до 5 км^2. Колебания уровня воды приводят к резкому изменению ее температуры. Если в полную воду в период развития икры сельди температура колеблется в пределах 2,1–4,0 С, то при отливе и в ясные дни — до 12–17 °С и даже 21 °С. Из-за значительного количества пресного стока соленость на нерестилищах также подвержена значительным колебаниям (2,8–30‰), но обычно в пределах от 20,2 до 24,4‰. Содержание кислорода на этих нерестилищах также варьирует и может колебаться от 2,16 до 10,7 мг/л (Качина, 1981; Науменко, 1995; Бонк, 2004, 2008; Bonk, Dubinina, 2003). Благодаря местоположению, нерестилища лагунного типа защищены от волнового воздействия, и выбросов обыкренного субстрата в этих районах практически не наблюдается.

Береговые открытые и береговые закрытые нерестилища приурочены к абразионным и абразионно-аккумулятивным участкам морского дна и отличаются разнообразием грунтов. Среди таковых преобладают скальные и крупнообломочные (глыбы, валуны, гальки) грунты, благоприятные для прикрепления водорослей. Фитоценозы нерестилищ берегового типа более разнообразны по видовому составу, чем на лагунных. Они состоят из небольших по площади растительных группировок и характеризуются пестрым, мозаичным распределением. На таких нерестилищах из 70 видов водорослей и морских трав, характерных для мелководной части, отмечено 68 (Клочкова, Бонк, 2003; Клочкова и др., 2004).

Из-за особенностей расположения нерестилищ берегового типа, воздействие на них периодических течений носит иной характер, по сравнению с лагунными нерестилищами. Колебания уровня воды при отливах для большинства нерестилищ этого типа незначительны. В период отливов большая часть растительности находится под водой. Термический режим более стабилен: температура воды колеблется в пределах 2,5–4 °С, а при отливе — 4–5,5 ºС. Соленость — 29–30,3‰. Но на береговых открытых нерестилищах под влиянием нагонных ветров и штормовой деятельности возможны массовые выбросы обыкренного субстрата (Прохоров, 1947; Качина, 1981; Бонк, Науменко, 1999; Науменко, 2001; Бонк, 2004).

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. Владивосток: ТИНРО-Центр. 24 с.

Бонк А.А. 2005. Элиминация икры корфо-карагинской сельди (*Clupea pallasii*) в процессе инкубации // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 143. С. 21–34.

Бонк А.А. 2008. Особенности воспроизводства корфо-карагинской сельди в современный период // Современное состояние водных биоресурсов. Матер. науч. конф. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 33–36.

Бонк А.А., Науменко Н.И. 1999. О нересте корфо-карагинской сельди в 1998 г. // Тез. докл. конф. «Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки». С. 47.

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

Качина Т.Ф., Прохоров В.Г. 1966. Корфо-карагинская сельдь // Рыбное хозяйство. № 11. С. 14–16; № 12. С. 4–5.

Клочкова Н.Г., Бонк А.А. 2003. Современный видовой состав альгофлоры в разных районах воспроизводства корфо-карагинской сельди / Матер. IV Науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 18–19 ноября 2003 г.). С. 201–203.

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

Науменко Н.И. 1995. Выживание корфо-карагинской сельди на первом году жизни // Исслед. биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Сб. науч. тр. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Вып. 3. С. 49–56.

Науменко Н.И. 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский. Камчатский печатный двор. 330 с.

Науменко Н.И., Бонк А.А. 2002. Промысел нерестовой корфо-карагинской сельди // Рыбное хоз-во № 5. С. 27–28.

Прохоров В.Г. 1967. О типах нерестилищ тихоокеанской сельди // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 61. С. 328–330.

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. 12th Annual meeting. Seoul, Republic of Korea. FIS-9010. P. 129.

УДК 595.37(265.53)

НЕПРОМЫСЛОВЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-КАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА В 2013–2014 ГГ.

И.А. Блохин

Мл. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: ivblokhin@gmail.com

НЕПРОМЫСЛОВЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ, АМФИПОДЫ, БИОМАССА, ПЛОТНОСТЬ ПОСЕЛЕНИЯ

В результате обработки 163 проб бентоса, собранного в северной части Западно-Камчатского шельфа в 2013–2014 гг. обнаружено 186 видов непромысловых ракообразных, принадлежащих к 6 таксономическим группам. Ракообразные на исследованной акватории были распространены практически повсеместно, их средняя биомасса составила 1,53±0,43 г/м^2 и была несколько больше в северной части акватории, а плотность поселения в южной части. Доминировали в районе исследований на разнообразных, чаще всего смешанных, грунтах разные виды.

THE NON-TARGET CRUSTACEANS OF THE NORTHERN PART OF THE WEST-KAMCHATKAN SHELF IN 2013–2014

I.A. Blokhin

Researcher; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: ivblokhin@gmail.com

NON-COMMERCIAL CRUSTACEANS, AMPHIPODS, BIOMASS, DENSITY OF SETTLEMENT

186 species of non-target crustacean species from 6 taxonomic groups were identified as a result of processing of 163 samples of benthos, collected in the northern part of the West Kamchatkan shelf in 2013–2014. On the area of the research the crustaceans were met everywhere, and their mean biomass was 1.53±0.43 g/m^2, being little bit higher in the northern part of the area, whereasa the density of settlements was higher in the southern part. Different species were dominants in the area of the research on different, in most cases mixed, grounds.

Обильные скопления бентоса на прикамчатском мелководье обеспечивают откорм крабов, камбал, палтусов, трески и других гидробионтов с донным типом питания. В Охотском море биомасса бентоса в среднем составляет 220 г/м^2, а в наиболее продуктивных районах — до 400 г/м^2 (Моря СССР.., 2011–2017). Однако при анализе этих величин следует учитывать значительную долю некормового и малокормового бентоса (крупные моллюски, усоногие ракообразные, крупные иглокожие и т. п.). На этом фоне возрастает пищевая роль непромысловых ракообразных, таких как: амфиподы, изоподы, кумовые раки, остракоды, мизиды и т. п., которые входят в состав кормового бентоса взрослых гидробионтов и иногда составляют основу рациона молоди многих видов донных рыб и крабов (Дьяков, 2011; Надточий и др., 2007; Тарвердиева, 1974; Залесская, 1969).

Цель данной работы — определить таксономический состав, провести количественную оценку и выявить пространственную структуру поселений и биомассы некоторых основных групп непромысловых ракообразных в северной части Западно-Камчатского шельфа, важного района дальневосточных морей, являющегося местом нагула молоди камчатского и других видов крабов и многих видов донных рыб (Виноградов, 1969; Слизкин, Сафронов, 2000).

Материалом послужили сборы бентоса, выполненные сотрудниками КамчатНИРО во время рейсов на НИС «Пробатов» и НИС «ТИНРО» в северной части Западно-Камчатского шельфа в летний полевой сезон 2013, 2014 гг. В диапазоне глубин 16–565 м выполнено 56 бентосных станций, собрано 163 количественные пробы. Материал собирали по стандартной методике дночерпателем «Океан-50» с площадью раскрытия 0,25 м^2 (Нейман,1983). Грунт промы-

вали через систему сит с ячеей нижнего 1 мм. При обработке проб в лаборатории для каждой станции производили взвешивание и подсчет количества экземпляров (фиксированных 4%-м раствором формалина) с дальнейшим пересчетом на 1 м^2 поверхности дна. Массу тела ракообразных определяли после просушивания их на фильтровальной бумаге до исчезновения мокрых пятен. Животных взвешивали на электронных весах с точностью до 1 мг.

Видовой состав ракообразных

Всего в пробах зарегистрировано 186 видов ракообразных из 75 родов и 30 семейств, принадлежащих к шести таксономическим группам. При этом более 90% от численности и около 78% биомассы приходилось на представителей трех отрядов: амфиподы (гаммариды) (66,3% по численности и 69,22% биомассы), кумовые раки (14,06% и 5,41%) и остракоды (12,15% и 3,15%).

Фауна гаммарид (Gammaridea) на исследуемой акватории была представлена 147 видами. В 2013 г. было определено 116 видов, а в 2014 г. — 122 вида. Из них 92 вида гаммарид встречены в течение двух лет практически на одних и тех же точках и глубинах и были довольно массовыми. Из общего количества видов, отмеченных на исследуемой акватории, 24 были встречены только в 2013 г., а в 2014 г. было определено 30 видов, не встреченных в предыдущем году.

Самими массовыми видами, как по биомассе, так и по частоте встречаемости были представители семейств Ampeliscidae (*Ampelisca furcigera, Ampelisca macrocephala, Byblis erythrops, Byblis longicornis*), являющихся фильтраторами; сем. Lysianassidae и Melitidae — хищники и некрофаги (*Anonyx nugax, Paratryphosites abyssi, Anonyx lilljeborgi, Psammonyx kurilicus, Hippomedon granulosus, Melita denata, Melita* sp.). Также массово отмечены представители семейств Phoxocephalidae, Ischyroceridae, Oedicirotidae, имеющие небольшие размеры и, соответственно, малую массу. Данные виды отмечены в основном на заиленных грунтах на глубинах от 90 до 350 м.

Представители подотряда капрелид (Caprellidea) встречены нами на 9 станциях. Так как капрелиды являются очень хрупкими организмами, сохранить их целостность для видового определения было довольно сложно. Поэтому достоверно удалось определить лишь три вида: *Caprella punctata*, *Caprella linearis* и *Caprella borealis*. Остальные капрелиды были обозначены нами как *Caprellidea fam.* sp. Представители данного подотряда встречались на илистых, песчаных и каменистых грунтах.

Кумовых раков в 2013 г. до вида не определяли. В 2014 г. было определено 24 вида кумовых, принадлежащих к 4 семействам и 6 родам. Самыми массовыми из этого отряда были представители сем. Leuconidae: *Eudorellopsis derzhavini*, *Eudorellopsis biplicata*. Как и амфиподы, кумовые раки преобладали на песчаных заиленных грунтах (ил, илистый песок, песок и мелкий илистый песок).

Представители отрядов Isopoda, Decapoda и Mysidacea встречались единично и до вида, как правило, не определялись.

Ракушковые раки (Ostracoda) отмечены на 20 станциях и на некоторых станциях имели довольно большую численность (до 148 экз./м^2). Их видовая принадлежность также не определялась.

Плотность поселения и биомасса

Непромысловые ракообразные встречались в пределах исследуемого района в 2013 и 2014 гг. практически повсеместно. Их биомасса варьировала от 0,01 до 4,831 г/м^2 в 2013 г. и 14,84 г/м^2 в 2014 г., а средняя величина составила 1,418±0,226 г/м^2 в 2013 г. и 1,642±0,526 г/м^2 в 2014 г. Вклад в общую биомассу бентоса в среднем был 0,3%, но в местах скоплений амфипод достигал 8,7%.

Максимальная биомасса в 2013 г. (4,831 г/м^2 при плотности поселения 245 экз./м^2) была отмечена на глубине 351 м (грунт — илистый песок и мелкие камни). Видовое богатство было высоким (26 видов), но доминировали только три вида: *Hippomedon pacificus* (0,938 г/м^2 при плотности поселения 20 экз./м^2), *Melita* sp. (1,536 г/м^2, 112 экз./м^2) и более мелкий *Ischyrocerus kraschenninnikovi* (0,236 г/м^2, 52 экз./м^2).

В 2014 г. максимальная биомасса (14,84 г/м^2 при плотности поселения 92 экз./м^2) была отмечена на песчано-каменистом грунте на глубине 424 м. Видовое разнообразие было представлено 14 видами, но по биомассе доминировали три: декаподы *Eualis* sp. (9,84 г/м^2, 12 экз./м^2) и *Spirontocaris intermedia* (2,992 г/м^2, 4 экз./м^2); и амфипода *Eusirus cuspidatus* (1,594 г/м^2, 60 экз./м^2). Если не учитывать биомассу декапод, которые попадались единично (они намного подвижнее мелких организмов и, вполне вероятно, могут избежать попадания в дночерпатель), то максимальная биомасса остальных ракообразных была отмечена на илистом песке на глубине 460 м (2,735 г/м^2, 129 экз./м^2). Видовое разнообразие на этой точке было представлено 41 видом и состояло из 33 видов амфипод, 6 видов кумовых раков и по одному виду изопод и капрелид. Однако по биомассе доминировал всего один вид из семейства Ampeliscidae — *Haploops sibirica* (1,125 г/м^2, 6 экз./м^2) (его представители являются фильтраторами и строят кожистые тонкостенные домики в толще заиленного грунта).

На остальной акватории биомасса ракообразных была на порядок ниже и составляла в среднем 1,292 г/м^2 в 2013 г. и 1,12 г/м^2 в 2014 г. Резких колебаний биомассы в зависимости от глубины отмечено не было, но в 2013 г. существовали небольшие пятна повышенной биомассы на глубинах 89 и 116 м и 250–350 м. В 2014 г. также отмечалось небольшое увеличение биомассы на глубинах около 120 м и 460 м.

Плотность поселения ракообразных на Западно-Камчатском шельфе составила в среднем 120±17,87 экз./м^2 в 2013 г. и 71±12,5 экз./м^2 в 2014 г.

Максимальная плотность поселения в 2013 г. (406 экз./м^2, 2,116 г/м^2) отмечена на глубине 90 м на илистом и песчаном грунте. Видовое разнообразие на этой станции было представлено 25 видами, по численности преобладали остракоды (123 экз./м^2 и 0,411 г/м^2) и амфиподы: *Hippomedon propinguus eous* (68 экз./м^2, 0,204 г/м^2), *Melita* sp. (64 экз./м^2, 0,232 г/м^2) и *Bathymedon* sp. (27 экз./м^2, 0,024 г/м^2). Плотность поселения остальных видов, встреченных на этой точке, не превышала 10–16 экз./м^2.

В 2014 г. максимальная плотность зафиксирована на илистом грунте и глубине 247 м: 329 экз./м^2, 1,804 г/м^2. Видовой состав был представлен 42 видами амфипод и 8 видами кумовых раков. Из амфипод преобладали представители семейства Phoxocephalidae (10 видов) с плотностью поселения от 8 до 21,3 экз./м^2. Из кумовых раков максимальные показатели плотности поселения отмечены у *Eudorellopsis biplicata* (39 экз./м^2, 0,092 г/м^2).

Минимальные показатели численности ракообразных в 2013 г. отмечены на ст. 13 (глубина 11), ст. 11 (95 м) и ст. 7 (98 м), где плотность поселения составила 8, 27 и 34 экз./м^2 соответственно (рис. 3а). В 2014 г. минимум плотности приходился на ст. 6 (25 м), ст. 11 (95 м), ст. 5 (98 м), ст. 2 (89 м): 12, 12, 14 и 16 экз./м^2. Однако на ст. 2 и ст. 11, несмотря на низкие показатели численности, биомасса была довольно высокой и составляла 0,872 г/м^2 и 0,348 г/м^2. Это связано с преобладанием на илистых грунтах ст. 2 довольно крупной особи *Melita denata* (0,072 г/м^2) и представителей двух видов семейства Ampeliscidae (*Ampelisca furcigera* — 0,465 г/м^2, *Ampelisca derjugini* — 0,188 г/м^2). На ст. 11 на илистом грунте присутствовали крупные единичные особи *Anonyx nugax* (0,112 г/м^2), *Hippomedon granulosus* (0,044 г/м^2), являющиеся хищниками и некрофагами, и фильтраторы — *Ampelisca eschrichti* (0,044 г/м^2) и *Ampelisca macrocephala* (0,09 г/м^2).

Распределение плотности поселения на исследуемой акватории в большей степени зависело не от глубины, а от качественного состава субстрата. Наибольшие плотности поселения организмов присутствовали на илистых и песчаных грунтах, а наименьшие — на галечных, каменистых и, грунтах, представленных ракушей.

На Западно-Камчатском шельфе непромысловые ракообразные — постоянный компонент бентоса, из которых амфиподы, кумовые раки и остракоды занимают более 90% численности и около 78% биомассы. Средняя биомасса непромысловых ракообразных в районе исследований за 2013–2014 гг. составила 1,53±0,43 г/м^2. Биомасса ракообразных была несколько больше в северной части акватории, а плотность поселения — в южной части из-за различий в видовом составе (в северной части преобладали виды с более крупными размерами тела).

В северной части Западно-Камчатского шельфа на ракушечно-песчаных грунтах преобладают полифаги *A. Arcticus, Melita* sp. и *Maera* sp.; на грунтах с примесью ила доминируют фильтраторы из семейства Ampeliscidae (*H. sibirica, B. erythrops, A. macrocephala, A. furcigera*) и детритофаги из семейства Phoxocephalidae, зарывающиеся в грунт (*P. simplex*, *H. moiseevi*, *H. gurjanovae*). В местах развития гидроидов и других прикрепленных животных обильны комменсалы из семейств Ischyroceridae и Oedicerotidae. Широко распространены по всей акватории представители сем. Lysianassidae, являющиеся хищниками и некрофагами: *A. nugax, P. abyssi, A. lilljeborgi, P. kurilicus, H. granulosus.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Будникова Л.Л., *Безруков Р.Г.* 2008. Амфиподы (Amphipoda, Gammaridea) залива Петра Великого (Японское море): таксономический состав, обилие и зонально-географическая характеристика // Чтения памяти акад. О.Г. Кусакина. Владивосток: Дальнаука. Вып. 1. С. 6–49.

Василенко С.В. 1974. Капреллиды (Морские козочки) морей СССР и сопредельных вод. Л.: Наука. 87 с. (Определители по фауне СССР / Зоол. ин-т АН СССР; Вып. 107.)

Виноградов Л. Г. 1969. О механизме воспроизводства запасов камчатского краба (*Paralithodes camtschatica*) в Охотском море у западного побережья Камчатки // Тр. ВНИРО. Т. 65. С. 337–344.

Головань О.А., Малютина М.В. 2010. Равноногие раки (Isopoda) Ч. 1 // Биота российских вод Японского моря. Под ред. А.В. Ченышева // Владивосток: Дальнаука. Т. 9. 356 с.

Гурьянова Е.Ф. 1951. Бокоплавы морей СССР и сопредельных вод (Amphipoda – Gammaridea). Л.: Наука. 1029 с. (Определители по фауне СССР / Зоол. ин-т АН СССР. Вып. 41.)

Гурьянова Е.Ф. 1962. Бокоплавы северной части Тихого океана. Л.: Наука. Ч. 1. 440 с. (Определители по фауне СССР / Зоол. ин-т АН СССР. Вып. 74.)

Дьяков Ю.П. 2011. Питание дальневосточных камбал (Pleuronectiformes) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 21. С. 5–72.

Залесская Н.Т. 1969. Распределение донной фауны в южной части залива Шелихова (Охотское море) // Тр. ВНИРО. Т. 65. С. 233–247.

Константинов А.С. 1972. Общая гидробиология. М.: Высшая школа. 472 с.

Кудряшов В.А. 1968.Состав и закономерности распределения фауны бокоплавов (Amphipoda – Crustacea) северо-восточной части Охотского моря // Уч. зап. / Дальневост. гос. ун-т. Т. 15. Вып. 2. С. 86–116.

Ломакина Н.Б. 1958. Кумовые раки (Cumacea) морей СССР. Л.: Наука. 302 с. (Определители по фауне СССР / Зоол. ин-т АН СССР. Вып. 66.)

Надточий В.А., *Будникова Л.Л.*, *Безруков Р.Г.* 2007. Некоторые результаты бонитировки бентоса в российских водах дальневосточных морей: состав и количественное распределение (Охотское море) // Изв. ТИНРО. Т. 149. С. 310–337.

Нейман А.А. 1983. Рекомендации по исследованию бентоса шельфов. М.: ВНИРО. 24 с.

Слизкин А.Г., *Сафронов С.Г.* 2000. Промысловые крабы прикамчатских вод // Петропавловск-Камчатский: Северная Пацифика. 180 с.

Тарвердиева М.И. 1974. Распределение и питание мальков камчатского краба *Paralithodes camtschatica* у западного побережья Камчатки // Тр. ВНИРО. Т. 99. Вып. 5. С. 54–62.

Barnard J.L., Karaman G.S. 1991. The families and genera of marine gammaridean Amphipoda (except marine gammaroids) // Rec. Austral. Mus. V. 13, No. 1–2. P. 1–866.

2011–2017 гг. Моря СССР. Моря и океаны России. Атлас морских млекопитающих. Приматы моря. Экологическое обучение. [Электронный ресурс] // URL: http://www.bruo.ru/ Режим доступа свободный (Дата обращения 28.04.2017).

УДК 574.34

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВА ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ В ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА АЗАБАЧЬЕГО В 2011–2016 ГГ.

Л.А. Базаркина

Вед. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01, 22-63-54. E-mail: bazarkina.l.a@kamniro.ru

ПЛАНКТОННЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ, ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПИЩЕЙ, ПРЕСС РЫБ-ПЛАНКТОНОФАГОВ И БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ХИЩНИКОВ

На основании популяционно-аналитических исследований популяций планктонных ракообразных оз. Азабачьего определены факторы, регулирующие динамику численности основных представителей планктонного сообщества пелагиали водоема в 2011–2016 гг. Установлено, что численность циклопов в 2011–2016 гг. определяла, главным образом, температура среды обитания взрослых рачков, дафний — трофические условия при мощном прессе рыб-планктонофагов.

THE FUNCTIONAL SPECIFICS OF THE COMMUNITY OF PLANKTON CRUSTACEANS IN THE PELAGIC ZONE OF AZABACHYE LAKE IN 2011–2016

L.A. Bazarkina

Leading Scientist, Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01, 22-63-54. E-mail: bazarkina.l.a@kamniro.ru

PLANKTON CRUSTACEANS, FOOD SUPPLY, PRESSURE OF PLANKTON-EATING FISH AND INVERTEBRATE PREDATORS

Factors of regulation of stock abundance dynamics of major representatives of plankton community in the pelagic zone of Azabachye Lake were figured out on the base of analytic population research of plankton crustaceans in 2011–2016. It is found, that the abundance of cyclops in 2011–2016 was generally influenced by the water temperature in the habitats of adult individuals, and the abundance of daphnias – by conditions of feeding at an intense pressure of plankton-eating fish.

Важным компонентом озерных экосистем является сообщество планктонных ракообразных, через которое осуществляется трансформация вещества и энергии от основания пищевой сети водоемов (ресурсов) до ее вершины (хищников). Исследования динамики численности популяций планктонных организмов особо актуальны на выростных водоемах ценных промысловых рыб, в частности нерки (*Oncorhynchus nerka* Walb.), которая в течение двух–трех лет жизни в озерах питается преимущественно планктонными ракообразными. Одно из крупнейших азиатских стад нерки воспроизводится в оз. Азабачьем (Бугаев, 2011).

Во все сезоны года ведущим по численности видом в сообществе планктонных ракообразных оз. Азабачье является *Cyclops scutifer* Sars (Copepoda). В летне-осенние месяцы в пелагиали водоема присутствуют *Eurytemora kurenkovi* Borutzky (Copepoda), *Daphnia galeata* Sars и *Leptodora kindti* Focke (Cladocera); единично встречаются веслоногие рачки *Acanthocyclops capillatus* Sars и *Ergasilus* sp., из ветвистоусых — *Bosmina longirostris* O.F. Müller.

В течение 2011–2016 гг. для всех популяций гидробионтов были свойственны значительные колебания численности (табл. 1), обусловленные изменениями условий окружающей среды.

Определить наиболее вероятные факторы, регулирующие динамику численности пресноводных планктонных ракообразных, позволяет анализ причинно-следственных связей динамических (рождаемость, смертность) и статических (численность, возрастная структура, плодовитость, длительность развития яиц)

характеристик популяций рачков (Гиляров, 1987). На основании расчета корреляции скорости рождаемости с плодовитостью, длительностью развития яиц и долей взрослых особей в популяциях доминирующих видов планктонных ракообразных в оз. Азабачьем *C. scutifer* и *D. galeata*, установлено, что численность циклопов в 2011, 2013–2015 гг. определяла температура среды обитания взрослых рачков (n=32; r=–0,768; P>0,99). В 2012 и 2016 гг. существенное влияние на рождаемость вида оказывали трофическое условия (n=17; r=0,674; P>0,99). *Daphnia galeata* в 2011–2016 гг., при значительной зависимости скорости рождаемости популяции от обеспеченности пищей (n=45; r=0,709; P>0,99), находилась под мощным прессом рыб-планктонофагов (n=53; r=0,827; P>0,99).

Предпочитаемым кормом *C. scutifer* и *D. galeata* является *Aulacoseira subarctica* (Bacillariophyta), количество которой в пелагиали водоема зависит от содержания в озерных водах биогенных элементов, главным образом минерального азота и минерального фосфора. В 2011, 2012 и 2014–2016 гг. высокие летние пики численности *A. subarctica* (табл. 1), соответствующие началу генеративных периодов циклопов, были обусловлены оптимальным для развития диатомовых водорослей соотношением концентрации минерального азота (N) и минерального фосфора (P) в эвфотической зоне озера (N:P=16:1) (Schindler, 1978). В эти годы основным кормом *C. scutifer* в летне-осенние месяцы была аулякозеира, о чем свидетельствует значимая достоверная корреляция между скоростью рождаемости рачков и плотностью *A. subarctica* (n=38; r=0,727; P>0,99). В 2013 г. при слабой вегетации *Aulacoseira* циклопы старших копеподитных стадий использовали в качестве пищи беспанцирных Rotatoria (*Filinia major*, *Asplanchna priodonta*, *Polyarthra vulgaris*, *Synchaeta pectinata* и *Conochilus unicornis*) (n=8; r=0,794; P>0,95).

Для ветвистоусого фильтратора *D. galeata* активное развитие *A. subarctica* летом и осенью 2011 г. оказывало ингибирующее влияние на рост и размножение популяции, на что указывает достоверная отрицательная корреляция между рождаемостью и количеством клеток *A. subarctica* (n=8; r=–0,775; P>0,99). Тем не менее в 2011 г. при питании дафний *Gloeocapsa* sp. (Cyanophyta) (n=8; r=0,880; P>0,99) численность популяции была выше среднемноголетнего показателя (табл. 1). В 2014 г., когда численность *Aulacoseira* была невысока, *D. galeata* эффективно фильтровали *A. subarctica* в течение всего жизненного цикла (n=8; r=0,734; P>0,95), в 2012, 2015 и 2016 гг. — в июле–сентябре после массового развития диатомеи (n=22; r=0,732; P>0,99). В 2013 г. достоверных взаимосвязей скорости рождаемости *D. galeata* с численностью *A. subarctica* и *Gloeocapsa* sp. не обнаружено. Вероятно, в этот год основной пищей дафний были бактерии и простейшие (Монаков, 1998).

Высокая численность и плодовитость популяции *D. galeata* и Rotatoria при лимитировании планктонных водорослей минеральным азотом и минеральным фосфором (N:P=10–66) в 2013 г. (табл. 1) приводит к предположению о повышении активности бактерий и простейших, как составляющих микробиальной «петли» водоема. Согласно концепции микробиальной трофической сети (Бульон, 2002), бактерии, аккумулируя биогенные элементы, способствуют их сохранению в эвфотической зоне, а гидробионты (простейшие, коловратки и кладоцеры), потребляя бактериопланктон и экскретируя биогенные вещества, обеспечивают быстрый рециклинг биогенов и их возврат в пищевую сеть в виде первичной продукции для фильтраторов.

Несмотря на большое количество молоди нерки, нагуливающейся в пелагиали озера в 2011–2016 гг., численность *C. scutifer* превышала среднемноголет-

Таблица 1. Среднемноголетние (1981–2010) и среднегодовые (2011–2016) количественные и качественные показатели основных видов гидробионтов в пелагиали оз. Азабачьего

Показатель	Годы	Год					
	1981–2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Фитопланктон							
A. subarctica, тыс. кл./л	82,1 (180,0)*	84,2 (385,5)	59,1 (340,3)	11,4 (6,3)	39,7 (101,7)	43,6 (200,8)	245,3 (1136,9)
Gloeocapsa sp., тыс. кл./л	2,2	2,5	4,5	2,2	0,9	0,1	0,0
Зоопланктон							
C. scutifer, тыс. экз./м^3	91,1 (22,1)**	141,0 (22,6)	131,1 (19,8)	173,9 (18,7)	146,0 (23,3)	152,3 (21,2)	105,9 (15,8)
D. galeata, тыс. экз./м^3	3,7 (2,5)**	5,7 (3,0)	4,9 (2,2)	5,2 (3,3)	2,9 (1,8)	2,2 (2,2)	1,5 (1,9)
E. kurenkovi, экз./м^3	407	460	650	440	360	530	850
L. kindti, экз./м^3	167	230	190	140	330	320	360
Rotatoria, тыс. экз./м^3	63,9	107,9	86,5	108,9	158,4	76,8	50,9
Ихтиофауна							
Молодь *O. nerka*, млн шт.	202,4	205,0	105,6	208,7	67,7	64,6	148,8
Масса тела смолтов, г	10,3	9,9	11,2	12,7	9,2	10,8	11,6
G. aculeatus, экз./мин	11,0	6,8	15,9	10,6	17,5	–	–

Примечание: в скобках указано: * — летний максимум численности, ** — средняя абсолютная плодовитость самок (шт.), «–» — отсутствие данных

нее значение за 1981–2010 гг. (табл. 1), что, вероятно, было обусловлено обилием пищи для рачков. Количество дафний убыло от высокой численности в 2011–2013 гг. (5,3 тыс. экз./м^3) до минимума в 2016 г. (1,5 тыс. экз./м^3), что, возможно, является следствием усиления пресса на популяцию других беспозвоночных и позвоночных хищников.

Типичным представителем хищного зоопланктона в оз. Азабачьем является малочисленный вид ветвистоусых ракообразных *L. kindti.* Основным видом пищи *Leptodora* в озере является молодь *D. galeata* длиной тела 0,20–0,60 мм, о чем свидетельствуют достоверные положительные коэффициенты корреляции между суточными рационами популяции *Leptodora* и биомассой элиминированной молоди дафний в июле–сентябре каждого года исследований (Базаркина, 2010). Особенно высокой корреляция была в 2016 г. (n=8; r=0,796; P>0,95), когда численность *L. kindti* значительно превышала среднемноголетнюю величину ее плотности (табл. 1).

Немаловажный фактор, определяющий состояние популяций планктонных ракообразных в оз. Азабачьем — присутствие в водоеме других рыб-планктонофагов: трехиглой колюшки (*Gasterosteus aculeatus* Linne) жилой и проходной форм и малоротой корюшки (*Hypomesus olidus* Pallas). Наиболее существенным пищевым конкурентом молоди нерки в оз. Азабачьем является жилая трехиглая колюшка (Бугаев и др., 2004).

В 2015–2016 гг. траловые обловы рыб в пелагиали озера не проводили, поэтому, к сожалению, мы не располагаем данными о количестве пищевых конкурентов молоди нерки за эти годы. Однако, исходя из показателей массы тела смолтов нерки в 2016 г., которые были близки среднемноголетнему значению (табл. 1), можно предположить, что «вспышек» численности трехиглой колюшки жилой формы, подобных 1986 (85,4 экз./мин) и 1990 гг. (41,7 экз./мин), не происходило, и молодь нерки при несущественной пищевой конкуренции в 2011–2016 гг. нагуливалась при достаточном количестве планктонных ракообразных.

Следует полагать, что сообщество планктонных ракообразных пелагиали оз. Азабачьего в 2011–2016 гг. находились под комплексным влиянием факторов среды обитания рачков, которые в течение шести лет поддерживали стабильно высокую численность *C. scutifer,* но ограничивали рост численности популяции *D. galeata*, главным образом, прессом позвоночных и беспозвоночных планктонофагов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Базаркина Л.А. 2010. Роль *Leptodora kindti* Focke в трофической цепи озера Азабачье (Камчатка) // Современные проблемы гидроэкологии. Тез. докл. IV Междунар. науч. конф., посвящ. памяти проф. Г.Г. Винберга (Санкт-Петербург, 11–15 октября 2010 г.). СПб.: ЗИН РАН. С. 18.

Бугаев В.Ф. 2011. Азиатская нерка-2 (биологическая структура и динамика численности локальных стад нерки в конце XX – начале XXI вв.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 380 с.

Бугаев В.Ф., Базаркин Г.В., Базаркина Л.А. 2004. Жилая морфа трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* как индикатор условий нагула молоди нерки *Oncorhynchus nerka* в оз. Азабачье (бассейн р. Камчатка) // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбхоз. центра. Т. 139. С. 134–144.

Бульон В.В. 2002. Структура и функция микробиальной «петли» в планктоне озерных экосистем // Биология внутр. вод. № 2. С. 5–14.

Гиляров А.М. 1987. Динамика численности пресноводных планктонных ракообразных. М.: Наука. 190 с.

Монаков А.В. 1998. Питание пресноводных беспозвоночных. М.: ИПЭЭ РАН. С. 120–168.

Schindler D.W. 1978. Factors regulating phytoplankton production and standing crops in the world's freshwaters // Limnol. Oceanogr. V. 24. P. 478–486.

УДК 574.5 (26)

МАТЕРИАЛЫ ПО КОЛИЧЕСТВЕННОМУ УЧЕТУ МНОГОЩЕТИНКОВЫХ ЧЕРВЕЙ (POLYCHAETA) ШЕЛЬФА КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ

Т.Б. Морозов

Н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: tmorozov@kamniro.ru

БЕНТОС, POLYCHAETA, КОМАНДОРСКИЕ ОСТРОВА, БИОМАССА, ПЛОТНОСТЬ ПОСЕЛЕНИЯ

В сентябре 2011 г. проведена дночерпательная съемка на шельфе Командорских островов в диапазоне глубин 12–178 м. Средняя плотность поселения Polychaeta составила 72,6±27,8 экз./м^2, средняя биомасса — 7,9±3,3 г/м^2. Самые высокие плотностные характеристики приходились на глубину 73 м на галечно-песчаном грунте, 280 экз./м^2 при биомассе 111,5 г/м^2.

MATERIALS FOR QUANTITATIVE ACCOUNTING OF POLYCHAETOUS ANNELIDS (POLYCHAETA) IN THE SHELF OF COMMANDER ISLANDS

T.B. Morozov

Researcher, Kamchatka Research Institute of Fisheries and Okeanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya str., 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: tmorozov@kamniro.ru

BENTHOS, POLYCHAETA, COMMANDER ISLANDS, BIOMASS, DENSITY

In September 2011, a bottom grab survey was carried out on the shelf of the Commander Islands in the depth range 12–178 m. The average density of the Polychaeta settlement was 72.6±27.8 ind/m^2, the average biomass was 7.9±3.3 g/m^2. The highest density characteristics occurred at a depth of 73 m on a pebble-sandy soil, amounting to 280 ind./m^2 with a biomass of 111,5 g/m^2.

В сентябре 2011 г. на шельфе Командорских островов в диапазоне глубин 12–178 м с борта НИС «МРТК-316» стандартными гидробиологическими методами проводили дночерпательную съемку (табл. 1). Орудие сбора — дночерпатель «Океан-50», с площадью захвата 0,25 м^2. Всего выполнено 10 дночерпательных станций. На каждой станции отбор проб проводили в 2-кратной повторности. Всего отобрано 20 бентосных проб. Поднятый грунт промывали через систему сит с размером ячеи 22, 10, 5, и 1 мм, затем фиксировали в 4%-м растворе формалина на морской воде. Во время сбора проб осуществляли визуальную оценку и описание грунтов. В дальнейшем в лабораторных условиях промытый грунт просматривали под стереомикроскопом и разбирали животных по группам высокого таксономического ранга (преимущественно до класса). Многощетинковых червей идентифицировали по возможности до вида (кроме семейств Polynoidae и Phyllodocidae) (Бужинская, 2013; Жирков, 2001; Левенштейн, 1966;

Таблица 1. Список дночерпательных станций на шельфе Командорских островов в сентябре 2011 г.

№ ст	Глубина, м	Широта, грд	Широта, мин	Долгота, грд	Долгота, мин	Грунт	Плотность поселения экз./м^2	Биомассса, г/м^2
1	12	55	8,8	166	17,5	Скала	162	22,12
2	178	54	40,7	166	57,7	Ил	60	23,84
5	114	54	41,2	167	22,6	Галька, песок, Глина	42	4,26
8	88	54	55,3	167	7,4	Песок	234	44,88
13	73	54	55,7	166	44,2	Галька, песок	280	111,48
14	72	55	3,8	166	34,6	Галька, песок	128	13,96
16	62	55	11,3	166	23,9	Песок, ракуша	36	3,72
18	106	55	14,3	166	42,5	Скала	86	31,98
20	126	55	22,3	166	16	Ил, песок	220	43,56
25	56	55	13,6	165	42,6	Песок, ракуша	176	86,2

Ушаков, 1955а, 1955б; Хлебович, 1996; Fauchald, 1977; Moore, 1903; Imajima, Hartman, 1964), взвешивали с помощью электронных весов с точностью до 1 мг и подсчитывали количество экземпляров. После чего для каждой станции делали перерасчет биомассы и численности организмов на 1 м^2, рассчитывали средние биомассы и плотность поселения каждого вида.

Расчеты выполнены при помощи программы Ms. Excel, карты распределения построены в программе Surfer 9.

Всего нами обнаружено 57 видов Polychaeta, отнесенных к 21 семейству (табл. 2). Самыми большими по числу видов семействами оказались сем. Spionidae — 6 (10% от общего числа), Maldanidae и Ampharetidae — по 5 видов (8%), Nephtyidae, Terebellidae и Opheliidae — по 4 вида (7%), и Lumbrinereidae, Orbinidae, и Sabellidae — по 3 вида (5%).

Средняя биомасса Polychaeta в районе исследований оказалась довольно низкой — 7,9±3,3 г/м^2. Доминировали по средней биомассе сем. Terebellidae — 1,941 г/м^2 (25% от общей биомассы Polychaeta), из которых максимальную биомассу показала *P. maculate*; сем. Lumbrinereidae — 1,654 г/м^2 (21%), среди них доминировали *L. fragilis* (1,394 г/м^2) и сем. Nephtydae — 1,266 г/м^2 (16%), среди которых выделялся *N. caeca* (1,048 г/м^2).

Наиболее богатые по биомассе станции располагаются на илистых, илисто-песчаных и песчано-ракушечных грунтах на глубинах 178, 126 и 62 м соответственно. Здесь биомасса достигает 18–27 г/м^2. На илистом грунте по биомассе преобладали *L. fragilis* (11,730 г/м^2), на песчано-илистом *P. maculata* и *A. proboscidea* (12,528 г/м^2 и 6,420 г/м^2 соответственно), а на песчано-ракушечном грунте — *C. hyperborea* и *L. latrelli* (0,740 г/м^2 и 0,576 г/м^2 соответственно). Менее богатые станции расположены на галечно-песчаных и песчано-глинистых грунтах на глубинах 72–114 м (3–12 г/м^2). Здесь на галечно-песчаных грунтах доминировали *N. caeca* (0,836 экз./м^2 и 4,148 г/м^2), *P. gracilis* (0,492 г/м^2), *S. armiger* (1,6 г/м^2 и 0,320 г/м^2), *G. capitata* (3,272 г/м^2). На скальных же грунтах нами многощетинковых червей не обнаружено вовсе.

Таблица 2. Таксономический список видов Polychaeta шельфа Командорских островов

Семейство		Вид	Встречаемость, %	Сред. биомассса, г/м^2	Ош. сред ±	Сред.плот. пос., экз./м^2	Ош сред ±	№№ станций
Lumbrinereidae	1	*Scoletoma fragilis*	0,2	1,394	1,169	2	1,6	2, 8
	2	*Lumbrinereis latrelli*	0,4	0,249	0,112	3,2	2,4	2, 5, 20, 25
	3	*Lumdrinereis heteropoda*	0,1	0,012	0,012	0,6	0,6	20
Oenonidae	4	*Drilonereis filum*	0,1	0,002	0,002	0,8	0,8	20
Onuphidae	5	*Nothrya conchylega*	0,1	0,064	0,064	0,6	0,6	5
	6	*Paradiopatra cirrobranchiata*	0,1	0,035	0,035	0,2	0,2	20
Nephthyidae	7	*Nephthys ciliata*	0,3	0,217	0,187	1,7	1,4	13, 20, 25
	8	*Nephthys caeca*	0,5	1,048	0,486	5,7	2,6	2, 5, 13, 16, 20
	9	*Nephthys* sp.	0,1	0,0004	0,0004	0,4	0,4	16
Nereidae	10	*Nereis* sp.	0,1	0,006	0,006	0,2	0,2	25
Phyllodocidae	11	*Phyllodoce groenlandica*	0,1	0,030	0,030	0,6	0,6	2
Syllidae	12	Gen. sp.	0,1	0,001	0,001	0,2	0,2	5
	13	*Grubea clavata*	0,1	0,003	0,003	0,2	0,2	8
Polynoidae	14	*Genus species*	0,2	0,069	0,065	1	0,8	2, 20
	15	*Eunoe subtruncata*	0,1	0,087	0,087	0,4	0,4	13
Glyceridae	16	*Glycera capitata*	0,2	0,330	0,327	0,4	0,3	8, 14
	17	*Glycera nana*	0,1	0,001	0,001	0,2	0,2	5

Таблица 2. Таксономический список видов Polychaeta шельфа Командорских островов

Семейство		Вид	Встречаемость, %	Сред. биомассса, г/м²	Ош. сред ±	Сред.плот. пос., экз./м²	Ош сред ±	№№ станций
Orbinidae	18	*Scoloplos armiger*	0,5	0,251	0,155	10,1	6,3	2, 5, 13, 14, 20
	19	*Nainereis quadricuspida*	0,1	0,026	0,026	0,2	0,2	5
	20	*Phylo norvegica*	0,2	0,023	0,016	1,7	1,6	5, 14
Spionidae	21	*Prionospio cirrifera*	0,1	0,004	0,004	0,2	0,2	8
	22	Gen. sp.	0,1	0,016	0,016	3,2	3,2	2
	23	*Laonice cirrata*	0,4	0,059	0,030	5,8	4,1	2, 5, 13, 20
	24	*Spiophanes bombyx*	0,1	0,004	0,004	0,6	0,6	2
	25	*Malacoceras vulgaris*	0,2	0,001	0,001	0,2	0,2	2
Terebellidae	26	*Terebellides stroemi*	0,1	0,032	0,032	0,4	0,4	5
	27	*Pista maculata*	0,1	1,253	1,253	1,4	1,4	20
	28	*Artacama proboscidea*	0,2	0,663	0,640	0,4	0,3	2, 20
	29	*Polycirris latidens*	0,1	0,024	0,024	0,4	0,4	20
Pectinariidae	30	*Cistenides hyperborea*	0,1	0,058	0,058	0,4	0,4	16
Maldanidae	31	*Axiothella catenata*	0,1	0,022	0,022	0,6	0,6	20
	32	*Praxilella praetermissa*	0,1	0,026	0,023	2	1,8	2, 25
	33	*Praxilella gracilis*	0,3	0,259	0,165	1,4	0,8	2, 5, 20
	34	*Notoproctus oculatus*	0,1	0,028	0,028	0,2	0,2	5
	35	Gen. sp.	0,1	0,003	0,003	0,2	0,2	20
Paraonidae	36	*Paraonis gracilis*	0,1	0,001	0,001	0,2	0,2	8
	37	*Aricidea ucshakovi*	0,1	0,031	0,031	5,6	5,6	2
Ampharetidae	38	*Melinna cristata*	0,1	0,006	0,006	0,8	0,8	5
	39	*Melinna elisabethae*	0,1	0,007	0,007	0,2	0,2	20
	40	*Amage* sp.	0,1	0,018	0,018	0,2	0,2	20
	41	*Ampharete* sp.	0,1	0,060	0,060	0,6	0,6	20
	42	Gen sp.	0,1	0,063	0,063	0,1	0,1	20
Ophellidae	43	*Travisia forbesii*	0,3	0,383	0,282	3	2,2	2, 13, 20
	44	*Travisia kergulensis*	0,1	0,069	0,069	0,4	0,4	5
	45	*Euzonus arcticus*	0,1	0,024	0,024	0,2	0,2	8
	46	*Ophelia limacina*	0,1	0,042	0,042	0,4	0,4	8
Flabelligeridae	47	Gen. sp.	0,1	0,015	0,015	0,4	0,4	2
Scalibregmidae	48	*Scalibregnma inflatum*	0,2	0,085	0,076	1,8	1,3	2, 5, 20
Cirratulidae	49	*Chaetozone setoza*	0,3	0,066	0,037	2,2	1,6	2, 5, 20
Sabellidae	50	*Euchone analis*	0,1	0,014	0,014	0,6	0,6	8
	51	*Fabricia crenicollis*	0,2	0,007	0,006	1,2	0,8	2,5
	52	*Jasmineira pacifica*	0,2	0,030	0,030	0,2	0,2	2
Chaetopteridae	53	*Phyllochaetopterus claparedi*	0,1	0,016	0,016	0,2	0,2	20
Sabellariidae	54	*Sabellaria cementarium*	0,1	0,008	0,008	0,4	0,4	8
Oweniidae	55	*Owenia fusiformes*	0,5	0,266	0,182	1,4	0,7	8
	56	*Galathowenia oculata*	0,3	0,102	0,062	4,5	3,3	2, 5, 16, 20, 25
Magelonidae	57	*Magelona pacifica*	0,1	0,000	0,000	0,2	0,2	2, 16, 20
Неидентиф.				0,288	0,230	0	0,0	2
Итог				7,901	3,332	72,6	27,8	

Средняя плотность поселения Polychaeta в районе исследований составила 94,2±34,5 экз./м². По этому параметру здесь доминировали сем. Oweniidae — 14,0 экз./м² (15,3% плотности всех многощетинковых червей в исследованном районе), среди которых максимальную плотность показала *O. fusiformes* (8,6 экз./м²); сем. Orbinidae 13,8 экз./м² (15,1%), среди которых доминировал *S. armiger* (11,0%), сем. Spionidae — 10,4 экз./м² (11,4%) — *L. cirrata* (5,8 экз./м²), сем. Nephtydae — 9,6 экз./м² (10,5%) — *N. caeca* (6,6 экз./м²); Paraonidae — 5,8 экз./м² (6,4%) — *A. ucshakovi* (5,6 экз./м²); сем. Lumbrinereidae — 5,6 экз./м² (6,1%) — *L. latrelli* (5,0 экз./м²); сем. Maldanidae — 4,4 экз./м² (4,8%) — *P. praetermissa* (2 экз./м²); сем. Opheliidae — 4,4 экз./м² (4,8%) — *O. limacina* (3,0 экз./м²); сем. Cirratulidae — 4 экз./м² (4,4%) — *C. setosa* (4,0 экз./м²); сем. Pectinariidae — 4 экз./м² (4,4%) — *C. granulata* (44 экз./м²).

Самую высокую плотность поселения Polychaeta показали станции, расположенные на илистых, илисто-песчаных и галечно-песчано-глинистых грунтах на глубинах 114–178 м. На этих станциях плотность поселения в среднем составила 124–354 экз./м². Интересно отметить, что на илистых и илисто-песчаных грунтах биомасса также была высокой. По плотности здесь преобладали: на илистом грунте — *L. latrelli* (24 экз./м²), *N. caeca* (24 экз./м²), *A. ucshakovi* (56 экз./м²), *O. fusiformes* (60 экз./м²); на илисто-песчаном грун-

те — *N. ciliata* (14 экз./м^2), *L. cirrata* (42 экз./м^2), *P. maculata* (14 экз./м^2), *Ch. setosa* (16 экз./м^2); на галечно-песчано-глинистом грунте — *L. latrelli* (20 экз./м^2), *N. caeca* (10 экз./м^2), *S. armiger* (10 экз./м^2), *P. norvegica* (10 экз./м^2), *S. inflata* (12 экз./м^2), *O. fusiformes* (10 экз./м^2).

Галечно-песчаные и песчано-ракушечные грунты показали меньшую, но примерно одинаковую между собой плотность поселения многощетинковых червей — 98 и 92 экз./м^2 соответственно. На галечно-песчаных грунтах преобладали *N. ciliata* (10 экз./м^2), *S. armiger* (64 экз./м^2) и *G. capitata* (20 экз./м^2), на песчано-ракушечных — *C. hyperborea* (40 экз./м^2).

Соотношение плотности поселения и биомассы обнаруженных семейств класса Polychaeta применительно ко всей обследованной площади исследований показывает, что максимальная средняя плотность поселения и биомасса характерны для сем. Nephtydae (9,6 экз./м^2 и 1,266 г/м^2), Lumbrinereidae (1,654 г/м^2 и 5,6 экз./м^2) и Terebellidae (2,2 экз./м^2 и 1,941 г/м^2). Очень высокую плотность поселения при сравнительно низкой биомассе показали представители сем. Spionidae (10,4 экз./м^2 при 0,116 г/м^2). Для остальных семейств вышеуказанные плотностные характеристики соответственно друг другу сильно варьируют. Прослеживается определенная закономерность зависимости биомассы и плотности поселения Polychaeta от типа грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бужинская Г.Н. 2013. Многощетинковые черви (Polychaeta) дальневосточных морей России и прилежащих вод Тихого океана. М.: КМК Scientific press ltd. 132 с.

Жирков И.А. 2001. Полихеты Северного Ледовитого океана. М.: Янус-К. 632 с.

Жирков И.А. 2009. Жизнь на дне. Биоэкология и биогеография бентоса. КМК Scientific press ltd. 453 с.

Левенштейн Р.Я. 1966. Многощетинковые черви (Polychaeta) западной части Берингова моря // Тр. Института океанологии АН СССР. Т. 81. С. 3–131.

Ушаков П.В. 1955а. Многощетинковые черви дальневосточных морей СССР (Определители по фауне СССР). Л.: Наука. 445 с.

Ушаков П.В. 1955б. Фауна СССР: Многощетинковые черви. Т. 1, 2. Л: АН СССР. 271 с.

Хлебович В.В. 1996. Фауна России и сопредельных стран: Многощетинковые черви. Т. 3. СПб.: Наука. 224 с.

Fauchald K. 1977. The Polychaet worms, definition and keys to the orders, Families and genera. Los Angeles: Nat. Hist. Mus. 198 c.

Moore J.P. 1903. Polychaeta from the coastal slope of Japan and from Kamchatka and Bering Sea // Proc. Acad. Nat. Sci. Phila., 55. P. 401–490.

Imajima M., Hartman O. 1964. The polychaetous annelids of Japan. Pt. 2 // Allan Hancock Foundation Publ. Occas. Pap. № 26. P. 239–452.

УДК 581.526.323 (262.54+262.5)

МАКРОФИТОБЕНТОС ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВ, АНАЛИЗ ПРИЧИН ДЕГРАДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Д.Ф. Афанасьев

Зав. лаб., к. б. н.; Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
344002, Ростов-на-Дону, Береговая 21в
Тел., факс: (863) 262-05-05. E-mail: afanasiev_d_f@azniirkh.ru

МАКРОФИТОБЕНТОС, АЗОВСКОЕ МОРЕ, ЧЕРНОЕ МОРЕ, ВОДОРОСЛИ-МАКРОФИТЫ, ВЫСШИЕ ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ

В статье приводятся данные о современном видовом и фитоценотическом разнообразии макрофитобентоса Азовского и Черного морей, распространении и структуре сообществ фитобентоса. Приведен краткий анализ причин деградации сообществ. Показано, что за последние десятилетия сократилась глубина проникновения черноморских сообществ фитобентоса, почти исчезли сообщества зостеры *(Zostera marina* и *Z. noltii).*

MACROPHYTOBENTHOS OF THE BLACK SEA AND THE SEA OF AZOV: CURRENT STATE OF COMMUNITIES, ANALYSIS OF CAUSES OF DEGRADATION AND RECOVERY PROSPECTS

D.F. Afanasyev

Head of Lab., Ph. D. (Biology); Azov Research Institute of Fisheries
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya, 21в
Tel., fax: (863) 262-05-05. E-mail: afanasiev_d_f@azniirkh.ru

MACROPHYTOBENTHOS, THE SEA OF AZOV, THE BLACK SEA, ALGAE-MACROPHYTES, HIGHER AQUATIC PLANTS

The article provides data on the current species and phytocenotic diversity of macrophytobenthos of the Black Sea and the Sea of Azov, on the distribution and structure of phytobenthos communities. A brief analysis of the causes of degradation of the communities is made. It is demonstrated that in the recent decades the depth of the phytobenthos communities reduced in the Black Sea, and the communities of zostera *Zostera marina* and *Z. noltii* almost disappeared.

Известно, что к настоящему времени экосистемы Черного и Азовского морей претерпели значительные изменения, связанные с мощным антропогенным загрязнением, эвтрофикацией, зарегулированием стока рек, усилением транспортных потоков, высокой рекреационной нагрузкой на прибрежные экосистемы, выловом ценных видов гидробионтов, инвазиями (Зайцев, Поликарпов, 2002; Максимова, Лучина, 2002; Кленкин и др., 2007). В последние десятилетия осуществляется разведка и планируется в перспективе ввести в эксплуатацию нефтяные и газоконденсатные месторождения на акватории Черного и Азовского морей, а также терминалов по перекачке сжиженных углеводородов и нефтепродуктов. Таким образом, изменился и продолжает меняться весь комплекс гидрологических, гидрохимических и непосредственно связанных с ними гидробиологических показателей. К концу XX – началу XXI веков в прибрежных акваториях Черного и Азовского морей возросла концентрация биогенных элементов и некоторых поллютантов (Зайцев, Поликарпов, 2002; Кленкин и др., 2007), появились и дали вспышку численности новые бентосные и планктонные организмы-вселенцы, изменившие естественный ход седиментогенеза на шельфе (Кучерук и др., 2002), на шельфе Черного моря в 2–3 раза снизилась прозрачность воды (Техногенное.., 1996; Маньковский и др., 1996; Максимова, Лучина, 2002). Изменение гранулометрического состава донных отложений на шельфе Черного моря, связанное как с общей эвтрофикацией моря, так и с повышением количества взвешенного органического вещества после вселения гребневика мнемиопсиса, привело к заилению мелководий и изменению в структуре донных сообществ (Кучерук и др., 2002).

Следует признать, что среди компонентов морских экосистем, подвергшихся в результате антропогенных воздействий глубоким перестройкам, одним из наименее изучаемых и изученных объектов является макрофитобентос. Можно назвать лишь отдельные работы А.А. Калугиной-Гутник (1975) и В.В. Громова (1998), которые позволяют проследить за изменениями состояния макрофитобентоса российского сектора Азово-Черноморского шельфа, произошедшего за последнее столетие. Обобщение указанных публикаций делает возможным выделение нескольких периодов преобразования структуры фитобентоса. Первый период, наиболее длительный по времени, связан с началом интенсивной антропогенной деятельности на побережье. Он характеризовался активным прибрежным строительством, началом эвтрофикации прибрежных акваторий, формированием локальных мезо- и полисапробных ассоциаций (20-е – конец 60-х годов XX века). В 70–80-е годы начинается второй период — интенсивной эвтрофикации акваторий, сопряженной с началом массированного загрязнения прибрежных вод нефтепродуктами, тяжелыми металлами, сельскохозяйственными ядохимикатами. Все это повлекло за собой локальное изреживание зарослей макрофитов, частичное исчезновение фитобентоса на некоторых глубинах (например, у нефтебазы Шесхарис в конце 60-х – начале 70-х годов), продолжение распространения мезо- и полисапробных ассоциаций на шельфе и др. Третий (современный) период, начавшийся в 90-е годы XX века, связан в первую очередь со значительным снижением прозрачности морской воды, мощной эвтрофикацией и загрязнением шельфа, изменением характера донных отложений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал (485 описаний сообществ фитобентоса Азовского и Черного морей) был отобран в 2001–2006 и 2010–2014 гг. При проведении работ использовали стандартные методы геоботанических исследований с привлечением группы аквалангистов (Громов, 1998).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовое разнообразие морских фитоценозов Азово-Черноморского шельфа представлено 312 видами водных макрофитов, относящихся к 8 отделам: *Cyanophyta, Chlorophyta, Charophyta, Xanthophyta, Rhodophyta, Phaeophyta, Polypodiophyta* и *Magnoliophyta*. Преобладающими являются красные водоросли (100 видов), на втором месте по численности находятся зеленые водоросли (65 видов). Высшие водные растения представлены 59 видами. Бурые водоросли насчитывают 47 видов, синезеленые — 27, харовые — 13, желто-зеленые — 1 вид. В Черном море макрофиты представлены 250 видами и 257 внутривидовыми таксонами как низших, так и высших растений, в Азовском море (включая лиманно-плавневую зону) — 170 видами и 174 внутривидовыми таксонами (Афанасьев, Корпакова, 2008).

Фитоценотическое разнообразие Азово-Черноморского шельфа представлено 54 ассоциациями, объединенными в 30 формаций. Доминирующей на шельфе Черного моря является формация *Cystoseireta*, на шельфе Азовского моря — *Phragmiteta*. Основная ассоциация *Cystoseiretum dilophoso-cladostephosum* имеет 3–5-ярусное строение, простирается до глубины 10–15 м, реже 20 м. Глубже (до 15–30 м) доминируют моно- и олигодоминантные одно-двухъярусные ассоциации зеленой водоросли *Codium vermilara* и красной водоросли *Phyllophora crispa*. На антропогенно нарушенных акваториях первая ассоциация встречаются фрагментарно до глубины 10 м, а на глубинах 12–15 м растительность исчезает. Снижение прозрачности воды, ставшее причиной сокращения ширины зарослей в сублиторальной зоне, привело к почти полному исчезновению самых глубоководных ассоциаций (*Chondrietum laurenciosum, Gracilarietum neriosum, Polysiphonietum subpurum, Antithamnietum subpurum*) и сужению ширины ассоциаций средних этажей (*Cystoseiretum dilophoso-cladostephosum, Cystoseiretum phyllophorosum, Phyllophoretum purum*) (Афанасьев, Корпакова, 2008).

Наиболее продуктивными являются многолетние ассоциации бурых водорослей: самую высокую среднюю годовую биомассу и годовую продукцию имеют олигосапробные и α-мезосапробные ассоциации формации *Cystoseireta: Cystoseiretum ulvosum, Cystoseiretum dilophosum* и *Cystoseiretum dilophoso-cladostephosum*.

За последние 50 лет на российском шельфе Черного моря произошли существенные изменения общей биомассы макрофитов, обусловленные снижением прозрачности воды, эвтрофикацией и загрязнением шельфовой зоны. В целом почти полностью исчезли ассоциации зостеры, общие запасы цистозиры снизились более чем в 6 раз, запасы филлофоры — в 2 раза, и лишь ульвы — в 1,5 раза увеличились. За счет снижения прозрачности воды, нижняя граница фитобентоса за последние полвека сместилась до глубины около 20 м, что в 3 раза меньше, чем ранее (Афанасьев, Корпакова, 2008).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, современные изменения включают почти трехкратное сужение полосы водной донной растительности на северо-кавказском шельфе Черного моря, снижение биомассы ведущих видов водорослей, практически полную деградацию олигосапробных и глубоководных ассоциаций, существенное снижение биоразнообразия донных сообществ. Произошло полное обнажение участков морского дна на глубинах свыше 20–30 м у открытых берегов и свыше 10–15 м у закрытых берегов и в бухтах. Для юго-восточного гидроботанического р-на Черного моря основными причинами указанных сукцессий являются эвтрофикация и загрязнение, для северо-восточного — снижение прозрачности воды, эвтрофикация, загрязнение и изменение характера грунта; для Прикерченского р-на, собственно Азовского моря и лиманно-плавневой зоны — загрязнение и эвтрофикация. При эвтрофикации прибрежных акваторий антропогенные сукцессии выражаются в последовательной замене олигосапрбных видов на мезо- и полисапробные, при этом, как правило, сначала меняется состав эпифитов, потом ассектаторов и эдификаторов нижних ярусов, затем — верхнего яруса. Изменению видового состава сопутствует возрастание роли мелкоразмерных, короткоцикличных видов при снижении роли крупных многолетних водорослей. Загрязнение акваторий обычно приводит к значительному снижению видового разнообразия сообществ, упрощению их структуры. В условиях мощного загрязнения в сообществе остается около десятка наиболее устойчивых видов, таких как *Enteromorpha intestinalis, Ceramium rubrum, Callithamnion corymbosum,* синезеленые водоросли.

Следует признать, что при существующих темпах хозяйственного освоения прибрежных акваторий Черного и Азовского морей и отсутствии программ по реабилитации водных экосистем, перспектив восстановления популяций макроводорослей и высших водных растений до состояния, близкого к естественному, нет. Возможно восстановление популяций основных в экологическом и хозяйственном отношении видов макроводорослей (цистозиры, филлофоры, кодиума и других) с помощью гидробиотехнических конструкций, так как все указанные виды входят во флору техногенных экотопов и формируют зрелые популяции на искусственных субстратах. Для сохранения и восстановления популяций высших водных растений, развивающихся на илисто-песчаных грунтах, целесообразно создание особо охраняемых акваторий.

В то же время поиск выхода из сложившегося кризиса и конкретные действия должны затрагивать все аспекты функционирования экосистем, а основой плана действий должен быть документ, регламентирующий комплексные действия по охране и восстановлению экосистем Азовского и Черного морей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасьев Д.Ф., Корпакова И.Г. 2008. Макрофитобентос российского Азово-Черноморья. Ростов-на-Дону: АзНИИРХ. 299 с.

Громов В.В. 1998. Донная растительность верхних отделов шельфа южных морей России: Дис. … докт. биол. наук. СПб. 50 с.

Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г. 2002. Экологические процессы в критических зонах Черного моря (синтез результатов двух направлений исследований с середины XX до начала XXI веков) // Морской экологический журнал. № 1. С. 33–55.

Калугина-Гутник А.А. 1975. Фитобентос Черного моря. Киев: Наукова думка. 246 с.

Кленкин А.А., Корпакова И.Г., Павленко Л.Ф., Темердашев З.А. 2007. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар: Просвещение-Юг. 324 с.

Кучерук Н.В., Басин А.Б., Котов А.В., Чикина М.В. 2002. Макрозообентос рыхлых грунтов северокавказского побережья Черного моря: многолетняя динамика сообществ // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М.: Наука. С. 289–297.

Максимова О.В., Лучина Н.П. 2002. Современное состояние макрофитобентоса у побережья Северного Кавказа: реакция фитали на эвтрофикацию Черноморского бассейна // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М.: Наука. С. 297–308.

Маньковский В.И., Владимиров В.Л., Афонин Е.А. 1996. Многолетняя изменчивость прозрачности в Черном море и факторы, обусловившие ее сильное снижение в конце 80-х – начале 90-х годов. Препринт. Севастополь: МГИ НАНУ, ИНБЮМ НАНУ. 32 с.

Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря. 1996. (Под ред. И.Ф. Глумова, М.В. Кочеткова) М.: Недра. 502 с.

УДК 597.553.2(282.257.21)

НЕКОТОРЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАВОДСКОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА КЕТЫ РЕКИ ПАРАТУНКИ

Г.В. Запорожец, О.М. Запорожец

Вед. н. с., к. б. н.; вед. н. с., д. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: zaporozhets.g.v@kamniro.ru, zaporozhets.o.m@kamniro.ru

ПРОИЗВОДИТЕЛИ КЕТЫ, ДИКИЕ И ЗАВОДСКИЕ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, СТРЕИНГ

Оценены некоторые последствия заводского воспроизводства кеты р. Паратунки. Отмечена отрицательная зависимость возврата производителей от количества молоди, выпущенной с Паратунского ЛРЗ. Выживаемость паратунской заводской кеты от молоди составила в среднем 0,36%, от икры — 0,28%, а дикой (от икры) — 0,67%. Рыбы, вернувшиеся от естественного нереста, достоверно старше заводских, в то же время происходит омоложение тех и других. Соотношение полов в устьевых исследовательских уловах 2010–2015 гг. у заводской кеты сдвинуто в сторону самцов, ее доля в устье в среднем составляла 46%, на нерестилищах — 27%, а у Паратунского ЛРЗ — 75%. Определен стреинг заводских рыб на разные нерестилища.

SOME EFFECTS OF HATCHERY REPRODUCTION OF CHUM SALMON IN PARATUNKA RIVER

G.V. Zaporozhets, O.M. Zaporozhets

Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Leading Scientist, Dr. Sc. (Biology); Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanohraphy
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: zaporozhets.g.v@kamniro.ru, zaporozhets.o.m@kamniro.ru

CHUM SALMON SPAWNERS, WILD AND HATCHERY, IDENTIFICATION, BIOLOGICAL PARAMETERS, STREING

Some effects of hatchery reproduction of chum salmon in Paratunka River were estimated. Negative correlation between returns and juvenile releases from the Paratunsky SH is observed.The survival of the Paratunsky hatchery salmon was averaged AS 0.36% from juvenile stock or 0.28% from egg, while the survival wild (from egg) – 0.67%. The fish in the wild stock returns were authentically older than the fish in the hatchery returns, but both stocks are getting jounger. The gender ratio in the scientific catches in the estuary in 2010–2015 was in favour of males in the hatchery returns, when the contribution of the hatchery chum salmon was 46% in the estuary, 27% — on spawning groundsareas and 75% — near the Paratunsky SH. Evaluation of streing of the hatchery fish on different spawning grpunds is made.

На Камчатке в настоящее время функционируют пять лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ), самым большим из которых является Паратунский (ПЛРЗ), расположенный на ручье Трезубец — притоке р. Паратунки в ~30 км от Авачинской бухты. Этот завод с 1992 г. выращивает и выпускает около 20 млн молоди кеты (от 2,3 до 21,9 млн экз.) и немного (86–830 тыс. экз.) кижуча, которые, скатываясь по реке, уходят на пастбищный нагул в морские воды, а затем, по прошествии нескольких лет, возвращаются взрослыми обратно на нерест.

Для закладки икры на инкубацию сотрудники ЛРЗ отлавливают производителей (как диких, так и заводских) в основном в низовьях р. Паратунки (вблизи пос. Николаевка), а также используют особей кеты, возвращающихся в ручей Трезубец.

Цель исследования — изучение последствий заводского воспроизводства кеты, а также оценка доли особей разного происхождения в различных местах водного бассейна.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы материалы, собранные в результате ихтиологических съемок в бассейне Паратунки и на рыбоучетном заграждении Паратунского ЛРЗ в 1992–2016 гг., и данные КамчатНИРО по заполнению нерестилищ и промысловой статистике за те же годы. Количество производителей в местах нереста при отсутствии авиаучетов рассчитывали по материалам наших наземных съемок (Запорожец, Запорожец, 2008).

В период нерестового хода производителей ловили плавной сетью. На нерестилищах в основном собирали мертвых рыб. На Паратунском ЛРЗ также производили биологический анализ взрослых особей.

Идентификацию происхождения производителей кеты выполняли на основе «эталонных» выборок чешуи, взятых у рыб в местах естественного нереста на разных участках речного бассейна (условно — «дикие») и в рыбоучетном заграждении ПЛРЗ («заводские»). Для этого использовали особенности строения центральной зоны чешуи, формирующиеся в пресноводный и первый морской периоды жизни (Davis, 1987; Bernard, Myers, 1994; Запорожец, Запорожец, 2000).

Сравнительный анализ биологических характеристик производителей кеты разного происхождения проводили, опираясь на результаты индивидуальной идентификации особей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку одной из основных задач искусственного воспроизводства лососей на Камчатке является поддержание и, по-возможности, увеличение их запасов с целью промыслового изъятия, то изучение динамики численности возвращающихся производителей представляет большой интерес.

В конце 1980-х – начале 1990-х гг. численность кеты р. Паратунки, по имеющимся данным промысловой статистики и авиаучетов, была максимальной, и подходы превышали 270 тыс. экз. В последующие годы произошло заметное снижение запасов, связанное в первую очередь со значительным нелегальным выловом лососей (Запорожец, Запорожец, 2007). С 2009 г. численность кеты начала расти, как и в большинстве других водоемов Камчатки и в целом Дальнего Востока (Запорожец и др., 2013; Шунтов и др., 2014; Заварина, 2016), но так и не достигла прежнего уровня (рис. 1). Первый заметный возврат заводских рыб отмечен в 1997 г., а самые большие подходы к ПЛРЗ регистрировали в 1999, 2002 и 2003 гг. (37–50 тыс. экз.).

Коэффициент возврата производителей от молоди (выживаемость), выпущенной в 1993–2013 гг., с учетом промысла изменялся в пределах 0,1–1,4%, в среднем — 0,36%. При этом имелась отрицательная зависимость возврата от объема выпуска (рис. 2), отмеченная ранее для кеты, выращиваемой на ЛРЗ «Кеткино» и Вилюйском ЛРЗ (Запорожец, Запорожец, 2011; Запорожец и др., 2012). Выживаемость паратунской заводской кеты от икры составила 0,28%, а дикой — была существенно выше, 0,67%.

В возрастной структуре стада кеты р. Паратунки обычно присутствуют четыре класса: 0.2–0.5. При этом у заводских рыб модальная возрастная группа — 0.3, а у диких — 0.4. Сравнение среднего возраста возврата выявило достоверные отличия ($p<0,0001$) между особями разного происхождения: заводские производители были младше диких как в период

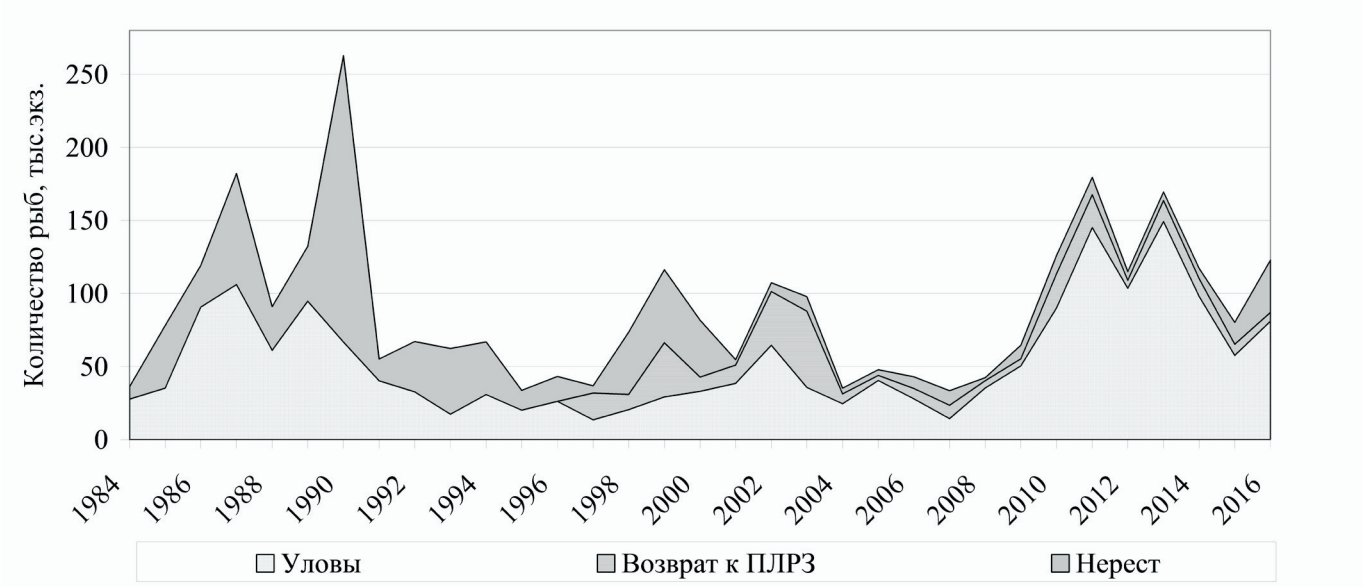


Рис. 1. Динамика запасов кеты в реке Паратунке в 1984–2016 гг.

1996–2009 гг. (рис. 3, вверху) (3,55±0,01 и 3,91±0,01 соответственно), так и в 2010–2015 гг. (рис. 3, внизу) (3,46±0,02 и 3,66±0,02 соответственно). Ранее мы обнаруживали аналогичные различия для кеты реки Авачи (ЛРЗ Кеткино) (Запорожец, Запорожец, 2011), а также оз. Б. Вилюй (Вилюйский ЛРЗ) (Запорожец и

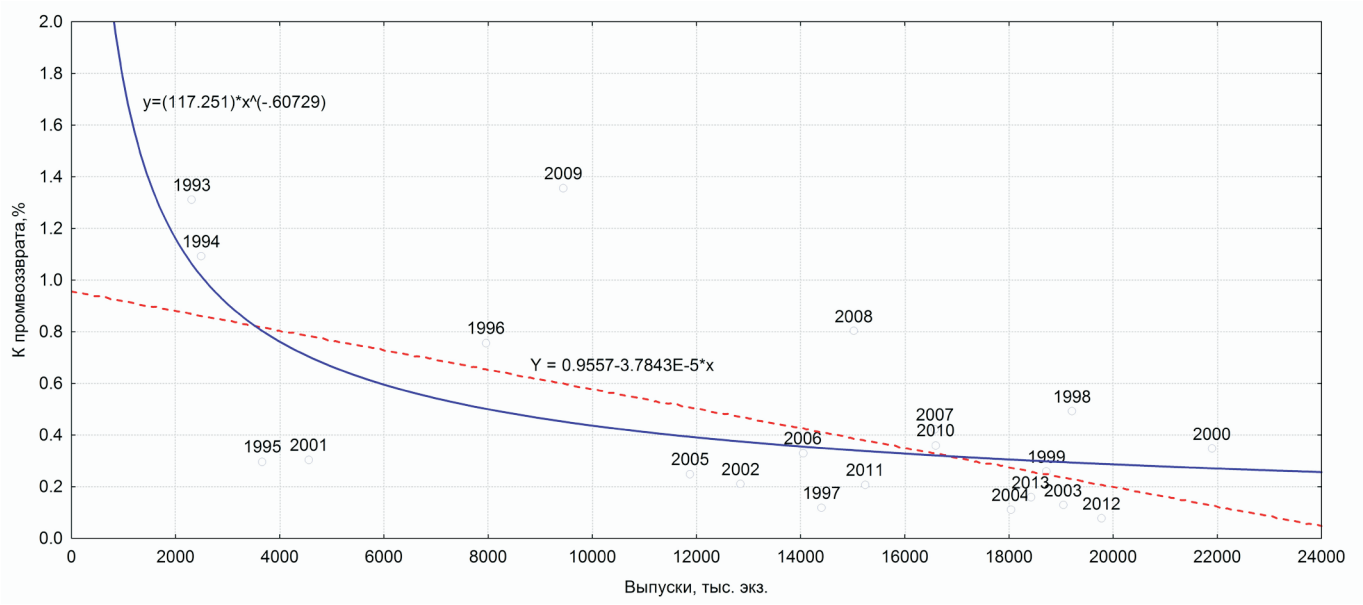


Рис. 2. Зависимость коэффициента возврата кеты к Паратунскому ЛРЗ от количества выпускаемой молоди. Метки у точек — годы выпуска. Сплошная линия — аппроксимация гиперболической функцией, пунктирная — прямой линией

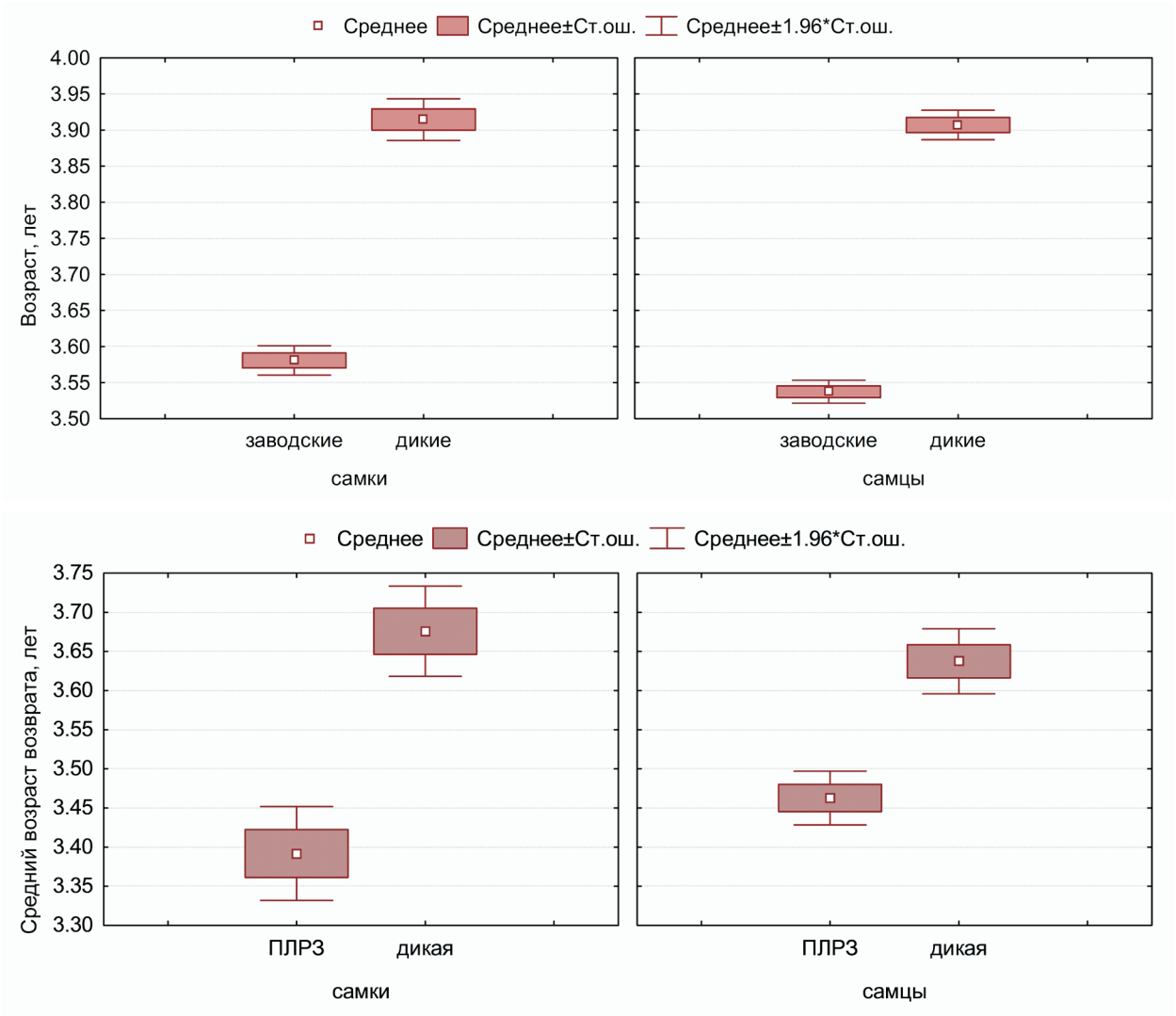


Рис. 3. Сравнение возраста возврата заводской и дикой кеты в бассейн реки Паратунки в 1996–2009 гг. (вверху) и 2010–2015 гг. (внизу)

др., 2012). Омоложение производителей заводской кеты отмечали и другие исследователи (Лысенко, Шабельский, 2002; Рослый, 2002; Горяинов и др., 2012; Иванков, Иванкова, 2015).

В целом средний возраст возврата снизился в обеих группах рыб, особенно за последние 10 лет. С другой стороны, такие показатели, как длина, масса и плодовитость кеты разного происхождения в период 2010–2015 гг. достоверно не отличались, хотя в предыдущий период исследований (1996–2009) самцы от естественного нереста были крупнее по размерам и массе, по сравнению с заводскими ($p<0,0001$) (Запорожец, Запорожец, 2011).

Кроме прочего, нерестовый ход заводских производителей заканчивается обычно раньше, чем диких, прежде всего, из-за того, рыбоводы ЛРЗ прекращают лов кеты, когда ее количество заметно уменьшается, хотя в это время еще идет ее осенняя раса.

Соотношение самцы/самки у производителей дикой и заводской паратунской кеты в период 2010–2015 гг. в устьевых исследовательских уловах (до отбора самок браконьерами) также различно: у первых — 1:1, у вторых — 3:2 ($p<0,001$). Подобные изменения половой структуры обнаружены и у выращиваемой в индустриальных условиях чавычи (Zaugg et al., 1992; Anderson et al., 2013) и стальноголового лосося (Daugherty et al., 2003), что может быть связано с акселерацией роста у культивируемых объектов.

По результатам идентификации происхождения особей по чешуе, в период 2010–2015 гг. доля заводских производителей в устьевых исследовательских уловах составляла в среднем 46%, на нерестилищах — 27%, а у Паратунского ЛРЗ — 75%. Близкие данные регистрировали и ранее (Запорожец, Запорожец, 2011). Надежность проведенной дифференциации подтверждена анализом отолитных меток в пробах 2014 г., проведенным н. с. КамчатНИРО Н.А. Растягаевой.

Одной из задач, представляющих научный интерес, была оценка стреинга заводской кеты на разные нерестилища Паратунки. Максимальная доля производителей искусственного происхождения обнаружена на нерестилищах, расположенных в непосредственной близости от ПЛРЗ (37%), затем — на нижних нерестилищах, рядом с которыми идет основной отлов кеты для закладки икры на ЛРЗ (31%). Минимальный стреинг отмечен на верхних нерестилищах (15–19%).

В среднем, в период с 1998 г. по 2015 г. уровень стреинга заводских рыб на нерестилища р. Паратунки колебался около 30%. Известно, что значительная доля заводских рыб может заметно снизить численность и продуктивность диких популяций (Reisenbichler, Rubin, 1999; Ford, 2002; Ford et al., 2006; Araki et al., 2008; Kostow, 2009, 2012; Zaporozhets, Zaporozhets, 2012; Hayes et al., 2013).

К последствиям искусственного воспроизводства относится снижение общего возраста возврата паратунской кеты в последние годы, которое можно объяснить массовым проникновением заводских рыб на естественные нерестилища и, соответственно, смешанным нерестом, а также увеличение там доли самцов за счет изменения соотношения полов в заводском возврате.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Численность кеты реки Паратунки с 2009 г. начала расти (как и в других районах Камчатки), но уровня 1990-х гг. так и не достигла.

Отмечена отрицательная зависимость возврата производителей от количества молоди, выпущенной с Паратунского ЛРЗ. Выживаемость паратунской заводской кеты от молоди (коэффициент возврата) в среднем составила 0,36%, от икры — 0,28%, а дикой (от икры) — 0,67%.

Рыбы, вернувшиеся от естественного нереста, достоверно старше заводских, в то же время происходит омоложение тех и других.

Соотношение полов в устьевых исследовательских уловах 2010–2015 гг. у заводской кеты сдвинуто в сторону самцов.

В устье реки доля заводских производителей в среднем составляла 46%, на нерестилищах — 27%, а у Паратунского ЛРЗ — 75%. Максимальный стреинг заводских рыб обнаружен на нерестилищах, расположенных в непосредственной близости от ПЛРЗ, минимальный — на верхних нерестилищах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Горяинов А.А., Крупянко Н.И., Лысенко А.В., Парпура И.З., Климкин В.В. 2012. Результаты рыбохозяйственного мониторинга кеты и горбуши в Приморском крае // Бюл. изуч. тихоокеан. лососей на Дальнем Востоке / Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центр. С. 29–44.

Заварина Л.О. 2016. Некоторые данные о нерестовых подходах, вылове, количестве на нерестилищах и динамике численности поколений кеты р. Авачи (Восточная Камчатка) / Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Матер. XVII Междунар. науч. конф. (16–17 ноября 2016 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 72–75.

Запорожец Г.В., Запорожец О.М. 2011. Лососевые рыбоводные заводы Дальнего Востока в экосистемах Северной Пацифики: Монография. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 268 с.

Запорожец Г.В., Запорожец О.М., Зорбиди Ж.Х. 2012. Воспроизводство кеты и кижуча на Вилюйском лососевом рыбоводном заводе (Юго-Восточная Камчатка) // Изв. ТИНРО. Т. 169. С. 162–175.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2000. Дифференциация естественных и искусственно воспроизводимых популяций кеты

(*Oncorhynchus keta*) по особенностям структуры чешуи // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 5. С. 139–146.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2007. Браконьерский промысел лососей в водоемах Камчатки: учет и экологические последствия. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 60 с.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2008. Лососи реки Паратунки (Восточная Камчатка): история изучения и современное состояние. Петропавловск-Камчатский: СЭТО-СТ Плюс. 132 с.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Зорбиди Ж.Х. 2013. Динамика численности и биологические характеристики тихоокеанских лососей реки Большой (Западная Камчатка) // Изв. ТИНРО. Т. 174. С. 38–67.

Иванков В.Н., Иванкова Е.В. 2015. Антропогенное воздействие на внутривидовую эколого-темпоральную дифференциацию и структуру популяций тихоокеанских лососей // Изв. ТИНРО. Т. 181. С. 23–34.

Лысенко А.В., Шабельский Д.Л. 2002. Влияние искусственного воспроизводства на линейно-массовые и возрастные показатели осенней кеты р. Нарвы (залив Петра Великого) // Тез. докл. Всерос. конф. молодых ученых, посвящ. 140-летию со дня рожд. Н.М. Книповича (Мурманск, 23–25 апреля 2002 г.). С. 128–129.

Рослый Ю.С. 2002. Динамика популяций и воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне Амура. Хабаровск: Книжное изд-во. 210 с.

Шунтов В.П., Темных О.С., Шевляков Е.А. 2014. «Провальная» лососевая путина-2014 — ожидаемый общий результат и более благоприятная оценка на путину-2015 // Бюллетень изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. № 9. С. 3–10.

Anderson J.H., Faulds P.L., Atlas W.I., Quinn T.P. 2013. Reproductive success of captively bred and naturally spawned Chinook salmon colonizing newly accessible habitat // Evolutionary Applications. 6 (2). P. 165–179.

Araki H., Berejikian B.A., Ford M.J., Blouin M.S. 2008. Fitness of hatchery-reared salmonids in the wild // Evolutionary Applications. 1. P. 342–355.

Bernard R.L., Myers K. 1994. The performance of quantitative scale pattern analysis in the identification of hatchery and wild steelhead. NPAFC Doc. FRI-UW-94xx. 18 p.

Daugherty D.J., Sutton T.M., Greil R.W. 2003. Life-history characteristics, population structure, and contribution of hatchery and wild steelhead in a Lake Huron tributary // J. Great Lakes Res. 29. N 3. P. 511–520.

Davis N.D. 1987. Variable selection and performance of variable subsets in scale pattern analysis. International North Pacific Fisheries Commission Document. Vancouver, Canada. FRI-UW-8713. University of Washington, Seattle. 47 p.

Ford M.J. 2002. Selection in Captivity during Supportive Breeding May Reduce Fitness in the Wild // Conservation Biology. V. 16, No. 3. P. 815–825.

Ford M.J., Fuss H., Boelts B., LaHood E., Hard J., Miller J. 2006. Changes in run timing and natural smolt production in a naturally spawning coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) population after 60 years of intensive hatchery supplementation // Can. J. Fish. and Aquat. Sci. 63, № 10. P. 2343–2355.

Hayes M.C., Reisenbichler R.R., Rubin S.P., Drake D.C., Stenberg K.S., Young S.F. 2013. Effectiveness of an integrated hatchery program: Can genetic-based performance differences between hatchery and wild Chinook salmon be avoided? // Can. J. Fish. and Aquat. Sci. 70. № 2. С. 147–158.

Kostow K.E. 2009. Factors that contribute to the ecological risks of salmon and steelhead hatchery programs and some mitigating strategies. Rev Fish Biol. Fish. 19: 9–31.

Kostow K.E. 2012. Strategies for reducing the ecological risks of hatchery programs: Case studies from the Pacific Northwest // Environmental Biology of Fishes. DOI: 10.1007/s10641-011-9868-1.

Reisenbichler R.R., Rubin S.P. 1999. Genetic changes from artificial propagation of Pacific salmon affect: the productivity and viability of supplemented populations // ICES Journal of Marine Science. 56. P. 459–466.

Zaugg W.S., Bodle J.E., Manning J.E. 1992. Changes in hatchery rearing and release strategies resulting from accelerated maturation of spring chinook salmon by photoperiod control // NOAA Techn. Rept. NMFS. № 106. P. 35–41.

Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V. 2012. Some consequences of Pacific salmon hatchery production in Kamchatka — changes in age structure and contributions to natural spawning populations // Environ. Biol. Fish. 94: 219–230.

УДК 574.21+574.52

ПРОМЫСЛОВЫЙ ВИД ИХТИОФАУНЫ СЕРЕБРЯНЫЙ КАРАСЬ *(CARASSIUS GIBELIO)* — ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИПОЙМЕННЫХ ОЗЕР НИЖНЕГО АМУРА

И.А. Никитина

Зам. нач. науч. отдела; ФГБУ «Заповедное Приамурье»
680000, Хабаровск, ул. Калинина, 27Б
Тел./факс: (4212) 29-41-28. E-mail: nauka-khekh@mail.ru

ТЕСТ-ИНДИКАТОР, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ОЗЕРА НИЖНЕГО АМУРА

Представлены данные исследований содержания тяжелых металлов в органах и тканях серебряного карася озер Гасси и Болонь бассейна Нижнего Амура. Выявлены общие закономерности и отличительные характеристики аккумуляции элементов. Рыбы являются оптимальными объектами для индикации экологического состояния водоемов и кормовой базы околоводной фауны.

THE COMMERCIAL FISH FAUNA SPECIES SILVER CRUCIAN *(CARASSIUS GIBELIO)* AS INDICATOR OF ECOLOGICAL CONDITION OF FLOODPLAIN LAKES OF THE LOWER AMUR

I.A. Nikitina

Deputy head of research division; FGBU "Zapovednoe Priamurye"
680000, Khabarovsk, Kalinina Str., 27B
Tel./fax: (4212) 29-41-28. E-mail: nauka-khekh@mail.ru

TEST-INDICATOR, HEAVY METALS, LAKES OF THE LOWER AMUR

Data of examination of the content of heavy metals in organs and tissues of silver crucian in the lakes Gassi and Bolon in the basin of the Lower Amur are presented. General patterns and specific characteristics of accumulation of the elements are revealed. The species is an optimal object to indicate ecological state of water bodies and forage base of coastal fauna.

Развивая идеи В.И. Вернадского, многие авторы в 80–90-е годы XX века (Сает и др., 1982; Глазовская, 1997; Перельман, Касимов, 1999; и др.) рассматривали миграцию химических элементов как сущность взаимоотношений между компонентами ландшафта и как связующее звено между горными породами, почвами, живыми организмами, природными водами и атмосферой. Ландшафтно-геохимические процессы, формирующие миграционные потоки элементов в окружающей среде, обусловливают их региональные фоновые уровни, по отношению к которым можно определить степень техногенного воздействия на природные объекты.

Наиболее удобными и репрезентативными тест-индикаторами для мониторинга экологического состояния водных экосистем (Немова, Высоцкая, 2004) являются рыбы, населяющие разные типы водных объектов, имеющие длительный жизненный цикл и занимающие верхний уровень в трофической системе водоемов. Использование рыб для индикации накопления элементов, прежде всего тяжелых металлов, позволяет определить малые дозы антропогенного загрязнения (Hakanson, 1980; Моисеенко и др., 2006) и природных гидрохимических аномалий.

Многочисленные исследования (Петухов, Морозов, 1983; Трифонова и др., 2007) показывают на наличие межвидовых различий накопления микроэлементов у рыб. Видовая принадлежность определяет уровень метаболизма, миграционную активность и биотопы обитания, от которых зависит специфика накопления отдельных элементов.

Но существуют и общие закономерности для всех видов рыб: в мышцах, почках и печени наблюдается наибольшая обеспеченность цинком, в печени аккумулируется большая часть меди, в жабрах, чешуе и костной ткани — наиболее высокое содержание стронция (Моисеенко и др., 2006). По мере снижения

концентраций элементов в организмах рыб (это касается прежде всего токсичных неэссенциальных металлов антропогенного происхождения) вариабельность содержания их увеличивается. Механизм выведения ртути из организма отличается от других элементов. В водной среде неорганическая ртуть преобразуется микроорганизмами в высокотоксичное соединение диметилртуть, которая интенсивно вступает в липидный обмен и оседает в жировых клетках тканей (Моисеенко и др., 2006). Процесс накопления значительно преобладает над процессами выведения, причем отмечается, что накопление ее увеличивается с возрастом рыб.

Мониторинг токсичных элементов в водных экосистемах заповедника «Болоньский», расположенного в бассейне припойменного оз. Болонь Нижнего Амура, был организован после загрязнения Амура бензольными соединениями и другими токсикантами в результате аварии в декабре 2005 г. на химическом производстве г. Цзилинь, КНР. Из перечня фоновых видов рыб в качестве тест-индикатора был выбран серебряный карась *(Carassius gibelio)*.

Этот вид характеризуется придонным образом жизни, питается донными организмами, преимущественно водными растениями, зоопланктоном и личинками хирономид. Нерест серебряного карася растянут во времени и начинается, в зависимости от погодных условий, во второй половине мая либо с наступлением первых чисел июня. На летний период приходится пик интенсивности питания. В зимний период питание, напротив, прекращается, карась закапывается в ил (Новиков и др., 2002). Условия зимовки в мелководных пойменных озерах Нижнего Амура, когда концентрация кислорода в воде снижается до десятых долей процента, вынуждают большую часть карасей, также как и других рыб амурского ихтиокомплекса, мигрировать в русло Амура. Из рыб заповедника «Болоньский» только часть популяции карася остается в зимовальных ямах рек до весны.

Серебряный карась отличается высокой экологической пластичностью, один из немногих видов переносит кислородное голодание и способен обитать в водоемах с разной степенью антропогенной нагрузки. Он распространен в болотистых и низменных озерах и реках Сибири, на Дальнем Востоке, в низовьях рек Аральского моря. В европейской части России и реках Средней Европы чаще встречается другой вид рода — *Carassius auratus*. Карась широко используется в качестве экологического индикатора (Чернова, Кавун, 2000; Марченко и др., 2006). Так, в приморских водоемах региональные особенности в аккумуляции металлов у серебряного карася проявляются в преобладании цинка, по сравнению с рыбами из Оби, Лены. Широкое распространение вида позволяет проводить сравнительный анализ и накапливать данные для статистической обработки.

Цель данной работы — оценка содержания токсичных металлов в карасе серебряном оз. Гасси национального парка «Анюйский» и сравнение экологического состояния озер Гасси и Болонь с использованием биогеохимического метода.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

С 2008 по 2012 гг. проведены исследования содержания химических элементов в серебряном карасе водных объектов заповедника «Болоньский», в оз. Болонь и на участках нижнего течения р. Амур. В 2015 г. получены данные мониторинга содержания элементов в карасях заповедника «Болоньский» после катастрофического наводнения на Амуре в августе–сентябре 2013 г. (табл. 1, рис. 1).

В летний период 2016 г. в оз. Гасси близ м. Осиновый проведены отборы проб воды, донных отложений и карасей, являющихся объектами кормовой базы водных и околоводных животных, в том числе дальневосточной черепахи *(Pelodiscus sinensis)*. На анализ у серебряного карася отобраны ткани и органы: чешуя, жабры, мышечная ткань и почки. Образцы были заморожены и хранились до проведения анализов при температуре 12 ºС.

Определение химических элементов в органах и тканях карасей проведено в лаборатории Информационно-аналитического центра (ИАЦ) Института тектоники и геофизики ДВО РАН методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой на ICP-MS Elan 9000 (МУК 4.1.1483-03, 2003). Точность определения — 0,0001 мг/кг сырой массы. Проведение анализов в одной лаборатории позволяет исключить влияние расхождений результатов мониторинга, выполненных различными методами.

Пробы мягких тканей рыбы разлагались способом мокрой минерализации, основанном на полном разрушении органического вещества при нагревании с азотной концентрированной кислотой и добавлением перекиси водорода.

В данной работе выделяется группа халькофильных токсичных элементов: Cd, Pb, Hg, Cu, Zn, Sr, Bi, соединения которых в последние десятилетия рассматриваются в качестве глобальных загрязняющих веществ (Даувальтер, Кашулин, 2010), благодаря своим свойствам образовывать металлоорганические и сернистые соединения и легко мигрировать в водной и воздушной среде.

Таблица 1. Средние концентрации токсичных элементов в органах и тканях серебряного карася оз. Гасси и водных объектов оз. Болонь летнего периода

Элемент, мкг/г	Орган, ткань	Бассейн оз. Болонь (точка отбора)			Оз. Гасси
		2008–2012 (июнь–июль) р. Симми (ст. 1) n=21	2015 (июль–август) р. Симми (ст. 1) n=5	2012 (июнь) оз. Волна (ст. 2) n=7	2016 (июль) (ст. 3) n=5
Cd	чешуя	0,029	0,007	0,002	0,009
	жабры	0,007	0,002	0,002	0,005
	мышцы	0,003	0,007	0,007	0,004
	почки	0,193	0,097	0,111	0,225
	печень	0,043	–	0,022	–
Pb	чешуя	0,127	0,158	0,046	0,339
	жабры	0,173	0,118	0,042	0,280
	мышцы	0,030	0,114	0,032	0,337
	почки	0,055	0,061	0,040	0,232
	печень	0,038	–	0,020	–
Hg	чешуя	0,006	0,001	0,001	0,015
	жабры	0,005	0,001	0,000	0,006
	мышцы	0,004	0,023	0,002	0,083
	почки	0,004	0,001	0,000	0,071
	печень	0,002	–	0,000	–
Bi	чешуя	0,022	0,001	0,003	0,016
	жабры	0,008	0,002	0,003	0,003
	мышцы	0,003	0,003	0,005	0,008
	почки	0,018	0,012	0,012	0,019
	печень	0,019	–	0,031	–
Cu	чешуя	0,251	0,281	0,600	<0.001
	жабры	0,603	0,392	0,416	0,170
	мышцы	0,435	0,346	0,146	<0.001
	почки	1,638	1,204	1,865	1,226
	печень	5,771	–	12,495	–
Zn	чешуя	36,351	26,096	52,680	53,568
	жабры	60,740	59,495	63,712	79,347
	мышцы	12,711	17,269	13,255	22,258
	почки	63,053	68,612	63,907	113,403
	печень	30,450	–	29,070	–
Sr	чешуя	135,568	76,942	202,686	219,770
	жабры	46,242	28,803	53,720	69,818
	мышцы	0,750	1,551	1,104	2,352
	почки	0,287	0,297	0,368	1,596

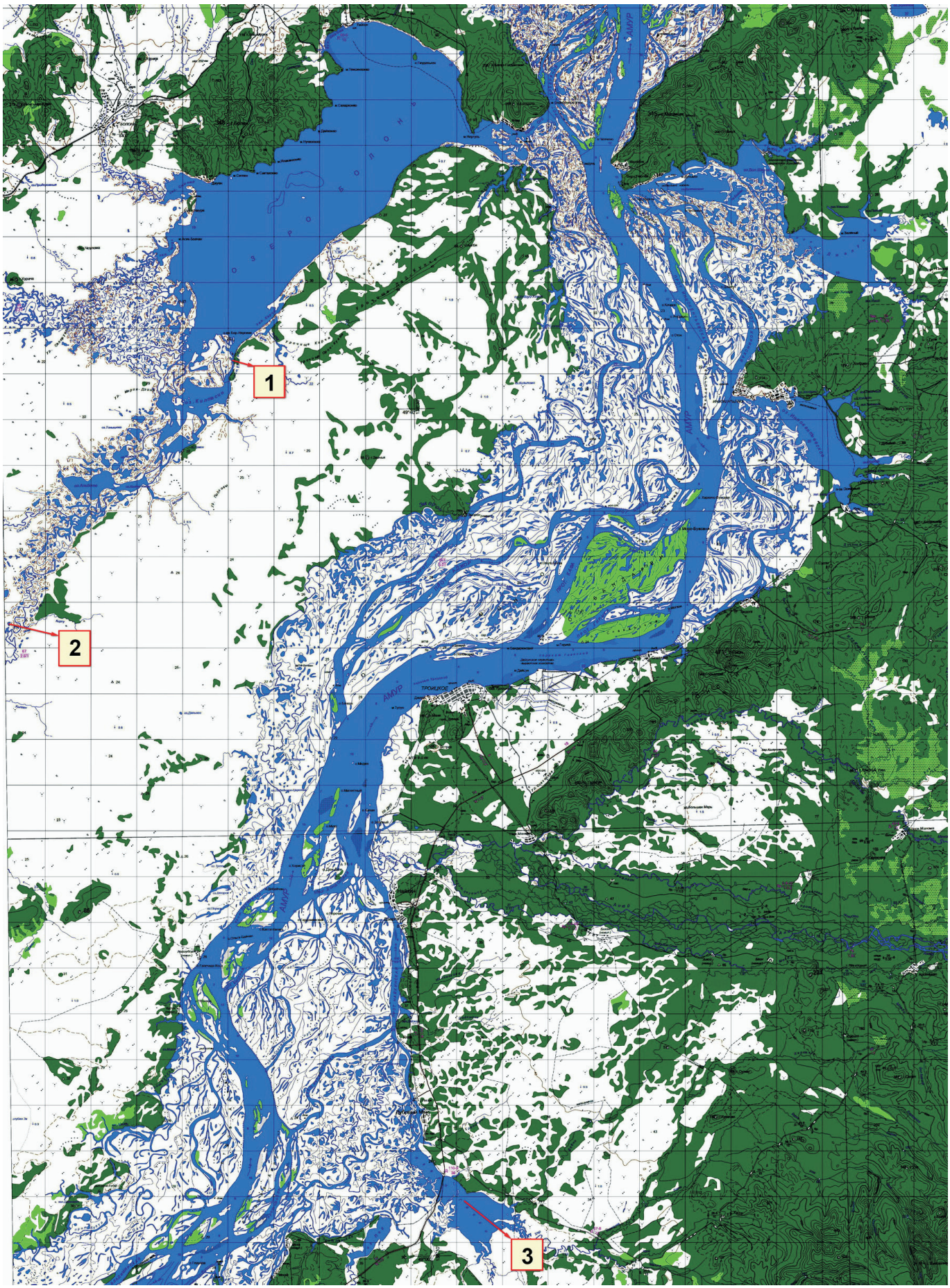


Рис. 1. Схема отбора проб: ст. 1 — р. Симми, ст. 2 — оз. Волна, ст. 3 — оз. Гасси

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам определений концентраций элементов, выполненных в ИАЦ Института тектоники и геофизики ДВО РАН, выявлен характер биоаккумуляции и уровни содержания химических элементов в органах и тканях серебряного карася, определен фоновый створ (Никитина, 2013). Концентрации химических элементов в биопробах из изолированного оз. Волна (табл. 1) на южной границе заповедника «Болоньский» рассматриваются нами как фоновые для данного района исследований. Они отличаются пониженным уровнем аккумуляции металлов по сравнению с пробами из водных объектов бассейна оз. Болонь.

Данные мониторинга 2015 г. содержания химических элементов в органах и тканях серебряного карася из водоемов заповедника «Болоньский» позволили говорить о снижении концентраций элементов в рыбах после наводнения.

Результаты анализов содержания токсичных элементов в органах и тканях серебряного карася оз. Гасси, полученные в 2016 г., ввиду отсутствия нормативов содержания микроэлементов в объектах живой природы, сравниваются со средними концентрациями элементов в карасях за период наблюдений 2008–2012 и 2015 гг.

В таблице приведены результаты, полученные при анализе биопроб карасей оз. Гасси, а также ранее проведенных исследований.

Накопленные данные концентраций элементов в органах серебряного карася бассейна оз. Болонь отражают сложившийся геохимический фон в районе исследований и используются нами для сравнения с результатами исследований образцов карасей другого припойменного озера бассейна Нижнего Амура.

Кадмий. Концентрации кадмия в большинстве органов серебряного карася оз. Гасси определены на уровне средних значений, полученных в образцах рыб из р. Симми. Содержание его в органах выведения — почках, где депонируется основная часть кадмия, также сопоставимо с соответствующими результатами, полученными в период мониторинга 2008–2012 гг. Однако они превышают уровень 2015 г. и фоновый уровень элемента в биообразцах почти в 2 раза.

Свинец. Отмечается уровень свинца в чешуе и жабрах карасей из оз. Гасси вдвое выше, чем из оз. Болонь в 2008–2015 гг., и в 7 раз выше фонового уровня свинца образцов из оз. Волна. По-видимому, аккумуляция его в органах рыб связана с миграционной активностью в загрязненных участках бассейна Нижнего Амура.

Ртуть. Закономерность, характерная для распределения свинца в органах карасей, наблюдается и для ртути. Высокая аккумуляция отмечается в мышцах рыб оз. Гасси, в 41 раз выше фонового уровня и в 20 раз выше соответствующих средних концентраций за период мониторинга в бассейне оз. Болонь. Содержание ртути, в 20 раз превышающее данные по оз. Болонь, отмечено и в почках карасей. Данный метод определения для ртути не является специфичным, однако он может указывать на уровень содержания элемента в органах.

Висмут. Один из микроэлементов, мало распространенных в природе, и потому слабо изучено его воздействие на живые организмы. Растворимые соли висмута ядовиты, по характеру воздействия аналогичны ртути. Уровни содержания его в органах и тканях серебряного карася также соизмеримы с данными концентраций ртути. Содержание висмута в карасях оз. Гасси летнего периода близко к среднемноголетним данным мониторинга в заповеднике «Болоньский».

Медь. Содержание меди в органах серебряного карася оз. Гасси низкое, вплоть до концентраций ниже предела обнаружения. Максимальные концентрации отмечены в почках, они близки к данным наблюдений 2015 г. в рыбах р. Симми бассейна оз. Болонь.

Цинк. Содержание этого эссенциального элемента в рыбах оз. Гасси выше, чем в органах карася из р. Симми за период наблюдений 2008–2015 гг., в жабрах и мышцах — в 1,3 раза, в почках — в 1,8 раз. Аккумуляция в почках настолько же выше фоновых значений и данных мониторинга 2015 г. Результаты коррелируются с уровнем цинка в воде оз. Гасси, превышающим в 2 раза соответствующий уровень в воде оз. Болонь.

Стронций. Концентрации стронция в органах серебряного карася оз. Гасси в 1,5 раза выше среднемноголетних значений в образцах из бассейна оз. Болонь. По сравнению с данными 2015 г. и фоновыми концентрациями, превышение достигает 4,3–5 раз. Скорее всего, увеличение стронция в тканях рыб связано со значительным содержанием его в донных отложениях (в 4,1 раза выше, чем в оз. Болонь) и в поверхностных водах (соответственно в 2,4 раза выше). Стронций, участвующий в обменных процессах в костной и хрящевой тканях, имеет максимальные концентрации в чешуе и жабрах. При значительных концентрациях может замещать кальций в костной и хрящевой тканях, что уменьшает прочность скелета гидробионтов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По сравнению с другими гидробионтами, рыбы, находясь на высших трофических уровнях, являются оптимальными объектами для индикации экологического состояния кормовой базы околоводной фауны. Из группы фоновых видов рыб Нижнего Амура серебряный карась характеризуется повышенной аккумуляцией химических элементов из водной среды и донных отложений.

По результатам работ подтверждается характер распределения токсичных элементов в органах и тканях карася. При сравнении уровней накопления тяжелых металлов у серебряного карася из озер Гасси и Болонь Нижнего Амура выявлены общие закономерности и отличительные характеристики аккумуляции. Наблюдается сходство в уровнях накопления в рыбах кадмия, меди и висмута.

Концентрации свинца, ртути и цинка в образцах карасей оз. Гасси превышают уровни накопления соответствующих элементов для бассейна оз. Болонь. Это может быть связано с характером состава поверхностных вод. В воде оз. Болонь, в отличие от оз. Гасси, содержится большое количество растворенного органического вещества гумусового происхождения (Левшина и др., 2007). Металлы, более способные к комплексообразованию (такие, как цинк, свинец), связываются и становятся менее биодоступными, поэтому аккумуляция их в органах индикаторного вида ихтиофауны оз. Болонь проходит слабее, чем в водах оз. Гасси.

Уровень ртути в биообразцах из оз. Гасси в 20 раз превышает соответствующие показатели из оз. Болонь, концентрации стронция также выше аналогичных в 4–5 раз. Оба элемента в значительных концентрациях отрицательно влияют на живой организм. Необходимо продолжить исследования химического состава поверхностных вод национального парка, донных отложений и биообъектов оз. Гасси для понимания причин их накопления и роли в благополучии дальневосточной черепахи и других обитателей водной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Глазовская М.А. 1997. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М.: МГУ. 102 с.

Даувальтер В.А., Кашулин Н.А. 2010. Халькофильные элементы (Hg, Cd, Pb, As) в озере Умбозеро, Мурманская область // Водн. ресурсы. Т. 37. № 4. С. 461–476.

Левшина С.И., Шамов В.В., Ким В.И. 2007. Органическое вещество в воде припойменных озер Нижнего Амура // Водн. ресурсы. Т. 34. № 5. С. 596–603.

Марченко А.Л., Чернова Е.Н., Христофорова Н.К. 2006. Содержание тяжелых металлов в мышцах карася серебряного *Carassius auratus gibelio* из водоемов юга Приморского края // Электрон. науч. журнал «Исследовано в России». Режим доступа: http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006//078.pdf. Дата обращения: 10 октября 2014.

Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. 2006. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. М.: Наука. 261 с.

МУК 4.1.1483-03 Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой, 2003.

Немова Н.Н., Высоцкая Р.У. 2004. Биохимическая индикация состояния рыб. М.: Наука. 212 с.

Никитина И.А. 2013. Микроэлементы в экосистеме водно-болотных угодий бассейна Амура // Биогеохимия и биохимия микроэлементов в условиях техногенеза биосферы: Матер. VIII Междунар. биогеохим. школы (Гродненский гос. ун-т, Республика Беларусь) / Под ред. В.В. Ермакова. М.: ГЕОХИ РАН. С. 85–89.

Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. 2002. Рыбы Приморья. Владивосток: Дальрыбвтуз. 552 с.

Перельман А.И., Касимов Н.С. 1999. Геохимия ландшафта. Учеб. пособие. Изд. 3, перераб. и доп. М.: Астрея-2000. 768 с.

Петухов С.А., Морозов Н.П. 1983. К вопросу о «видовых» различиях микроэлементного состава рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 23. Вып. 5. С. 870–873.

Сает Ю.Е., Алексинская Л.Н., Янин Е.П. 1982. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами. М.: ИМГРЭ. 73 с.

Трифонова Т.А., Ширкин Л.А., Селиванова Н.В. 2007. Эколого-геохимический анализ загрязнения ландшафтов. Владимир: ООО «Владимир Полиграф». 170 с.

Чернова Е.Н., Кавун В.Я. 2000. Концентрации тяжелых металлов в органах карася серебряного *Carassius auratus* gibelio (Cypriniformes, Cyprinidae) из озера Лебединого бассейна реки Туманной // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука. Т. 1. С. 186–194.

Hakanson L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentlogical approach // Water Research, 14 (8): С. 975–1001.

УДК 574.5 (262.54)

РАЗНООБРАЗИЕ ЗООПЛАНКТОНА В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

В.В. Касьян[1], Д.С. Егоров[2]

[1]Н. с., к. б. н.; Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН
690041, Владивосток, ул. Пальчевского, 17
Тел.: (4232) 31-11-69. E-mail: valentina-k@yandex.ru
[2]Магистр; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет
690087, Владивосток, ул. Луговая, 52Б
Тел.: (4232) 244-03-06. E-mail: shadoff93@mail.ru

ЗООПЛАНКТОН, ВИДОВОЙ СОСТАВ, ПЛОТНОСТЬ, ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ЗАПОВЕДНИК, ЯПОНСКОЕ МОРЕ

Исследованы видовой состав, плотность и распределение зоопланктона в Дальневосточном морском заповеднике. Обнаружены восемь таксономических групп, среди которых доминировали веслоногие ракообразные (Copepoda, 21 вид) и ветвистоусые ракообразные (Cladocera, 5 видов). Наибольшие концентрации зоопланктона (до 36,4 тыс. экз./м^3) были отмечены в июне в зал. Посьета (Посьетский рейд) над глубинами не более 10 м. В сообществе южного района в июне–июле доминировали копеподы *Oithona similis, Pseudocalanus newmani* и *Acartia hudsonica*, в августе–сентябре — *Paracalanus parvus*, Cladocera, Appendicularia и Chaetognatha. В сообществе восточного района в июне–июле доминировали копеподы *Pseudocalanus newmani* и *Oithona similis*, в августе–сентябре — *Paracalanus parvus, Oithona similis* и Cladocera. В сообществе западного района в июне–июле доминировали копеподы *Acartia hudsonica*, *Eurytemora pacifica*, *Oithona similis* и Cladocera, в августе–сентябре — *Paracalanus parvus*, *Oithona brevicornis*, а также Cladocera, Appendicularia и Chaetognatha.

THE DIVERSITY OF ZOOPLANKTON IN THE SOUTHWESTERN PART OF PETER THE GREAT BAY, THE SEA OF JAPAN

V.V. Kasyan[1], D.S. Egorov[2]

[1]Researcher, Ph. D. (Biology); National Scientific Center of Marine Biology, Far East Branch, Russian Academy of Sciences
690041, Vladivostok, Palchevskogo Str., 17
Tel.: (4232) 31-11-69. E-mail: valentina-k@yandex.ru
[2]Master's degree; Far Eastern State Technical Fisheries University
690087, Vladivostok, Lugovaya Str., 52B
Tel.: (4232) 244-03-06. E-mail: shadoff93@mail.ru

ZOOPLANKTON, SPECIES COMPOSITION, DENSITY, FAR EASTERN MARINE RESERVE, THE SEA OF JAPAN

Species composition, density and distribution of zooplankton in the Far Eastern Marine Reserve were examined. Eight taxonomic groups were identified, where the dominants were copepods (Copepoda, 21 species) and cladocerans (Cladocera, 5 species). The highest zooplankton density (up to 36.4 thousand ind./m^3) was observed in the Posiet Bay (Posiet raid) over the depths <10 m. *Oithona similis*, *Pseudocalanus newmani* and *Acartia hudsonica* dominated in zooplankton community of the southern district in June–July. *Paracalanus parvus*, Cladocera, Appendicularia and Chaetognatha dominated in August–September. *Pseudocalanus newmani* and *Oithona similis* prevailed in the zooplankton community of the eastern district in June–July, *Paracalanus parvus*, *Oithona similis* and Cladocera – in August–September. *Acartia hudsonica*, *Eurytemora pacifica*, *Oithona similis* and Cladocera dominated in the zooplankton community of the western district in June–July, *Paracalanus parvus*, *Oithona brevicornis*, and Cladocera, Appendicularia, Chaetognatha – in August–September.

Дальневосточный государственный морской заповедник ДВО РАН (ДВГМЗ) находится в юго-западной части залива Петра Великого Японского моря. Этот небольшой участок Южного Приморья является самым богатым по разнообразию населения районом морей России. Нигде больше нет такого многообразия рыб, водорослей, беспозвоночных, птиц и млекопитающих, а также уникальных геологических структур и почв, сконцентрированных на маленькой территории заповедных островов и побережья. Географическое расположение делает эту акваторию очень интересной для изучения. В летний гидрологический сезон

(июль–сентябрь) восточный, глубоководный район заповедника наиболее подвержен влиянию холодного Приморского течения. Западный, мелководный район заповедника отличается длительным летним распреснением, охватывающим все горизонты, и отсутствием резких перепадов температур между поверхностными и придонными слоями воды, а южный — вторжением струй Восточно-Корейского течения с теплыми тропическими водами (Дальневосточный морской.., 2004).

Сведений о пространственном распределении и характеристиках обилия зоопланктона для районов ДВГМЗ в литературе чрезвычайно мало (Бродский, 1957, 1981; Вышкварцев и др., 1979; Дальневосточный морской.., 2004; Кос, 1976, 1977). В основном эти работы посвящены изучению зоопланктона залива Посьета (западный район заповедника) — акватории, имеющей своеобразный гидрологический режим, где условия обитания гидробионтов изменяются от субтропических летом до арктических зимой (Ластовецкий, Якунин, 1981). В середине 90-х гг. XX века внимание уделялось изучению летнего зоопланктона южного участка заповедника в пределах 20-метровой изобаты, в связи со строительством большого транспортного порта (Вышкварцев, Лебедев, 1997).

Цель работы — исследование видового состава, плотности и распределения зоопланктонных сообществ в Дальневосточном государственном морском заповеднике.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы сборы планктона, выполненные ежемесячно на 10 станциях в акватории ДВГМЗ в июне–сентябре 2012 г. Акватория заповедника состоит из трех районов (рис. 1). В южном районе облавливался слой 0–20, максимально до 30 м, в западном — 0–10, 0–20, максимально до 25 м, в восточном — 0–27, максимально — 43 м. Орудием лова служила большая сеть Джеди (диаметр входного отверстия 38 см и фильтрующее сито с ячеей 168 мкм). Одновременно с отбором проб на каждой станции измеряли температуру воды у поверхности (0–0,5 м). Всего было собрано и обработано 40 планктонных проб. Пробы фиксировали 4%-м формалином. Количественный подсчет проводили в соответствии со стандартными гидробиологическими методиками в камере Богорова с использованием бинокуляра МБС-10 (Инструкция по количественной обработке.., 1982). Анализ сходства-различия таксономического состава копепод по станциям проводили с помощью кластерного анализа на основе коэффициента сходства Брэя-Кертиса в программе “Past” (Hammer et al., 2001).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование акватории заповедника в весенне-летний период выявило разнообразную фауну зоопланктеров (восемь таксономических групп). Основными представителями зоопланктона являлись веслоногие ракообразные (Copepoda), относящиеся к двум отрядам (Calanoida — 17 видов, и Cyclopoida — 4 вида), 9 семействам, 12 родам, 21 виду; и ветвистоусые ракообразные (Cladocera), относящиеся к 2 семействам, 5 родам, 5 видам.

Методом кластерного анализа на основе коэффициента сходства Брэя–Кертиса были выделены 3 сообщества зоопланктона. Эти сообщества представляли собой группы видов, количественные отношения между которыми сохранялись на определенной территории.

В сообществе (А) южного района заповедника (ст. 1–3) в июне над глубинами18–30 м средняя плотность зоопланктона составляла 16 тыс. экз/м^3. В это время преобладали *O. similis* и *P. newmani*. Меньшее значение имели *A. hudsonica* и науплиусы копепод (рис. 2). В небольшом количестве (менее 1%) были отмечены *N. plumchrus* (ст. 1, 2) и *O. brevicornis*

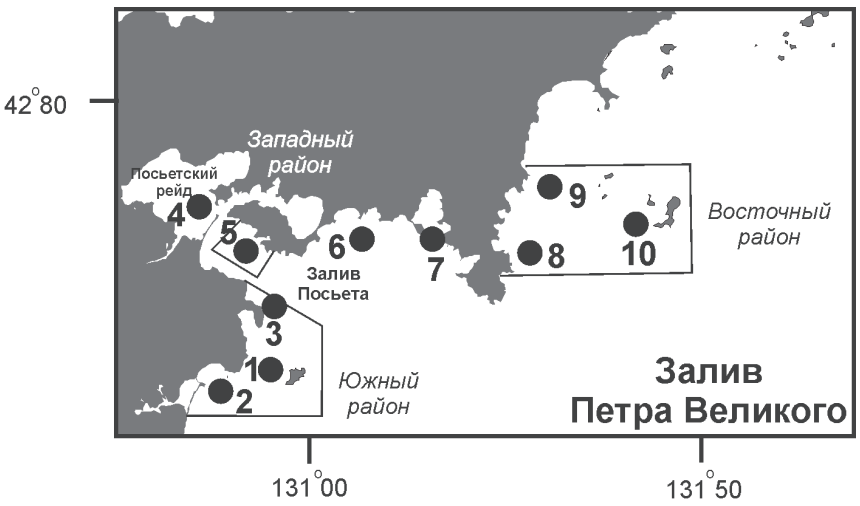


Рис. 1. Карта-схема сбора планктонных проб в Дальневосточном морском заповеднике

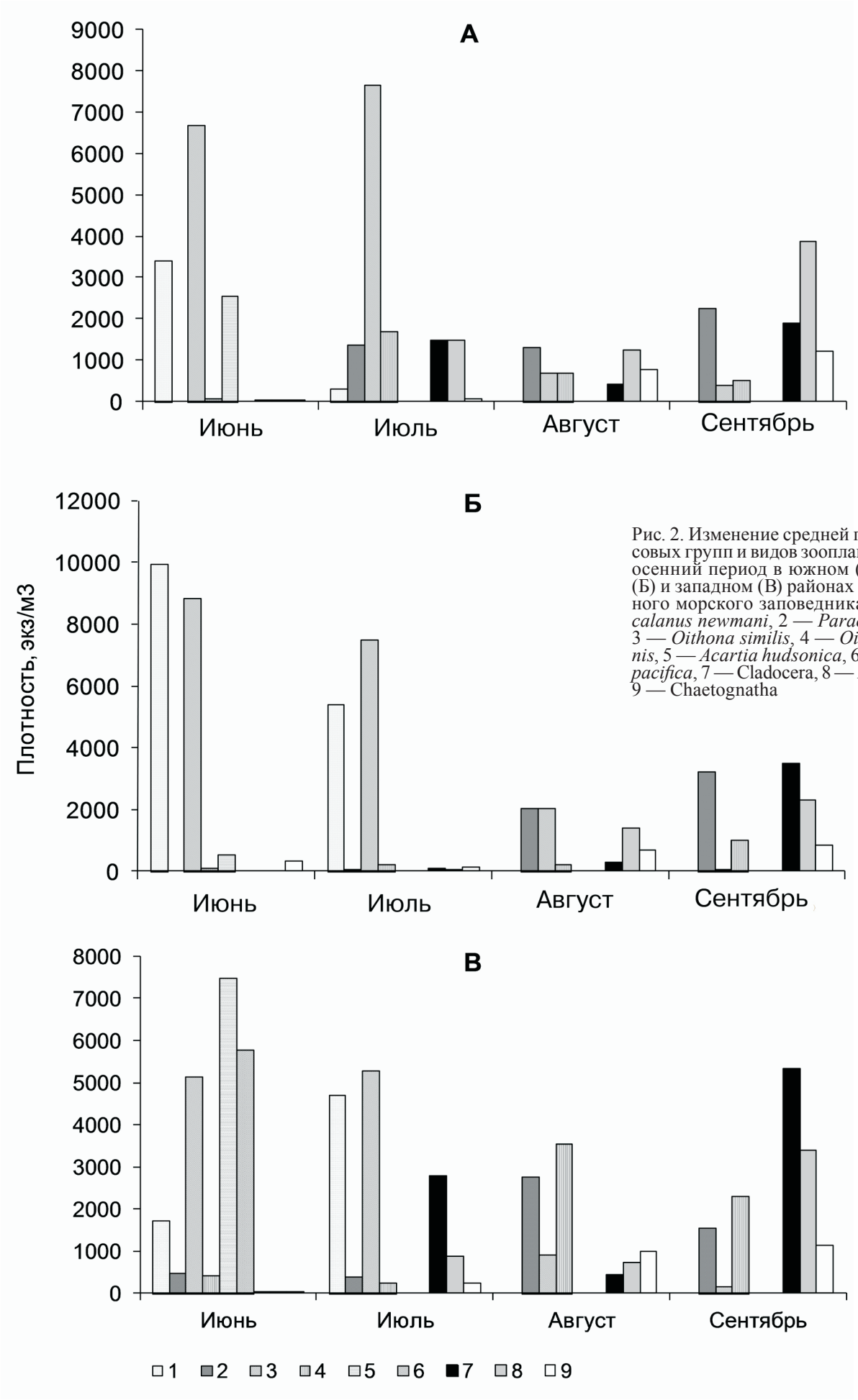


Рис. 2. Изменение средней плотности массовых групп и видов зоопланктона в летне-осенний период в южном (А), восточном (Б) и западном (В) районах Дальневосточного морского заповедника. 1 — *Pseudocalanus newmani*, 2 — *Paracalanus parvus*, 3 — *Oithona similis*, 4 — *Oithona brevicornis*, 5 — *Acartia hudsonica*, 6 — *Eurytemora pacifica*, 7 — Cladocera, 8 — Appendicularia, 9 — Chaetognatha

(ст. 2, 3). В июле с прогревом вод доминирующим видом была *O. similis*. Доля ветвистоусых ракообразных (Cladocera), аппендикулярий (Appendicularia) и тепловодных копепод *O. brevicornis* и *P. parvus* несколько увеличилась. Единично встречались холодноводные *N. plumchrus* и *P. newmani*. В августе при максимальном прогреве вод (21 °С) фауна веслоногих ракообразных приобретает более тепловодный характер, чем таковой в июле. Самыми многочисленными были копеподы *P. parvus*, *O. similis*, *O. brevicornis*, а также аппендикулярии и щетинкочелюстные (Chaetognatha) (рис. 2). В сентябре при снижении температуры воды самыми многочисленными были копеподы *P. parvus*, аппендикулярий и ветвистоусые ракообразные. Меньшее значение имели копеподы *O. brevicornis*, *O. similis* и щетинкочелюстные (рис. 2). В сентябре 1995 г. копеподы *O. similis* и *P. parvus* были доминирующими (33% и 21%) видами фауны копепод южной части акватории заповедника (*Дальневосточный морской..,* 2004), тогда как в сентябре 2012 г. основу численности составляли только особи *P. parvus* (58%). Обилие летом в планктоне копепод *O. similis* и *P. newmani* свидетельствовало о подтоке холодных вод в придонном слое, а их плотность отражала степень влияния этих вод на южную часть акватории заповедника.

В сообществе (Б) восточного района заповедника (ст. 6, 8–10) в июне над глубинами 27–43 м средняя плотность зоопланктона была относительно высокой (21,5 тыс. экз/м^3). Наибольшие концентрации (свыше 24 тыс. экз/м^3) были отмечены в прибрежной зоне (ст. 8 и 9) при температуре воды 9 °С над глубинами не более 27 м. Преобладали холодноводные копеподы *P. newmani, O. similis* и *N. plumchrus* (рис. 2). Плотность холодноводных видов родов *Neocalanus* (до 1700 экз./м^3) и *Pseudocalanus* (до 13 000 экз./м^3) в восточном районе была наибольшей, чем в других районах заповедника. В небольшом количестве (менее 3%) были отмечены щетинкочелюстные и другие холодноводные виды копепод: *P. minutus*, *A. tumida, Oithona atlantica, M. pygmaeus*. Тепловодные виды не зарегистрированы. В июле при повышении температуры воды средняя плотность зоопланктона уменьшилась в два раза. По-прежнему доминирующими были холодноводные копеподы *O. similis* и *P. newmani*. В планктоне появились и были единично отмечены кладоцеры и аппендикулярии, а также тепловодные виды копепод *P. parvus, A. omorii*, *T. discaudatus* и *O. brevicornis* (рис. 2). В августе в период максимального прогрева вод самыми многочисленными были тепловодный *P. parvus* и холодноводный *O. similis* (по 44%), тогда как доля *O. brevicornis* и других тепловодных видов не превышала 5%. Совместное присутствие в планктоне как холодноводных, так и тепловодных видов копепод указывало на выраженную стратификацию водной толщи восточной (глубоководной) части заповедника в августе, где на глубине влияние оказывала холодная глубинная япономорская водная масса, а на поверхности — более теплая поверхностная модификация поверхностной япономорской водной массы. В сентябре при полном отсутствии холодноводных видов основу численности копепод составляли тепловодные виды копепод *P. parvus* и *O. brevicornis*, а также кладоцеры и аппендикулярии (рис. 2).

В сообществе (В) западного района заповедника (ст. 4, 5 и 7) в июне над глубинами 10–25 м средняя плотность зоопланктона была максимальной (25,5 тыс. экз/м^3). Наибольшие концентрации (до 36,4 тыс. экз/м^3) были отмечены в полузакрытой акватории (ст. 4 — Посьетский рейд) при температуре воды 13 °С над глубинами не более 10 м. Преобладали солоноватоводные неритические копеподы *A. hudsonica* и *E. pacifica* (рис. 2). Меньшее значение имели *O. similis* и науплиусы копепод. В небольшом количестве (менее 1%) были отмечены холодноводные *N. plumchrus*, *P. minutus*, *P. newmani* и тепловодные *P. parvus, A. pacifica, A. omorii* и *O. brevicornis*. Холодноводные виды встречались в открытых районах (ст. 6 и 7), тогда как тепловодные — в полузакрытых акваториях (ст. 4 и 5). В июле при повышении температуры воды средняя плотность зоопланктона уменьшилась в два раза, а доминирующими стали копеподы *O. similis*, *P. newmani* и кладоцеры. Концентрация щетинкочелюстных и аппендикулярий, а также тепловодных видов копепод (*P. parvus, A. pacifica, A. omorii* и *O. brevicornis)* несколько увеличилась. В августе в период максимального прогрева вод самыми многочисленными были тепловодные копеподы *O. brevicornis* и *P. parvus* (рис. 2). В это время в планктоне западной части заповедника обнаружены только тропические и субтропические виды копепод, присутствие некоторых из них (таких как *O. nana, M. tenuicornis, P. inopinus*) говорит о возможности проникновения сюда теплых вод с юга Японского моря (Ластовецкий, Якунин, 1981). В сентябре происходило постепенное снижение обилия и разнообразия зоопланктона. Доминировали кладоцеры и аппендикулярии, а также тепловодные копеподы *O. brevicornis* и *P. parvus* (рис. 2). Нахождение и доминирование в июне видов солоноватоводных неритических родов *Acartia* и *Eurytemora*, массовых родов приустьевых частей Амурского залива (Бродский, 1981; Касьян, Чавтур, 2006), указывало на вли-

яние в западном районе заповедника эстуарных вод реки Туманной.

Амфиподы (Amphipoda) в небольших количествах встречались в глубоководном сообществе восточного района заповедника, отсутствуя в прибрежном мелководье. Мизиды (Mysida) в единичных экземплярах были отмечены в мелководном южном и западном сообществах в течение всего периода исследований. Велигеры крылоногих моллюсков (Pteropoda) встречались в южном сообществе зоопланктона заповедника.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Структура фауны зоопланктона морского заповедника в летне-осенний период отражала гидрологические особенности места (глубину, наличие пресных стоков, закрытость акватории, степень водообмена с открытыми водами). Если в планктоне южного района заповедника доминирующими были панталассные и неритические виды, то в западном районе преобладали только неритические. «Сугубо неритический характер» был отмечен для зал. Посьета (Посьетский рейд). Высокая плотность видов солоноватоводных родов *Acartia, Eurytemora, Centropages, Tortanus* и *Pseudodiaptomus* свидетельствовала о присутствии в западном районе заповедника эстуарных и прибрежных вод. Восточный район заповедника отличался от других преобладанием в планктоне океанических видов. Совместное присутствие летом холодноводных и тепловодных видов указывало на выраженную стратификацию водной толщи в этом районе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бродский К.А. 1957. Фауна веслоногих рачков (Calanoida) и зоогеографическое районирование северной части Тихого океана и сопредельных вод. М., Л.: АН СССР. 222 с.

Бродский К.А. 1981. Изменение видового состава копепод и кладоцер заливов Посьета и Амурского (Японское море) в связи с многолетними колебаниями температуры // Биология моря. Т. 5. С. 21–27.

Вышкварцев Д.И., Крючкова Г.А., Карапетян Т.Ш. 1979. Исследования зоопланктона в мелководных бухтах залива Посьета в 1969–1971 гг. // Исследования пелагических и донных организмов дальневосточных морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 17–29.

Вышкварцев Д.И., Лебедев Е.Б. 1997. Проект экономического развития реки Туманган (TREDA) — угроза экосистеме мелководных бухт залива Посьета Японского моря // Биология моря. Т. 23. № 1. С. 51–55.

Дальневосточный морской биосферный заповедник. 2004. Владивосток: Дальнаука. Т. 2. 848 с.

Инструкция по количественной обработке морского сетного планктона. 1982. Владивосток: ТИНРО. 29 с.

Касьян В.В., Чавтур В.Г. 2006. Распределение и сезонная динамика зоопланктона в Амурском заливе Японского моря. 1. Веслоногие ракообразные // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 144. С. 312–330.

Кос М.С. 1976. Зоопланктон залива Посьета // Прибрежные сообщества дальневосточных морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 64–93.

Кос М.С. 1977. Сезонные изменения в составе, структуре и распределении зоопланктона зал. Посьет (Японское море) // Исследования фауны морей. Т. 19 (27). С. 29–56.

Ластовецкий Е.И., Якунин Л.П. 1981. Гидрометеорологическая характеристика Дальневосточного государственного морского заповедника // Цветковые растения островов Дальневосточного морского заповедника. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 18–33.

Hammer O., Harper D.A., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia Electronica. V. 4. № 1. 9 p.

УДК 74.5:574.21

ФИТОПЛАНКТОН КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЕЛАГИАЛИ АВАЧИНСКОЙ ГУБЫ (КАМЧАТКА)

Е.В. Лепская, Л.В. Курбанова

Зав. лаб., к. б. н.; инж.-исслед.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: lepskaya.e.v@kamniro.ru

ФИТОПЛАНКТОН, ДОМИНАНТНЫЙ КОМПЛЕКС, АВАЧИНСКАЯ ГУБА, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

Показаны изменения видовой структуры фитопланктона в центральной части Авачинской губы в сторону монодоминирования диатомовой водоросли-индикатора антропогенного загрязнения *Skeletonema costatum* в 2013–2017 гг. Предполагается, что в этот период на данной акватории усилился процесс эвтрофирования. В связи с этим экологическое состояние в 2016 и 2017 гг. оценивается как неблагополучное.

THE PHYTOPLANKTON AS AN INDICATOR OF THE ECOLOGICAL STATE OF PELAGIC ZONE IN AVACHINSKAYA BAY (KAMCHATKA)

E.V. Lepskaya, L.V. Kurbanova

Head of Lab., Ph. D. (Biology); Research Engineer; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: lepskaya.e.v@kamniro.ru

PHYTOPLANKTON, DOMINANT COMPLEX, AVACHINSKAYA BAY, ECOLOGICAL STATE

Structural changes in the community of phytoplankton species in central part of Avachinskaya Bay toward *Skeletonema costatum,* a diatom monodominant and an indicator of anthropogenic pollution, were demonstrated for 2013–2017. It is suggested that the process of eutrophication has been intensified in the waters of this part in mentioned period. It is concluded in this connection that the ecological state in 2016 and 2017 is unfavorable.

Индикаторная роль микроводорослей в оценке экологического состояния внутренних водоемов и водотоков хорошо известна и к настоящему времени довольно глубоко проработана (Баринова и др., 2006). Для большого количества видов пресноводных микроводорослей известны температурные и галобные характеристики, pH среды обитания, рассчитаны индексы сапробности. Морской фитопланктон в отношении экологических характеристик гораздо менее изучен. Несомненно, для этого есть объективные причины, и это, прежде всего, гигантский масштаб и, соответственно, неоднородность морских акваторий. И в связи с этим экологическая пластичность многих морских микроводорослей.

Накопленные знания об изменениях состояния пресных водоемов показывают, что экологическое состояние водоемов хорошо оценивается индексом сапробности. В частности, реакция фитопланктона на усиление антропогенного воздействия выражается обычно в упрощении видовой структуры, увеличении частоты «цветений» какого-либо одного таксона и накоплении в экосистеме органического вещества.

При изучении влияния факторов окружающей среды на видовую структуру и количественные характеристики морских планктонных водорослей основное внимание уделяли таким параметрам, как температура и соленость воды. В меньшей степени изучали зависимости от концентрации биогенных элементов, металлов или органического вещества. Что касается фитопланктона Авачинской губы, то взаимоотношения планктонных водорослей и факторов окружающей среды на данной акватории исследованы недостаточно. Отчасти для динофито-

вых микроводорослей указаны пределы температуры и солености, при которых таксон был обнаружен (Коновалова, 1998). Недавними исследованиями показано, что в центре губы на численность фитопланктона, представленной как натуральный логарифм, влияют средние для слоя 0 м–дно концентрации Fe (r=–0,65) и Si (r=–0,56) при n=18. Предполагается, что эти биогенные элементы лимитируют развитие фитопланктона. Ближе к берегу на собственно численность фитопланктона положительно влияет соленость воды в слое максимальной концентрации микроводорослей (0–3 м) (r=0,46; n=21) и отрицательно — температура воды в том же слое (r=–0,58; n=21) и концентрация минерального азота в поверхностном слое (r=–0,45; n=20) (Лепская, Тепнин, Полякова, 2016).

Для дальневосточных морей известно, что видом-индикатором антропогенного загрязнения, в частности органическим веществом, в прибрежных акваториях может служить диатомея *Skeletonema costatum*, вызывая «цветение» воды в весенне-летне-осенний период (Бегун, 2007; Морозова, Орлова, 2005; Yamada et al., 1980).

В Авачинской губе (а именно в Петропавловской гавани, ныне «Ковш», и в б. Тарьинской, ныне б. Крашенинникова) «цветение» этого вида было отмечено уже в июне 1908 г. А.А. Еленкин пишет, что «эта водоросль обнаружена мною в огромном количестве» (Еленкин, 1914, с. 433). В то время, по описанию В.П. Савича, дно «Ковша» было «сильно загрязненным отбросами города и океанских судов» (Савич, 1914, с. 457).

Данные мониторинга фитопланктона Авачинской губы (отбор образцов проводили ежемесячно в центральной части водоема сетью Джеди, размер ячеи газа 35 мкм) с 2013 г. показали, что в относительно теплом 2013 г. этот вид был найден в пелагиали губы лишь в июне, а его доля в фитопланктоне не превышала 15%. Летом 2014 г. данная диатомея присутствовала в центральной части губы на протяжении всего лета. Ее доля в фитопланктоне составила в июне 36%, в июне 62%, в августе 83%. В 2015 г. *S. costatum* найдена только в июне (85%) и июле (82%), в 2016 и 2017 гг. она в массе развивалась в центральной пелагиали в течение всего летнего периода, составляя, соответственно, в июне 38 и 49%, в июле 97 и 96%, а в августе 100 и 99%.

Вертикальное распределение *S. costatum* зависело от фазы лета. В июне–июле водоросль концентрировалась в 2-метровом слое под поверхностью воды, распространяясь в августе до 6-метрового горизонта.

Таким образом, изменение структуры летнего фитопланктона Авачинской губы в сторону монодоминирования *S. costatum* и увеличение продолжительности ее «цветения» в 2016/17 г. свидетельствуют об усилении процесса эвтрофирования вод центральной части губы. Такая ситуация характеризует экологическое состояние центральной части Авачинской губы как неблагоприятное.

Найденные изменения в видовой структуре фитопланктона могут быть связаны с усилением весенне-летнего прогрева воды в последние 5 лет, что способствовало усилению оборота накопленного и поступающего вновь со стоками органического вещества. Так ли это, предстоит выяснить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Русское издательство. 498 с.

Бегун А.А. 2007. Состав и количественные характеристики микроводорослей планктона и перифитона в заливе Петра Великого (Японское море) // Автореф. дисс. … канд. биол. наук. Владивосток: ДВГУ. 20 с.

Еленкин А.А. 1914. Морские перидинеи и диатомовые Камчатки / Камчатская экспедиция Федора Павловича Рябушинского. Ботанический отдел / Ред. А.А. Еленкин. Вып. II. С. 403–448.

Коновалова Г.В. 1998. Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука. 300 с.

Лепская Е.В., Тепнин О.Б., Полякова А.А. 2016. Планктон Авачинской губы (Камчатка) как индикатор комплексного воздействия природных и антропогенных факторов // Морские биологические исследования: достижения и перспективы. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроченная к 145-летию Севастопольской биологической станции (Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.). Сб. матер. Т. 2. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. С. 339–342.

Морозова Т.В., Орлова Т.Ю. 2005. Мониторинг фитопланктона в районе хозяйства марикультуры в заливе Восток Японского моря // Биология моря. Т. 31. № 1. С. 11–16.

Савич В.П. 1914. Альгологический объезд Авачинской губы в мае 1909 г. / Камчатская экспедиция Федора Павловича Рябушинского. Ботанический отдел. / Ред. А.А. Еленкин. Вып. 2. С. 449–472.

Yamada M., Tsuruta A., Yoshida Y. 1980. A list of phytoplankton as eutrophic level indicator // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. V. 46. N 12. 1435–1438.

УДК 597.553.2:597-12

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ ПАТОГЕНЫ, ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫЕ ДЛЯ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ НА ЛРЗ КАМЧАТКИ

Е.А. Устименко, Н.В. Сергеенко

Ст. н. с., к. б. н.; Ст. н. с., к. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: ustimenko.e.a@kamniro.ru

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ ПАТОГЕНЫ, ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ, АКВАКУЛЬТУРА

В данной работе обобщена информация о потенциально опасных бактериальных патогенах тихоокеанских лососей на ЛРЗ Камчатки. Определены недостатки существующих методик и инструкций по борьбе с некоторыми заболеваниями лососей. Представлены результаты многолетних бактериологических исследований заводской молоди рыб.

POTENTIALLY DANGEROUS BACTERIAL PATHOGENS TARGETING PACIFIC SALMON AT THE SALMON HATCHERIES OF KAMCHATKA

E.A. Ustimenko, N.V. Sergeenko

Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Senior Scientist, Ph. D. (Biology);
Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovask-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel.: (4152) 41-27-01. E-mail: ustimenko.e.a@kamniro.ru

BACTERIAL PATHOGENS, PACIFIC SALMONS, AQUACULTURE

The paper provides generalized data on the bacterial pathogens, potentially dangerous for Pacific salmon on salmon hatcheries of Kamchatka. Lacks of methodologies and prescriptions currently used to stop some of salmon diseases are figured out. Results of long-term bacteriological studies of hatchery juvenile salmon arre demonstrated.

Тихоокеанские лососи являются ценным объектом рыболовного промысла и искусственного воспроизводства. Одной из причин, увеличивающих экономические потери в аквакультуре, стали болезни культивируемых объектов. Высокую смертность у искусственно выращиваемых рыб способны вызывать заболевания бактериальной этиологии. Среди таких бактерий есть опасные патогены, приводящие к массовой гибели рыб в аквакультуре, и условные, поражающие рыб-хозяев, ставших чувствительными к инфекции в результате стрессовых факторов или ослабленных другими заболеваниями. Наиболее часто встречаемые стрессовые факторы, предрасполагающие к развитию заболеваний у рыб: вода с высоким содержанием органических веществ, способствующих быстрому размножению бактерий, резкое изменение температуры, высокая плотность посадки, травмы и транспортировка. Все это встречается в условиях искусственного воспроизводства рыб.

В настоящее время в РФ единственным официальным документом, содержащим методические указания по борьбе с основными болезнями рыб в аквакультуре, является Сборник инструкций… (1998). За последние десятилетия появилось много новых методов диагностики заболеваний рыб, внесены изменения в классификацию некоторых бактерий, что учитывалось в нашей работе.

Цель работы — обобщение информации о потенциально опасных бактериальных патогенах тихоокеанских лососей и результатах многолетних бактериологических исследований молоди рыб на ЛРЗ Камчатки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Систематические обследования молоди тихоокеанских лососей на камчатских ЛРЗ проводили с 2000 г. по 2007 г. Рыб для исследований отбирали в начале самостоятельного питания и перед выпуском в базовый водоем. С 2007 г. по

2015 г. исследования носили эпизодический характер, по мере появления проблем в состоянии здоровья подращиваемой молоди. С 2015 г. при отсутствии признаков заболевания у молоди и повышенной гибели рыб исследования проводили однократно — перед выпуском лососей в базовые водоемы.

Всего с 2000 по 2015 гг. обследовали 5008 экз. молоди тихоокеанских лососей из ЛРЗ Паратунский, Кеткино, Малкинский, Озерки и Вилюйский (ПЛРЗ, КЛРЗ, МЛРЗ, ОЛРЗ, ВЛРЗ). Выборки составляли 30 или 60 особей. При дополнительных внеплановых отборах обследовали по 15–20 экз. рыб. От каждой особи проводили посевы из почек и печени, иногда жабр, на универсальную питательную среду Tryptone Soya Agar — TSA (Serva). Для выявления флюоресцирующих бактерий рода *Pseudomonas* применяли Pseudomonas F агар (Merck), для миксобактерий (флавобактерий) — Tryptone Yeast Extract — TYE агар (Cipriano, Holt, 2005). Биохимическое тестирование проводили с использованием тест-систем: API 20NE, API 20E. По Определителю бактерий Берджи (Holt et al., 1994, Bergey's manual.., 2004) устанавливали таксономическую принадлежность микроорганизмов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среди множества бактерий, вызывающих болезни лососей, только три представителя — опасные патогены, приводящие к большим экономическим потерям в аквакультуре. Это возбудители: бактериальной почечной болезни (БПБ) — *Renibacterium salmoninarum*; болезни «красного рта» — *Yersinia ruckeri*, фурункулеза — *Aeromonas salmonicida* sp. *salmonicida*.

Бактериальная почечная болезнь — хроническое заболевание лососевых рыб, вызывающее постоянную низкоуровневую смертность, которая может привести, в конечном итоге, к потере всего стада. БПБ распространена повсеместно в США, Канаде, Европе и Японии, поражая выращиваемых рыб как в пресной, так и в морской воде. Как правило, заражается молодь на рыбоводных заводах при подращивании сеголеток-покатников. Поскольку это хроническое заболевание, рыбы обычно хорошо растут без серьезных потерь, пока не подвергнутся какому-либо стрессу. Так, лососи-смолты в популяции с низким уровнем инфекции могут легко заболеть после миграции в соленую воду. Болезнь может влиять на способность рыб акклиматизироваться в морской воде и на выживание лососей в океане. Передача бактерий *R. salmoninarum* происходит как вертикальным путем (от родителей потомству), так и горизонтальным (между особями). Лечение заболевания не разработано. Профилактика — реально действенный метод контроля. В России, по нашим данным, патоген не выявляли. Несмотря на то, что БПБ включена в Перечень особо опасных заболеваний рыб, контролируемых на территории России (Приказ Минсельхоза России.., 2011), в настоящее время не разработано соответствующих инструкций и методик по выявлению возбудителя, профилактике и мерам борьбы с этим заболеванием. Составы питательных сред, различные методы диагностики широко представлены в иностранной литературе. Наборы для экспресс-диагностики дорогостоящие, а отечественных аналогов не существует. Поэтому в России мониторинговых работ, направленных на выявление возбудителя почечной болезни, не ведется. Есть вероятность, что при вспышке заболевания, ввиду вышеназванных причин, постановка диагноза БПБ на рыбоводных заводах будет затруднительна. Особенно эта проблема актуальна для Дальневосточного региона. Учитывая широкое распространение болезни среди тихоокеанских лососей по всему миру, можно предполагать возможность попадания патогена в российские водоемы и на лососевые рыбоводные предприятия, например, при транспортировке икры.

Болезнь «красного рта» регистрировали у лососей в Северной и Южной Америке, Германии, Великобритании, Франции, Дании, Италии, Норвегии и Австралии. Чаще всего ее отмечали у радужной форели, хотя известно о вспышках в популяциях коричневой и ручьевой форели, атлантического и тихоокеанских лососей. Заболевание развивается у рыб при температуре воды 15–18 °С и снижается, если температура падает до 10 °С и ниже. Информации о заболевании среди рыб в лососевых хозяйствах Дальнего Востока России нет. В связи с отсутствием среди объектов аквакультуры на Камчатке радужной форели, как самого чувствительного вида к *Y. ruckeri*, и низкой температурой воды при подращивании рыб на камчатских лососевых заводах, вероятность вспышки заболевания у тихоокеанских лососей на ЛРЗ Камчатки мала. Однако, в связи с планируемым развитием аквакультуры на полуострове, в будущем понадобятся соответствующие методики и инструкции по методам идентификации патогена, профилактики и борьбы с этим заболеванием, которые до настоящего времени в России не разработаны.

Фурункулез лососевых рыб зарегистрирован во всех частях света. В западных регионах России отмечали единичные вспышки болезни в форелевых хозяйствах. В дальневосточном регионе неблагополучны по фурункулезу водоемы Курильских островов (Юхименко и др., 1984), Хабаровского края (Заплеч-

никова, Малетина, 1987) и Сахалина (И Сун Дя, 1975), однако вспышек заболевания у мальков лососей на ЛРЗ не регистрировали. Из лососей к заболеванию более устойчива радужная форель, а атлантический лосось наиболее чувствителен, и потери у этого вида обычно происходят на стадии смолта. При фурункулезе у лососевых рыб развивается серьезная септицемия и высокая смертность. Способ инфицирования, характер патологии и уровень смертности, однако, связаны с экологическими параметрами и, кроме того, с возрастом и врожденным иммунитетом хозяев (Cipriano, Bullock, 2001). Подострые инфекции чаще происходят у молоди рыб, которая может погибать без проявления выраженных клинических признаков болезни. Острые инфекции часто происходят у молоди рыб и характеризуются появлением кровоизлияний в основании плавников и ротовой полости. Кровоизлияния могут быть на брюшных стенках, внутренних органах и сердце зараженных особей. У рыб отмечают беспорядочное плавание, они становятся вялыми и прекращают питаться. Хроническая форма фурункулеза обычно наблюдается у старших возрастных групп рыб, которые более устойчивы к болезни или среди видов, которые имеют врожденную устойчивость к инфекции.

На Камчатке патоген впервые изолировали от больной половозрелой кеты из Берингова моря в 1989 г. и кижуча из р. Быстрой (западное побережье) в 1990 г. (Wiklund et al., 1992). В настоящее время *A. salmonicida* ежегодно регистрируется у половозрелой нерки в нерестовых озерах (Начикинское, Азабачье, Курильское, Дальнее) Камчатки. Типичные и атипичные штаммы *A. salmonicida* выделяли от половозрелой кеты на ПЛРЗ и ВЛРЗ, нерки на МЛРЗ, нерки и кеты на ОЛРЗ, использованных в качестве производителей для ЛРЗ Камчатки (Sergeenko, Ustimenko, 2003). Рыбы, в подавляющем большинстве, не имели клинических признаков заболевания. Встречаемость патогена в диких популяциях рыб в разные годы варьировала от 1,7 до 35%.

Соответствующая инструкция по борьбе с фурункулезом, утвержденная в 1997 г. (Сборник инструкций.., 1998), устарела. При вспышке заболевания у лососей на ЛРЗ поставить диагноз, следуя этой инструкции, достаточно просто, но для выявления асимптоматического носительства у производителей в некоторых случаях требуются более чувствительные дифференциально-диагностические среды, такие как разработанные американскими учеными (Cipriano, Bertolini, 1988) и успешно апробированные в нашей лаборатории. При этом выявляемость бактерий *A. salmonicida* существенно возрастает, особенно в отношении атипичных беспигментных штаммов. Учитывая вероятность передачи возбудителя, выявление патогена у лососей-производителей имеет большое значение для профилактики заболевания у молоди уже при закладке икры в инкубаторы и позволяет вовремя принять соответствующие меры.

Вспышек фурункулеза среди молоди лососей на ЛРЗ Камчатки не регистрировали. У молоди на КЛРЗ и ОЛРЗ отмечали только бессимптомное носительство атипичных штаммов *A. salmonicida*. Рыбы не имели клинических признаков заболевания, отход был в пределах нормы.

Чаще типичные и атипичные штаммы *A. salmonicida* выделяли на ОЛРЗ от производителей кеты и нерки. Поэтому вероятность вспышки фурункулеза у молоди лососей на ОЛРЗ выше, чем на других заводах Камчатки. Вспышки заболеваний фурункулезом среди выращиваемых рыб обычно, но не всегда, связаны с повышением температуры и низким уровнем кислорода в воде, а также с высокой плотностью посадки (Fish pathology, 1989). Так как на ОЛРЗ температура воды находилась на уровне 4 ºС, а содержание кислорода и плотность посадки в течение всего периода исследований соответствовали нормам, то вероятность заболевания была низкой (Устименко, 2012).

Кроме опасных бактериальных патогенов, известны условно-патогенные для лососевых рыб микроорганизмы. Это псевдомонады (род *Pseudomonas*), флавобактерии (род *Flavobacterium*) и подвижные аэромонады (род *Aeromonas*), широко распространенные в почве, пресной и морской воде. Условная патогенность означает, что факт нахождения этих бактерий в воде или рыбе не обязательно приведет к развитию заболевания с типичными клиническими признаками, но при определенных условиях (повышение температуры воды, увеличения плотности посадки) может вызвать бактериозы, сопровождающиеся гибелью рыб.

Псевдомонады *P. fluorescens* обычно вызывают бактериальную геморрагическую септицемию (псевдомоноз), чаще спровоцированную стрессом и высокой плотностью рыб. Заболевание регистрировали в товарных рыбоводных хозяйствах Центральной и Западной России и на лососевых рыбоводных заводах Сахалина и Камчатки. Так, в 1990 г. на Малкинском, а в 1993 г. — на ЛРЗ Озерки в период подращивания погибло около 40% молоди лососей, при обследовании которой были изолированы бактерии *P. fluorescens* и *P. putida* (Вялова, Шкурина, 2005).

Миксобактерии (флавобактерии) поражают жабры и кожу рыб в условиях интенсивного рыбовод-

ства в пресных и солоноватых водах. В России миксобактериозы отмечают почти во всех форелевых хозяйствах; известны случаи массовой гибели рыб, особенно среди молоди осетровых и лососевых (Головин, 1998). Для рыб, выращиваемых при низкой температуре воды, преимущественно лососевых, наибольшую опасность представляет миксобактериоз, вызываемый *F. psychrophilum*. *F. psychrophilum* (syn.: *Cytophaga psychrophila*, *Flexibacter psychrophilus*) (Bernardet et al., 1996), известный как возбудитель бактериальной холодноводной болезни (BCWD) или болезни «седла» у лососевых. Холодноводная болезнь была зарегистрирована в США, Европе, Японии, Тасмании и Чили. К заболеванию восприимчивы лососевые рыбы (особенно кижуч и радужная форель), выращиваемые в пресной воде. Эпизоотии BCWD обычно происходят, когда температура воды варьирует между 4 и 10 °C (Borg, 1960), при повышении температуры до 15–18 °C смертность снижается (Rucker et al., 1953; Holt et al., 1989; Santos et al., 1992).

Уровень смертности от BCWD зависит от стадии развития рыб. У мальков кижуча с желточным мешком смертность может быть более 50% и сопровождаться слабыми признаками разрушения тонкого эпителиального слоя, покрывающего желточный мешок (Wood, 1974). На более поздних стадиях развития молоди лососей потери бывают от 5 до 20%. У таких рыб бактерии, в основном, поражают области за спинным плавником и хвостовую, вызывая классические для BCWD повреждения кожи и мускулатуры. Взрослые рыбы не болеют, но являются бактерионосителями. Источниками возбудителя инфекции являются больные и погибшие рыбы, а также зараженная вода и инвентарь на заводах. Помимо данных о горизонтальной передаче *F. psychrophilum*, была доказана прямая вертикальная передача возбудителя от инфицированных рыб и икры потомству (Brown et al., 1997; Kumagai et al., 2000). Нарушения условий выращивания рыбы (травмы, стрессы, неполноценное кормление, недостаточный водообмен, переуплотненные посадки и др.) провоцируют развитие болезни. Во «Временной инструкции о мероприятиях по борьбе с миксобактериозами лососевых рыб» (Сборник инструкций.., 1998) отсутствует методика выделения бактерий, вызывающих описываемые заболевания, то есть не указаны питательные среды и критерии идентификации патогенов. А именно это до сих пор вызывает трудности при выделении миксобактерий (флавобактерий).

Подвижные аэромонады (*A. hydrophila*) распространены в водоемах, а также встречаются на коже и в кишечнике здоровых рыб, но при определенных условиях (высокая плотность, нехватка воды, низкое содержание кислорода и т. п.) могут вызывать заболевания и массовую гибель рыб. Подвижные аэромонады, прежде всего, вызывают болезни у выращиваемых тепловодных рыб, хотя могут инфицировать и различные виды холодноводных, особенно при повышении температуры воды. Корректировка условий окружающей среды, особенно, уменьшение органических загрязнителей и снижение температуры, где это возможно, а также удаление умерших и умирающих рыб, значительно способствуют уменьшению потерь.

Заболевание зарегистрировано в товарных рыбоводных хозяйствах Центральной и Западной России и, единично, у молоди рыб на лососевых рыбоводных заводах Сахалина (Вялова, Шкурина, 2005). В подавляющем большинстве случаев на Сахалине и Камчатке заболевания, вызываемые подвижными аэромонадами, регистрировали у половозрелых тихоокеанских лососей в период нереста. Часто подвижных аэромонад выявляли у заводской молоди лососей в период заболеваний в комплексе с другими видами микроорганизмов.

Для тихоокеанских лососей на ЛРЗ Камчатки основное эпизоотическое значение имеют условно-патогенные бактерии. Причем чаще регистрируют смешанные инфекции, вызванные комплексом микроорганизмов в разных сочетаниях (бактерии, паразитические простейшие, грибы). Бактериальные инфекции, обусловленные ассоциацией микроорганизмов, сложно диагностировать и применить эффективные меры лечения. В таких случаях установить первичного возбудителя практически невозможно, а применение антибиотиков может оказаться малоэффективным, поскольку микроорганизмы характеризуются чувствительностью к разным группам антибактериальных препаратов.

За период исследований у молоди лососей на камчатских ЛРЗ регистрировали заболевания бактериальной этиологии, вызванные псевдомонадами, флавобактериями и/или комплексом микроорганизмов (табл. 1). По результатам мониторинговых исследований молоди лососей на ЛРЗ Камчатки ежегодно на всех заводах встречаемость (превалентность) псевдомонад *Pseudomonas fluorescens* была у 3,3–50% рыб в выборке, флавобактерии и аэромонады встречались единично, при этом у рыб не регистрировали признаков заболеваний и повышенной гибели. Во время вспышек заболеваний количество условно-патогенных бактерий на жабрах и внутренних органах рыб могло достигать 100% в выборке (табл. 1).

Таблица 1. Бактериальные патогены, выявленные у тихоокеанских лососей на ЛРЗ Камчатки в периоды заболеваний

Название ЛРЗ	Дата отбора проб	Вид рыбы	Стадия развития	Количество рыб в выборке	Возбудитель	Превалентность, % от выборки	Отход, %
Паратунский	09.10.2000	Кета	иг	5	*P. fluorescens* *A. hydrophila* *F. psychrophilum*	100 100 20	17,8
Малкинский	15.04.2003	Нерка	с	32	*P. fluorescens*	65,6	
	12.05.2003			20	*P. fluorescens* *F. psychrophilum*	75 20	8,7
Озерки	15.04.2003	Нерка	л	60	*P. fluorescens*	46,7	нд
Вилюйский	31.03.2004	Кижуч	с	22	*P. fluorescens*	63,6	нд
	07.04.2004	Кета	с	15	*P. fluorescens* *F. psychrophilum*	53,3 60	нд
	07.06.04–12.10.04	Кижуч	г	122	*A. hydrophila* *P. fluorescens*	46,7 86,7	17,2
	24.03.2005	Кета	с	30	*F. psychrophilum*	50	нд
	28.04.2005	Кижуч	с	16	*P. fluorescens*	100	нд
	12.04.2011	Кижуч	с	30	*F. psychrophilum* *A. hydrophila*	99,8 36,7	39,2

Примечание: иг — икра на стадии «глазка», л — личинки с остатками желточного мешка, с — сеголетки, г — годовики, нд — нет данных.

В 2000 г. при исследовании икры кеты на стадии «глазка» из инкубатора Паратунского ЛРЗ в связи с ее высокой гибелью, выявили 100%-е заражение ее бактериями, паразитами и грибами (Устименко, Сергеенко, 2001; Линева, 2004). Из внутреннего содержимого икринок изолировали микроорганизмы: *A. hydrophila, P. fluorescens, F. psychrophilum*. Часть икринок погибла. Через три месяца при обследовании на этом заводе мальков кеты наблюдали анемичность и дряблость печени и почек, а также расширение кровеносных сосудов печени и наличие сгустков крови в полости тела. У 40% рыб выявили бактерии тех же видов, которые изолировали из икры. Таким образом, зафиксировали заражение икры комплексом условно-патогенных бактерий и последующую контаминацию ими подращиваемых сеголеток кеты. Благодаря невысокой температуре воды у молоди лососей не произошло серьезной вспышки заболевания и гибели рыб. По-видимому, причиной поражения икры микроорганизмами стала неэффективная обработка при ее закладке в инкубатор.

В 2003 г. на ОЛРЗ у 46,7% личинок нерки с остатками желточного мешка регистрировали псевдомоноз. Заболевание протекало в острой форме и сопровождалось отходом молоди. Больные псевдомонозом рыбы становились вялыми, слабо реагировали на внешние раздражители, хаотично плавали по бассейну.

По мере развития патологического процесса у больных рыб отмечали экзофтальмию, ерошение чешуи, вздутие брюшка. В области жаберных крышек, у основания грудных и брюшных плавников, иногда появлялись точечные кровоизлияния. При вскрытии в брюшной полости обнаруживали большое количество желтовато-зеленого или кровянистого содержимого слизистой консистенции. Паренхиматозные органы были дряблые, с точечными кровоизлияниями.

В 2003–2004 гг. у молоди чавычи и нерки на МЛРЗ выявили капсульные псевдомонады *P. fluorescens* v. *capsulata,* имеющие особое эпизоотическое значение (Юхименко и др., 1998). Бактерии изолировали, в основном, с поверхности жабр рыб. Была установлена высокая гемолитическая активность бактерий этого вида (β-гемолиз). Выявление их на жабрах рыб указывает на неудовлетворительное качество воды в бассейнах. Кроме того, наличие у бактерий гемолитической активности говорит о патогенности этих бактерий. Гистологическими методами у молоди чавычи, инфицированной капсульными псевдомонадами, отмечали гиперплазию респираторного эпителия и слипание жаберных ламелл (Гаврюсева, 2006). В каждом случае определяли чувствительность изолированных бактерий к антибиотикам. Лечение соответствующими препаратами было эффективным.

На Вилюйском ЛРЗ с 2004 г. у молоди кижуча и кеты регулярно отмечали смешанную (флавобактерии, псевдомонады и аэромонады) бактериальную инфекцию (табл. 1). Клинические признаки заболевания во всех случаях были схожими. При повышенном отходе у рыб отмечали отечность, ослизнение и гиперемию жабр, вследствие чего жаберные крышки были приоткрыты, при вскрытии — бледность и рыхлость паренхиматозных органов. Аэромонады и флавобактерии обладали гемолитическими свойствами, указывающими на их патогенность (Устименко, 2006). Кроме этого, регистрировали инвазию рыб паразитическими простейшими (Линева, 2004), загрязненность жабр частицами ила, диатомовыми водорослями и грибами рода *Saprolegnia*, что указывало на неудовлетворительное качество поступающей воды.

Пути проникновения патогенов на ЛРЗ:

1. Из источника водоснабжения. Вода, поступающая в бассейны из естественных источников, должна подвергаться специальной обработке, чтобы не допустить проникновения на заводы инфекционных возбудителей, которых выделяют больные и переболевшие рыбы. Обычно для этого используется комбинация гравийно-песчаной фильтрации с последующей обработкой воды ультрафиолетовым облучением. При неэффективной работе ультрафиолетовых установок или их отсутствии бактериальная флора из базовых водоемов может беспрепятственно попадать в бассейны заводов.

2. При нарушениях биотехники выращивания молоди лососей. Для вспышки бактериального заболевания недостаточно только присутствия в воде или у рыб патогена. Одним из основных факторов является стресс, вызванный, чаще всего, нарушением биотехнологии выращивания. Таким нарушением может быть: проведение процесса набухания икры непосредственно в воде естественного водоема, а не в свободном от патогенов водоисточнике, погрешности в дезинфекции оплодотворенной икры, занос патогена в цех или бассейн с необработанным инвентарем или спецодеждой и т. п.).

3. При подкармливании молоди лососей фаршем или внутренностями диких рыб без предварительной пастеризации.

4. Некоторые виды бактерий могут передаваться от родителей потомству через инфицированное внутреннее содержимое икринки и выживать даже после ее дезинфекции. Вертикальная трансмиссия зарегистрирована у опасного патогена *R. salmoninarum*, а также у *F. psychrophilum*.

Для предотвращения заноса опасных бактериальных патогенов на ЛРЗ Камчатки необходимы регулярные мониторинговые исследования половозрелых лососей, используемых для воспроизводства. Не следует использовать в аквакультуре половые продукты от больных и инфицированных опасными патогенами особей. С точки зрения безопасности рекомендуется тщательная дезинфекция всей икры йодсодержащими препаратами (количество свободного йода 100 мг/литр), которые уничтожают микроорганизмы на ее поверхности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам наших многолетних исследований для молоди рыб на ЛРЗ Камчатки основное эпизоотическое значение имеют бактерии родов *Pseudomonas, Aeromonas* и *Flavobacterium*. В разные годы диагностировали как заболевания, вызванные бактериями одного вида (псевдомоноз), так и смешанные инфекции, вызванные комплексом микроорганизмов. Потенциальную опасность для заводской молоди рыб имеет возбудитель фурункулеза *A. salmonicida*, неоднократно выявленный у лососей-производителей.

Для предупреждения размножения микроорганизмов и развития бактериальных заболеваний на ЛРЗ необходимо определить и ликвидировать источник проникновения бактерий на завод, проанализировать биотехнику воспроизводства, применяемую на заводе, устранить, по возможности, стрессирующие факторы, провести определение чувствительности бактериальных патогенов к антибиотикам и лечебные обработки рыб в зараженных бассейнах, уничтожать погибших рыб и дезинфицировать выростные емкости в соответствии с действующими инструкциями. По возможности сократить профилактические обработки выращиваемой молоди антибиотиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вялова Г.П., Шкурина З.К. 2005. Микрофлора и бактериальные болезни тихоокеанских лососей естественных популяций и в аквакультуре на Сахалине. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 120 с.

Гаврюсева Т.В. 2006. Морфологические изменения у молоди тихоокеанских лососей из естественных водоемов и на рыбоводных заводах Камчатки. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: Ин-т биологии моря. 24 с.

Головин П.П. 1998. Болезни рыб в аквакультуре Центрально-Европейского региона России // Тез. докл. I Рос.-Амер. симпоз. «Аквакультура и здоровье рыб» (п. Рыбное Московской области, 12–19 июля 1998 г.). М. С. 133–135.

Заплечникова Э.Н., Малетина Л.В. 1987. Эпизоотология аэромоноза тихоокеанских лососей // Сб. науч. тр. «Паразиты и болезни морских гидробионтов». Мурманск. С. 55–62.

И Сун Дя З.Н. 1975. Фурункулез лососевых // Бюл. ВИЭВ. М. Вып. 20. С. 22–23.

Линева Г.П. 2004. Паразитологические исследования икры кеты на Паратунском эспериментальном лососевом рыбоводном заводе // Матер. Всерос. науч.-практ. конф. «Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб» (Борок, 16–18 июля 2003 г.). М.: Газета Авось-ка С. 437–441.

Приказ Минсельхоза России № 62 от 9 марта 2011 г. «Об утверждении перечня заразных и других болезней животных».

Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. 1998. Под ред. Н.А. Яременко. М.: Отдел маркетинга АМБ-агро. 310 с.

Устименко Е.А. 2006. Признаки бактериальной жаберной болезни у молоди кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) на Вилюйском рыбоводном заводе (Камчатка) // Вопр. рыболовства. 2006. Т. 7. № 3 (27). С. 436–445.

Устименко Е.А. 2012. Бактериальные инфекции у тихоокеанских лососей при искусственном воспроизводству на Камчатке. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. 22 с.

Устименко Е.А., Сергеенко Н.В. 2001. Эпизоотическая ситуация на Паратунском экспериментальном лососевом рыборазводном заводе (Камчатка) // Тез. докл. IV Регион. конф. по актуальным проблемам экол., мор. биологии и биотехнол. студентов, аспирантов и мол. ученых Дальнего Востока России (Владивосток, 23–24 ноября 2001 г.). Владивосток. С. 120–121.

Юхименко Л.Н., Койдан Г.С., Борисенко В.Ф., Головин П.П., Бычкова Л.И. 1998. Эпизоотическая значимость *Pseudomonas fluorescens v. capsulata* // Рыбн. хоз-во. Сер. «Аквакультура». М.: ВНИЭРХ. Вып. 2. С. 8–13.

Юхименко Л.Н., Лобунцов К.А., Викторова В.Ф., Золотарева И.М., Заплечникова Э.Н., И Сун Дя З.Н. 1984. Итоги изучения *Aeromonas salmonicida*, выделенных от дальневосточных лососей // Болезни рыб и водная токсикология. М.: Тр. ВНИИПРХ. Вып. 40. С. 44–53.

Bergey's manual of systematic bacteriology. 2004. Ed. by G.M. Garrity, J.A. Bell, T.G. Lilburn. 2 Ed. New York: Springer. 330 p.

Bernardet J.F., Segers P., Vancanneyt M., Berthe F., Kersters K., Vandamme P. 1996. Cutting a Gordian knot: embedded classification and description of the genus *Flavobacterium*, emended description of the family *Flavobacteriaceae*, and proposal of *Flavobacterium hydatis* nom. Nov. (basonym, *Cytophaga aquatilis* Strohl and Tait, 1978) // Int. J. Sys. bacteriol. V. 46. P. 128–148.

Borg A.F. 1960. Studies on myxobacteria associated with diseases in salmonid fishes // Amer. association for the advancement of science, Wildlife disease. Washington, DC. V. 8. P. 1–85.

Brown L.L., Cox W.T., Levine R.P. 1997. Evidence that the causal agent of bacterial cold-water disease *Flavobacterium psychrophilum* is transmitted within salmonid eggs // Dis. of aquat. org. V. 29. P. 213–218.

Cipriano R.C., Bertolini J. 1988. Selection for virulence in the fish pathogen Aeromonas salmonicida using Coomassie brilliant blue agar // J. of Wildlife diseases. V. 24. P. 676–678.

Cipriano R.C., Bullock G.L. 2001. Furunculosis and other diseases caused by *Aeromonas salmonicida*. United States Geological Survey. Fish Disease Leaflet 66. National fish health research laboratory. Kearneysville. 33 p.

Cipriano R.C., Holt R.A. 2005. *Flavobacterium psychrophilum*, cause of bacterial cold-water disease and rainbow trout fry syndrome // Fish Disease Leaflet 86. United States Dept. of the interior. U.S. Geological service, National fish health research laboratory, Kearneysville, WV. 44 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. 787 p.

Holt R.A., Amandi A., Rohovec J.S., Fryer J.L. 1989. Relation of water temperature to bacterial cold-water disease in coho salmon, chinook salmon, and rainbow trout // J. Aquat. anim. health. V. 1. P. 94–101.

Rucker R.R., Earp B.J., Ordal E.J. 1953. Infectious diseases of Pacific salmon // Trans. amer. fish. soc. V 83. P. 297–312.

Fish pathology. 1989. Ed. by R.J. Roberts. Second Ed. Bailliere Tindal. P. 289–389.

Kumagai A., Yamaoka S., Takahashi K., Fukuda H., Wakabayashi H. 2000. Waterborne transmission of *Flavobacterium psychrophilum* in coho salmon eggs // Fish pathology. V. 35. P. 25–28.

Santos B.Y., Huntly P.J., Turnbull A., Hastings T.S. 1992. Isolation of *Cytophaga psychrophila* (*Flexibacter psychrophilus*) in association with rainbow trout mortality in the United Kingdom // Bull. Eur. Assoc. fish pathol. V. 12. P. 209–210.

Sergeenko N.V., Ustimenko E.A. 2003. Characterization of *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* isolated from salmon spawned in hatcheries on Kamchatka // II Bilateral conf. "Aquatic and marine animal health" (Shepherdstown, West Virginia, USA, 21–28 September 2003). Shepherdstown, National fish health research laboratory, Kearneysville. P. 49.

Wiklund T., Sazonov A.A., Liniova G.P., Pugaewa V.P. Zoobaha S.V., Bylund G. 1992. Characteristics of *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* isolated from wild pacific salmonids in Kamchatka, Russia // Bull. Eur. Ass. fish pathol. V. 12 (3). P. 76–80.

Wood J.W. 1974. Diseases of Pacific salmon: their prevention and treatment. Wash. State Dep. Fish. Olympia, WA. 82 p.

УДК 639.3.09

ЭПИЗООТИЯ ИНФЕКЦИОННОГО НЕКРОЗА ГЕМОПОЭТИЧЕСКОЙ ТКАНИ У МОЛОДИ НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA* (WALBAUM) НА ЛРЗ «ОЗЕРКИ» (КАМЧАТКА) В 2017 Г.

С.Л. Рудакова, Е.В. Бочкова, А.Н. Акбатыров*

Зам. дир., к. б. н.; ст. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: rudakova@kamniro.ru, Bochkova.e.v@kamniro.ru
**Директор лососевого рыбоводного завода «Озерки», ФГБУ «Севвострыбвод»*
683009, Петропавловск-Камчатский, ул. Академика Королева, д. 58
Тел.: (4152) 23-58-00, факс 41-72-62. E-mail:info@rybvod.kamchatka.su

ИНФЕКЦИОННЫЙ НЕКРОЗ ГЕМОПОЭТИЧЕСКОЙ ТКАНИ, МОЛОДЬ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ, НЕРКА, ЛОСОСЕВЫЙ РЫБОВОДНЫЙ ЗАВОД, ЭПИЗООТИЯ

В марте 2017 г. при обследовании мальков нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum), выращиваемых на лососевом рыбоводном заводе «Озерки» (ОЛРЗ), выявили клинические признаки инфекционного заболевания. При инокуляции отобранным материалом перевиваемых линий клеток CHSE-214 и EPC обнаружили признаки цитопатического эффекта. В полимеразной цепной реакции патоген идентифицировали как вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани. Средний титр вируса — $0{,}4\times10^{6{,}6}$ $ТСД_{50}$/мл тестируемого материала. Первый резкий повышенный отход молоди нерки произошел через 10 дней после поднятия на плав личинок в середине марта и только в одном бассейне. В середине апреля началась повышенная гибель рыб еще в 5 бассейнах, в которых также диагностировали IHN. В мае было еще три волны болезни в группах бассейнов. Болезнь протекала в острой форме, с типичными для данного заболевания признаками патологии. Рыба в пораженных вирусом бассейнах была уничтожена в соответствии с ветеринарными требованиями. В результате болезни погибло и/или было уничтожено 60% молоди нерки, выращиваемой на ОЛРЗ. Вероятно, вспышка IHN у рыб произошла в результате вертикальной передачи вируса от производителей потомству.

THE EPIZOOTY OF THE INFECTIOUS HEMATOPOIETIC NECROSIS AMONG JUVENILE SOCKEYE SALMON *ONCORHYNCHUS NERKA* (WALBAUM) AT THE "OZERKI" SALMON HATCHERY (KAMCHATKA) IN 2017

S.L. Rudakova, E.V. Bochkova, A.N. Akbatirov*

Deputy Director, Ph. D. (Biology); Senior Scientist; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel.: (4152) 41-27-01. E-mail: rudakova@kamniro.ru, Bochkova.e.v@kamniro.ru
**Director of the Salmon Hatchery "Ozerki", FGBI "Sevvostrybvod"*
683009, Petropavlovsk-Kamchatsky, Akademika Koroleva Str., 58
Tel.: (4152) 23-58-00. E-mail:info@rybvod.kamchatka.su

INFECTIOUS HEMATOPOIETIC NECROSIS, JUVENILE PACIFIC SALMON, SOCKEYE SALMON, SALMON HATCHERY, EPIZOOTY

Clinical signs of infection diseases were observed in course of examination of juvenile sockeye *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) at the SH "Ozerki" in March of 2017. The inoculation of this material on the cell line CHSE-214 and EPC revealed traits of cytopathic effect. The virus infectious hematopoietic necrosis (IHNV) was identified in the polymerase chain reaction (PCR). The main virus titres of tested material was $0{,}4\times10^{6{,}86}$$TCD_{50}$/ml. The first acute loss of juvenile sockeye salmon was observed in mid-March, 10 days on rising the larvae and just in one basin. In mid April the losses of the fish were observed in next 5 basins, where IHN was also found. In May three more waves of the disease were in basin clusters. The disease was acute with typical sings of the pathology for mentioned disease. The fish in the basins infected were killed according to veterinary prescriprions. As a result of the disease 60% of juvenile sockeye salmon reared at the SH "Ozerki" dead or were terminated. It is most likely, that the outbreak of the IHN among juvenile sockeye salmon was due to vertical transmission of the virus from parents to progeny.

Инфекционный некроз гемопоэтической ткани — это опасное заболевание молоди лососей, включенное в Перечень болезней Международного эпизоотиче-

ского бюро, которые необходимо контролировать на государственном уровне. При искусственном воспроизводстве молоди потери в результате эпизоотий могут достигать 100%. Эффективные методы лечения болезни и вакцины не разработаны. Возбудителем инфекционного некроза гемопоэтической ткани является рабдовирус (сем. *Rabdoviridae*) рода *Novirhabdovirus* (Bootland, Leong, 1999). Впервые болезнь описана в 50- годах у нерки на рыбоводных заводах в штатах Вашингтон и Орегон на западном побережье США (Rucker et al., 1953; Watson et al., 1954). В Японию, Францию, Италию, Германию, Китай, Корею инфекционный агент был занесен из Северной Америки при экспорте икры и рыбы (Bootland, Leong, 1999). В России болезнь впервые зарегистрировали в 2000 г. в рыбопитомнике Московской области у радужной форели (Shchelkunov et al., 2001), в 2001 г. вирус впервые выделили на Камчатке у половозрелой нерки бассейна р. Большой (Рудакова, 2003). А в 2002 и 2004 гг. на ЛРЗ Камчатки у молоди нерки был диагностирован инфекционный некроз гемопоэтической ткани, в результате погибло и/или было уничтожено от 30 до 70% выращиваемой молоди. В последующие годы вирус регулярно выделяли у этого вида рыб в бассейнах, базовых для ЛРЗ Камчатки рек.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В 2017 г. провели вирусологическое обследование сеголетков нерки и кеты на лососевом рыбоводном заводе «Озерки» (ОЛРЗ). Обследовали 559 и 120 экз. нерки и кеты соответственно. Из бассейнов, в которых не был зарегистрирован повышенный отход, молодь нерки и кеты отбирали в количестве 30–35 шт. методом случайных выборок и доставляли в лабораторию живыми. При повышении отхода нерки в первом бассейне было отобрано 80 экз. рыб методом случайной выборки, в последующем из бассейнов с повышенным отходом отбирали умирающую или недавно погибшую молодь в количестве 10–15 шт. (Fish pathology.., 2009).

Молодь обрабатывали попульно, объединяя в один пул 5 экз. Для выявления вирусных агентов использовали линии клеток CHSE-214 (эмбрион чавычи) и EPC (эпидермальные новообразования больного оспой карпа). Культивирование и инокуляцию клеточных культур проводили по общепринятым методикам (Сборник инструкций.., 1998). Заражение клеток осуществляли одновременно с их посевом на 96-луночных микропанелях, которые инкубировали при 15 °С в течение 10–14 дней. В случае отсутствия цитопатического эффекта (ЦПЭ) осуществляли второй пассаж материала на свежую линию клеток. Результат считали негативным при отсутствии признаков ЦПЭ во втором пассаже. Для расчета титра и идентификации вируса использовали традиционные вирусологические методы: реакцию титрования по Риду и Менчу (Лабораторный практикум.., 1983) и полимеразную цепную реакцию — ПЦР (Fish pathology.., 2009).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По информации директора ОЛРЗ, первоначально в середине марта 2017 г. резкий повышенный отход был зафиксирован только в бассейне № 4. В один день погибло более 500 шт., хотя до этого суточный отход не превышал 80 экз. Для постановки диагноза пробы были отобраны и доставлены в Камчатскую межобластную ветеринарную лабораторию (КМВЛ), где диагностировали псевдомоноз и назначили лечение антибиотиками. Однако лечебные обработки антибиотиками не помогали, отход молоди увеличивался, и через 10 дней, когда первые пробы были доставлены в лабораторию здоровья гидробионтов ФГБНУ «КамчатНИРО», достиг более 8000 шт. в день. При бактериологических и паразитологических исследованиях патогенов, способных оказывать существенное влияние на состояние здоровья сеголеток, не обнаружили. Результаты вирусологических исследований молоди нерки во время эпизоотии представлены в таблице 1.

Основными признаками патологии у больной молоди были кровоизлияния в районе грудных плавников и анального отверстия и пустой желудочно-кишечный тракт, наполненный беловатым содержимым (рис. 1; табл. 1). При наличии на перевиваемых линиях клеток признаков ЦПЭ проводили идентификацию выделенного вируса в полимеразной цепной реакции.

Развитие ЦПЭ обычно начиналось на 3–4 день после инокуляции, с появления отдельных скоплений округлых, мертвых клеток, затем на их месте образовывалась дырочка в монослое, окруженная погибшими клетками, такие очаги увеличивались в размерах, сливались, образовывая скопления округлых клеток в форме гроздьев винограда.

Впоследствии, через 6–8 дней, в лунках с ЦПЭ, как правило, происходило полное разрушение всех клеток. В лунках без ЦПЭ сохранялся сформированный, без признаков дегенерации клеточный монослой.

Плановое вирусологическое обследование молоди кеты, выращиваемой в одном цехе с неркой, перед выпуском ее в естественный водоем не показало наличия ЦПЭ на перевиваемых линиях клеток.

Таблица 1. Результаты вирусологического тестирования молоди нерки на ОЛРЗ в 2017 г.

Дата отбора проб	№ бассейна	Количество отобранных рыб, шт.	Признаки патологии	ЦПЭ*	ПЦР**	Средний титр***, $ТЦД_{50}$/мл	% проб с ЦПЭ на линиях клеток
22.03	14	80	Во время плавания рыбы переворачивались на спину, темная окраска тела, серые жабры, кровоизлияния в районе грудных плавников и у ануса, желудочно-кишечный тракт наполнен беловатым содержимым	+	+	$0{,}4\times10^{5{,}4}$	100
06.04	12	35	Умирающие и живые рыбы без признаков патологии	+	+	н/п	14,3
	13	35		+	+	$0{,}4\times10^{5{,}5}$	57,1
	15	35		+	+	$0{,}4\times10^{6{,}1}$	85,7
17.04	16	10	Мертвые и умирающие рыбы, кровоизлияния в районе ануса, желудочно-кишечный тракт вздутый, без пищи, наполнен беловатым содержимым	+	+	$0{,}4\times10^{9{,}8}$	100
	20	10		+	+	$0{,}4\times10^{9{,}5}$	100
20.04	12	10	Мертвые и умирающие рыбы, кровоизлияния в районе ануса, желудочно-кишечный тракт вздутый, без пищи, наполнен беловатым содержимым	+	+	$0{,}4\times10^{7{,}6}$	100
	17	10		+	+	$0{,}4\times10^{6{,}5}$	100
	31	15		+	+	$0{,}4\times10^{6{,}5}$	100
03.05	18	10	Мертвые и умирающие рыбы, пустой желудочно-кишечный тракт	–	–	н/п	
	23	10		+	+	$0{,}4\times10^{2{,}5}$	100
	32	10		+	+	$0{,}4\times10^{2{,}5}$	100
	34	10		+	+	$0{,}4\times10^{2{,}5}$	100
11.05	5	15	Умирающие и живые без признаков патологии	–	н/п	н/п	
	6	15		–	н/п	н/п	
	7	15		–	н/п	н/п	
	8	15		–	н/п	н/п	
	9	15		–	н/п	н/п	
	10	15		–	н/п	н/п	
	11	15		–	н/п	н/п	
15.05	18	15	Умирающие и живые без признаков патологии	–	н/п	н/п	
	19	15		+	+	$0{,}4\times10^{7{,}2}$	66,7
	21	15		–	н/п	н/п	
	22	15		–	н/п	н/п	
	24	15		–	н/п	н/п	
	25	15		+	+	н/п	33,3
	26	15		–	н/п	н/п	
16.05	27	13	Мертвые и умирающие рыбы, кровоизлияния в районе ануса и грудных плавников, желудочно-кишечный тракт вздутый, без пищи, наполнен беловатым содержимым	+	+	$0{,}4\times10^{7{,}7}$	100
	28	15		+	+	$0{,}4\times10^{8{,}5}$	100
	29	11		+	+	$0{,}4\times10^{6{,}4}$	100
	30	15		+	+	$0{,}4\times10^{9{,}8}$	100
	33	15		+	+	$0{,}4\times10^{7{,}6}$	100

Примечание: * «+» — на перевиваемых линиях клеток есть признаки ЦПЭ; «–» — признаков ЦПЭ нет; ** «+» — в полимеразной цепной реакции патоген идентифицирован как вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани; «н/п» — реакцию не проводили; *** «н/п» — реакцию титрования не проводили.

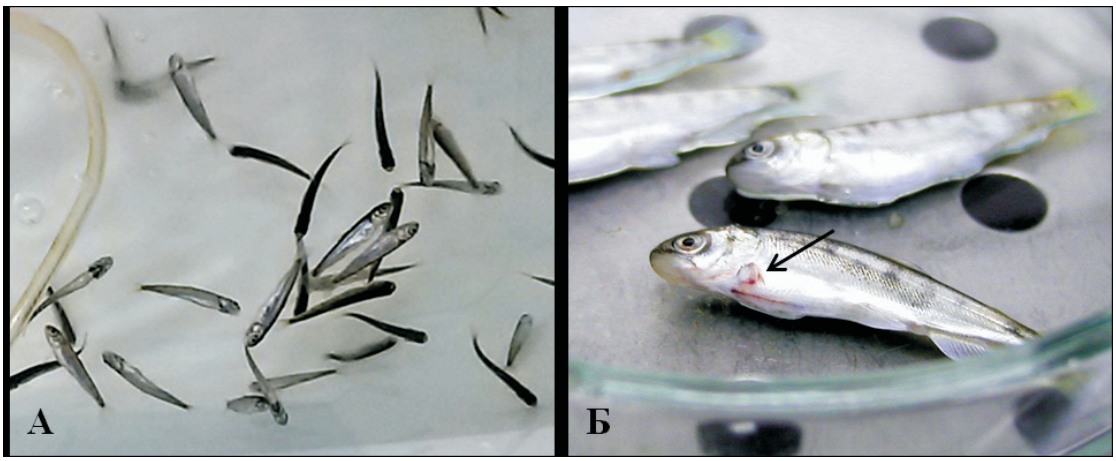


Рис. 1. Визуальные признаки патологии у мальков нерки: А — темная окраска тела, поворот на бок и на спину; Б — кровоизлияния в области грудных плавников (↑)

Первый резкий повышенный отход молоди нерки в бассейне № 14 произошел через 10 дней после поднятия на плав при массе рыбы 0,2 гр. Следующее обследование мальков было проведено в начале апреля в трех бассейнах (№ 12, 13 и 15), закладка на инкубацию икры в которых проводилась от одной с бассейном № 14 партии производителей. В лабораторию была доставлена молодь без признаков патологии из типичного ежедневного отхода. При этом в двух бассейнах (№ 13 и № 15) признаки ЦПЭ на перевиваемых линиях клеток появились на 4-й день, а в бассейне № 12 — только на 13-й день, причем всего в одной лунке. В первых упомянутых бассейнах отход начал превышать 100 шт. с 12 апреля, а в последнем — с 15 апреля. В это же время гибель рыб началась еще в 4 бассейнах (табл. 1).

Пять из семи пораженных IHNV бассейнов находились в непосредственной близости от бассейна № 14 (бассейны № 12, 13, 15, 16, 17). Отход более 100 шт. в день появился на 32–43 день после поднятия на плав и не был таким молниеносным и высоким, как в бассейне № 14 (рис. 2).

Следующая волна гибели рыб началась первого мая сразу в трех бассейнах (№ 23, 32 и 34) на 48–57 день после поднятия на плав. В середине мая провели вирусологическое обследование оставшихся тринадцати бассейнов с молодью нерки без признаков патологии (бассейны № 5–11, 19, 21, 22, 24–26) и пяти бассейнов, где появились признаки заболевания и повышенный отход (№ 27–30, 33). IHNV обнаружили в двух «благополучных» бассейнах (№ 19 и 25) и во всех пяти проблемных. Таким образом, из тридцати бассейнов, в которых выращивали нерку в 2017 г., вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани выделили в восемнадцати, т. е. у 60%. Вся рыба из неблагополучных по IHN бассейнов на ОЛРЗ уничтожалась по мере лабораторного подтверждения диагноза (табл. 2), согласно Приказа ФГБУ «Севворстрыбвод» и в присутствии представителей Агентства по ветеринарии Камчатского края (табл. 2).

Чтобы лучше понять причины возникновения эпизоотии IHN у мальков нерки на ЛРЗ «Озерки»,

Таблица 2. Уничтожение молоди нерки, пораженной вирусом инфекционного некроза гемопоэтической ткани на ОЛРЗ в 2017 г.

Дата уничтожения молоди	Номера уничтоженных бассейнов
04.04.2017	14
19.04.2017	15,13
27.04.2017	31, 20, 17, 16,12
12.05.2017	23, 34, 32
26.05.2017	19, 27, 28, 29, 30, 33
01.06.2017	25

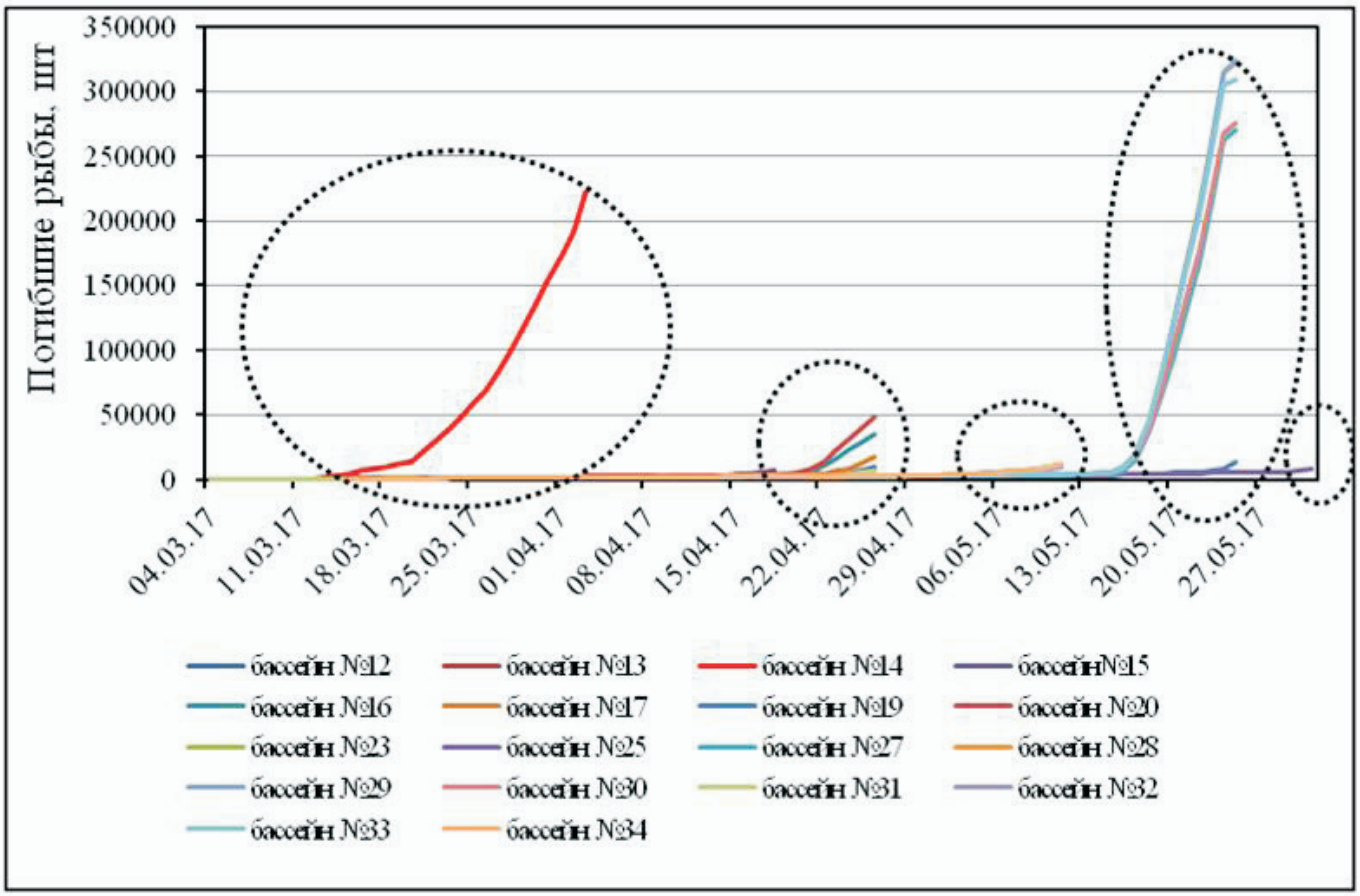


Рис. 2. Суммарное количество погибших рыб в бассейнах ОЛРЗ, пораженных инфекционным некрозом гемопоэтической ткани в 2017 г. Овалами обозначены вспышки болезни у молоди нерки в разных группах бассейнов

остановимся на описании технологического процесса и источника водоснабжения этого завода.

Отбор производителей для воспроизводства осуществляется в августе–сентябре от заводских рыб, вернувшихся на нерест непосредственно в ручей, на котором расположен завод, или на р. Ключевке, куда возвращаются производители Малкинского ЛРЗ. До полного созревания рыба содержится в садках, которые расположены непосредственно в конце завода. В процессе оплодотворения икру дезинфицировали в растворе йодинола в соответствии с рекомендациями, разработанными ФГБНУ «КамчатНИРО» на основе американских мер по контролю и профилактике IHN на заводах Америки, выращивающих нерку (Alaska.., 1994). Инкубация икры проводится в инкубационном цехе, затем икру для выклева помещают на субстрат непосредственно в 30 выростных бассейнах, расположенных в одном цехе. Молодь подращивают с января по июнь и выпускают в естественный водоем (ручей, соединенный бетонным каналом с заводом). На заводе единовременно выращивают нерку и кету одного возраста. После выпуска молоди на заводе проводится дезинфекция всего оборудования и выростных бассейнов и подготовка к следующему сезону.

Для водоснабжения на ОЛРЗ используются два источника: основной находится в 1,9 км от завода (грунтовые воды собираются в подземные перфорированные трубы, закопанные в галечник); дополнительный — это подрусловой поток ручья без названия, впадающего в р. Плотникова, в котором нет естественных нерестилищ рыб. Однако в период паводка рыба может заходить к этому ручью. Подача воды во все бассейны ведется из одного и того же источника водоснабжения, перед поступлением в бассейны вода проходит через ультрафиолетовую установку (рис. 3); эпизоотия IHN была изначально зафиксирована только в одном бассейне № 14.

Таким образом, можно исключить заражение обработанной йодинолом икры, личинок или мальков вирусом инфекционного некроза гемопоэтической ткани, попадающим на завод с водой: в этом случае гибель рыб началась бы во всех бассейнах.

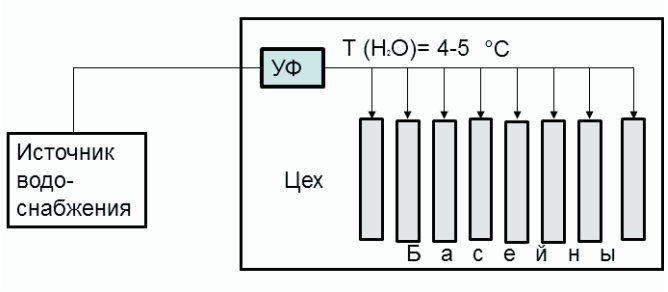


Рис. 3. Схема водоснабжения и расположения бассейнов на ОЛРЗ (УФ-ультрафиолетовая установка)

По всей вероятности, первоначальное заражение выращиваемой на ОЛРЗ молоди нерки IHN произошло в результате вертикальной передачи вируса от производителей-вирусоносителей потомству. В 2016 г. при закладке икры на инкубацию на ОЛРЗ асимптоматическое носительство IHNV обнаружили у 23,3% производителей, причем значения вирусных титров были высокими и изменялись от $0{,}4\times10^{6{,}4}$ до $0{,}4\times10^{8{,}6}$ $ТЦД_{50}$/мл тестируемого материала при среднем значении $0{,}4\times10^{7{,}3}$ $ТЦД_{50}$/мл. Начиная с 2002 г., IHNV регулярно выделяется у половозрелой нерки, вернувшейся на нерест в бассейн реки Большой (базовый водоем ОЛРЗ). Таким образом, популяции нерки в бассейне р. Большой являются естественным резервуаром вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани.

Дальнейшее распространение заболевания по бассейнам, вероятнее всего, стало результатом разноса вируса при различных манипуляциях при осуществлении кормления и чисток бассейнов. В соседние бассейны вирус мог попасть с брызгами воды, поскольку они расположены в полуметре друг от друга.

В первом пораженном бассейне гибель рыб за 22 дня болезни составила практически 50%, при этом первые две недели, пока не был поставлен окончательный диагноз, меры по купированию пораженного бассейна не предпринимались. Напротив, проводилась активная его обработка антибиотиками, что, естественно, могло способствовать распространению патогена по другим бассейнам. В дальнейшем уничтожение рыб в пораженных вирусом бассейнах происходило быстрее, сразу после постановки диагноза, на 8–15 день, при этом смертность рыб в бассейнах была еще незначительной, от 1,1 до 10,4%. Исключение составила предпоследняя партия зараженной рыбы, отход в пяти бассейнах за 20 дней болезни составил 60–70%. Температура воды на ОЛРЗ в мае была на 0,3 °С ниже, чем в марте — 4,4°С. Рыбоводы, зная о том, что бассейны будут уничтожены, поскольку на заводе эпизоотия IHN, перестали кормить больную молодь в целях экономии корма, тем самым дополнительно ослабив их и спровоцировав повышенную смертность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В марте 2017 г. у мальков нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum), выращиваемых на лососевом рыбоводном заводе «Озерки» (ОЛРЗ), диагностировали инфекционный некроз гемопоэтической ткани. Первый повы-

шенный отход молоди нерки произошел через 10 дней после поднятия на плав личинок в середине марта и только в одном бассейне. В середине апреля началась значительная гибель рыб еще в 5 бассейнах, в которых также диагностировали IHN. В мае было еще три волны болезни в группах бассейнов. Болезнь протекала в острой форме, с типичными для данного заболевания признаками патологии. Рыба в пораженных вирусом бассейнах была уничтожена в соответствии с ветеринарными требованиями. В результате болезни погибло и/или было уничтожено 60% молоди нерки, выращиваемой на ОЛРЗ. Вероятно, вспышка IHN у рыб произошла в результате вертикальной передачи вируса от производителей потомству.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Лабораторный практикум по болезням рыб. 1983. Под ред. В.А. Мусселиус. М.: Лег. и пищ. пром-сть. 296 с.

Рудакова С.Л. 2003. Некроз гемопоэтической ткани у производителей нерки и предполагаемые источники инфекции // Вопр. рыболовства. Т. 4. № 1 (13). С. 93–102.

Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. 1998. Ч. 1. М.: Отдел маркетинга АМБагро. 310 с.

Alaska sockeye salmon culture manual. 1994. Ed.: McDaniel T.R., Pratt K.M., Meyers T.R. et al. // Spec.l fish. Rep. N. 6. Alaska Dep. Fish Game. Div. Commer. Fish., Manag. Develop. Alaska. 40 p.

Bootland L.M., Leong J.C. 1999. Infectious hematopoietic necrosis virus. In: Woo PTK, Bruno DW (eds.) Fish diseases and disorders. V. 3, CAB International. P. 57–112.

Fish pathology Section Laboratory Manual. 2009. Edited by Meyers, T.R. Alaska Dep. Fish and Game. Spec. Publ. № 12. P. 5-1–5-42.

Rucker R.R., Whipple W.J., Parvin J.R., Evans C.A. 1953. A contagious disease of salmon possibly of virus origin. US Fish Wildl Serv Fish Bull 54:35–46.

Shchelkunov I.S., Shchelkunova T.I., Kupinskaya O.A., Didenko L.V., Bykovsky A.F., Olesen N.J. 2001. Infectious hematopoietic necrosis (IHN): the first confirmed finding in Russia. 10th Intern. Conf. EAFP. Diseases of fish and shellfish. Book of abstracts. Dublin. P. 44.

Watson S.W., Guenther R.W., Rucker R.R. 1954. A virus disease of sockeye salmon, interim report. US Fish and Wildlife Service Special Scientific Report on Fisheries 138:1–36.

УДК 576.89:595.384.2

ДАННЫЕ О СОСТАВЕ И РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ПАТОГЕННЫХ АГЕНТОВ У КРЕВЕТОК ПРИКАМЧАТСКИХ ВОД

Т.В. Рязанова

Вед. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18
Тел./факс: (4152) 41-27-01. E-mail: ryazanova.t.v@kamniro.ru

КРЕВЕТКИ, ПАРАЗИТЫ, МИКРОСПОРИДИИ, ГАПЛОСПОРИДИИ, КОРНЕГОЛОВЫЕ РАКИ, ИЗОПОДЫ, КАМЧАТКА

Исследования патогенов креветок проводили в период 2012–2016 гг. в шельфовой зоне Камчатки. Клинические признаки различных заболеваний обнаружены у нескольких видов креветок. Инвазии микроспоридиями трех видов и гаплоспоридиями были наиболее распространенными. В целом, превалентность болезней у креветок в районе исследований была низкой.

DATA ON THE COMPOSITION AND FREQUENCY OF PATHOGENIC AGENTS IN SHRIMPS IN THE WATERS ADJACENT KAMCHATKA

T.V. Ryazanova

Leading Scientist; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel.: (4152) 41-27-01. E-mail: ryazanova.t.v@kamniro.ru

SHRIMPS, PARASITES, MICROSPORIDIA, HAPLOSPORIDIA, RHIZOCEPHALA, ISOPODA, KAMCHATKA

The research of the pathogenic agents in shrimps was conducted in the period 2012–2016 on the shelf of Kamchatka. Clinical signs of various diseases were found in several shrimp species. Invasions of haplosporidia and three species of microsporidia were the most frequent. Prevalence of the diseases among shrimps was generally low in the area of the research.

Исследования последних десятилетий показывают, что на популяции гидробионтов значительное влияние могут оказывать инфекционные и инвазионные болезни (Meyers et al., 1987; Wilhelm, Mialhe, 1996; Lafferty et al., 2004; Stentiford et al., 2012). В настоящее время необходимость в накоплении информации о составе инфекционных и инвазионных агентов и их распространенности в природных популяциях связана с тенденцией расширения ареала многих видов патогенных организмов (Morado, 2011; Small, 2012; Stentiford et al., 2012). В морской среде особое значение имеет проблема биоинвазий, связанная с переносом морскими судами чужеродных организмов, в том числе патогенных, которые способны выживать в балластных водах. Появление новых болезнетворных агентов — серьезная угроза существованию естественных популяций, поскольку результатом может быть катастрофическая смертность.

В акватории прикамчатских вод обитают несколько видов ценных промысловых ракообразных, в том числе креветок. С 1998 г. в шельфовой зоне западного и восточного побережий Камчатки сотрудниками лаборатории здоровья гидробионтов ФГУП «КамчатНИРО» ведутся исследования болезней промысловых крабов. Сбор информации о патогенах креветок начат с 2012 года.

В настоящей работе представлены данные о болезнях креветок, выявленных на настоящий момент в прикамчатских водах, и особенностях их географической распространенности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор материала проводили в ходе стандартных траловых съемок в шельфовой зоне Западной Камчатки в 2012, 2013, 2014, 2016 гг., также у восточных берегов Камчатки в Карагинской подзоне в 2012 г.

На каждой станции при определении видового и количественного состава улова отбирали креветок с визуальными признаками заболеваний. По данным учетов по улову на каждой станции рассчитывали долю креветок с визуальными признаками заболеваний среди особей каждого вида. Всех ракообразных с признаками заболеваний исследовали патологоанатомически, отобрали пробы для паразитологических, гистологических и гистохимических исследований. Вскрытие ракообразных и отбор проб проводили в лаборатории судна, непосредственно после вылова.

При паразитологических исследованиях использовали стандартные методики (Быховская-Павловская, 1985). Фиксированные в течение 1 мин. в 10%-м формалине, приготовленном на морской воде, отпечатки внутренних органов окрашивали по Романовскому–Гимзе. Для культивирования грибов использовали селективную среду Сабуро. Отобранные для гистологического и гистохимического анализа образцы внутренних органов ракообразных фиксировали в жидкости Дэвидсона на морской воде и после фиксации сохраняли в 70%-м этиловом спирте (Bell, Lightner, 1988). Дальнейшую обработку гистологических проб и окрашивание препаратов гематоксилин-эозином по Мейеру, Граму, Романовскому–Гимзе, Цилю–Нильсену и ШИК-световым зеленым проводили по общепринятым методикам (Bancroft, Stevens, 1990). Полученные препараты изучали под световым микроскопом Olympus BH-2, имеющим автоматическое фотографическое устройство. При измерении спор, паразитов или их отдельных частей использовали окуляр-микрометр.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего с визуальными признаками заболеваний было зарегистрировано 183 экз. ракообразных следующих видов: северная *Pandalus boreas* (72 экз.), углохвостая *P. goniurus* (50 экз.), гребенчатая *P. hypsinotus* (25 экз.), равнолапая *Pandalopsis lamelligera* (30 экз.) креветки, а также шримсы *Crangon dalli* (11 экз.). В результате исследований у креветок были выявлены заболевания, вызванные простейшими и многоклеточными паразитами, микозные инфекции.

Микроспоридии. В уловах ракообразных всех исследованных видов обнаружили особей с белой непрозрачной мускулатурой, что является визуальным признаком большинства микроспоридиозных инвазий. Из-за похожей на вареную, белой мускулатуры больных ракообразных вызванные микроспоридиями заболевания называют «ватное мясо», «хлопковая» или «меловая» болезнь (Meyers, 1990; Sindermann, 1990). При гистологических исследованиях образцов тканей креветок определили, что причиной патологических изменений мускулатуры действительно являлись микроспоридии. Паразитами была замещена значительная часть мышечных волокон как скелетной, так и висцеральной мускулатуры больных ракообразных. Большинство микроспоридий известны как паразиты поперечнополосатой мускулатуры хозяина (Воронин, 1986; Исси, 1986; Brock, Lightner, 1990; Messick, 1998; Brown, Adamson, 2006). Развивающиеся в массе споры паразита разрушают мышечные клетки, вызывают деполимеризацию их сократительного аппарата и постепенно замещают мускулатуру. На поздней стадии развития заболевания может происходить заселение паразитом и других тканей. Лабораторные эксперименты показывают, что появление у ракообразных внешних признаков микроспоридиоза говорит о поздней стадии развития заболевания (Childers et al., 1996). У всех исследованных нами креветок также была поздняя стадия инвазии, поскольку наблюдались тяжелые деструктивные изменения внутренних органов, главным образом мышечной ткани, в сочетании с ярко выраженными визуальными признаками заболевания. При этом признаки обычной воспалительной реакции тканей ракообразных на инвазию, такие как инфильтрация гемоцитов в зону поражения, наличие гранулем и меланизированных включений, отсутствовали. Микроспоридиям свойственно подавление защитных функций специализированных клеток крови хозяина, поэтому обычные воспалительные реакции — инфильтрация гемоцитами пораженных тканей, их инкапсуляция и образование меланизированных включений — регистрируются редко или в незначительном количестве (Воронин, 1986; Исси, 1986; Vivares, Azevedo, 1988; Moodie et al., 2003).

По морфологическим признакам обнаруженных в наших исследованиях празитов отнесли к родам *Thelohania*, *Nosema* и *Pleistophora*. Процесс спорогонии, когда в результате трех последовательных делений образуется 8 спор, заключенных в панспоробластическую оболочку, является основным признаком рода *Thelohania* (Sprague et al., 1992; Brown, Adamson, 2006). Споры, объединенные в панспоробласты по 16 и более штук, являются характерной чертой микроспоридий рода *Pleistophora*. Для представителей сем. Nosematidae, напротив, свойственно отсутствие панспоробластической оболочки. Их споры на всех стадиях развития лежат раздельно и находятся в непосредственном контакте с тканями хозяина (Воронин, 1986; Исси, 1986; Vivares, Azevedo, 1988; Canning et al., 2002).

Микроспоридий рода *Thelohania* зарегистрировали у северной креветки и шримса *C. dalli*. В мышечной ткани ракообразных выявили шарообразные панспоробласты паразита, содержащие до 8 спор (рис. 1А). Микроспоридий, по морфологическим признакам отнесенным к роду *Nosema*, выявили при гистологическом анализе у северной, гребенчатой и равнолапой креветок. Причем инвазия этим паразитом у северной креветки встречалась существенно реже, чем представителем рода *Thelohania*. Гистологические исследования показали, что в группах креветок с визуальными признаками микроспоридиоза, выловленных на одной и той же станции, соотношение было примерно 1:10. У креветок двух других видов случаи заражения *Nosema* sp. также были редкими. Микроскопические исследования показали, что одиночными, не объединенными в панспоробласты спорами паразита была замещена значительная часть мышечных волокон как скелетной, так и висцеральной мускулатуры зараженных животных (рис. 1Б). По полученным данным, инвазия микроспоридии рода *Pleistophora* встречалась только у углохвостых креветок. В мускулатуре креветок этого вида выявили крупные панспоробласты, содержащие по 20 и более спор на разных стадиях развития (рис. 1В).

Микозные инфекции. В 2014 и 2016 гг. регистрировали единичные случаи гибели икры у самок северной креветки. Пораженный участок кладки был покрыт тонким белесым пушком. При посеве на селективную среду наблюдался рост культуры, при микроскопических исследованиях которой обнаружили несептированные гифы гриба и конидии продолговатой формы. Патоген отнесли к группе фикомицетов, предположительно принадлежащих к порядку Lagenidiales. Виды фикомицетов, принадлежащие к порядкам Lagenidiales, Saprolegniales и Peronosporales, обычно инфицируют кладки яиц и личиночные стадии крабов, лобстеров и креветок, но иногда поражают и взрослых особей (Armstrong, 1988; Lightner, 1988; Sindermann, 1988). В 2010 г. на шельфе Западной Камчатки мы регистрировали гибель икры в результате инфекции патогенными грибами *Lagenidium* sp. у самок равношипого краба. В 2012 г. подобную микозную инфекцию отмечали у самок краба-стригуна Бэрда в Карагинской подзоне.

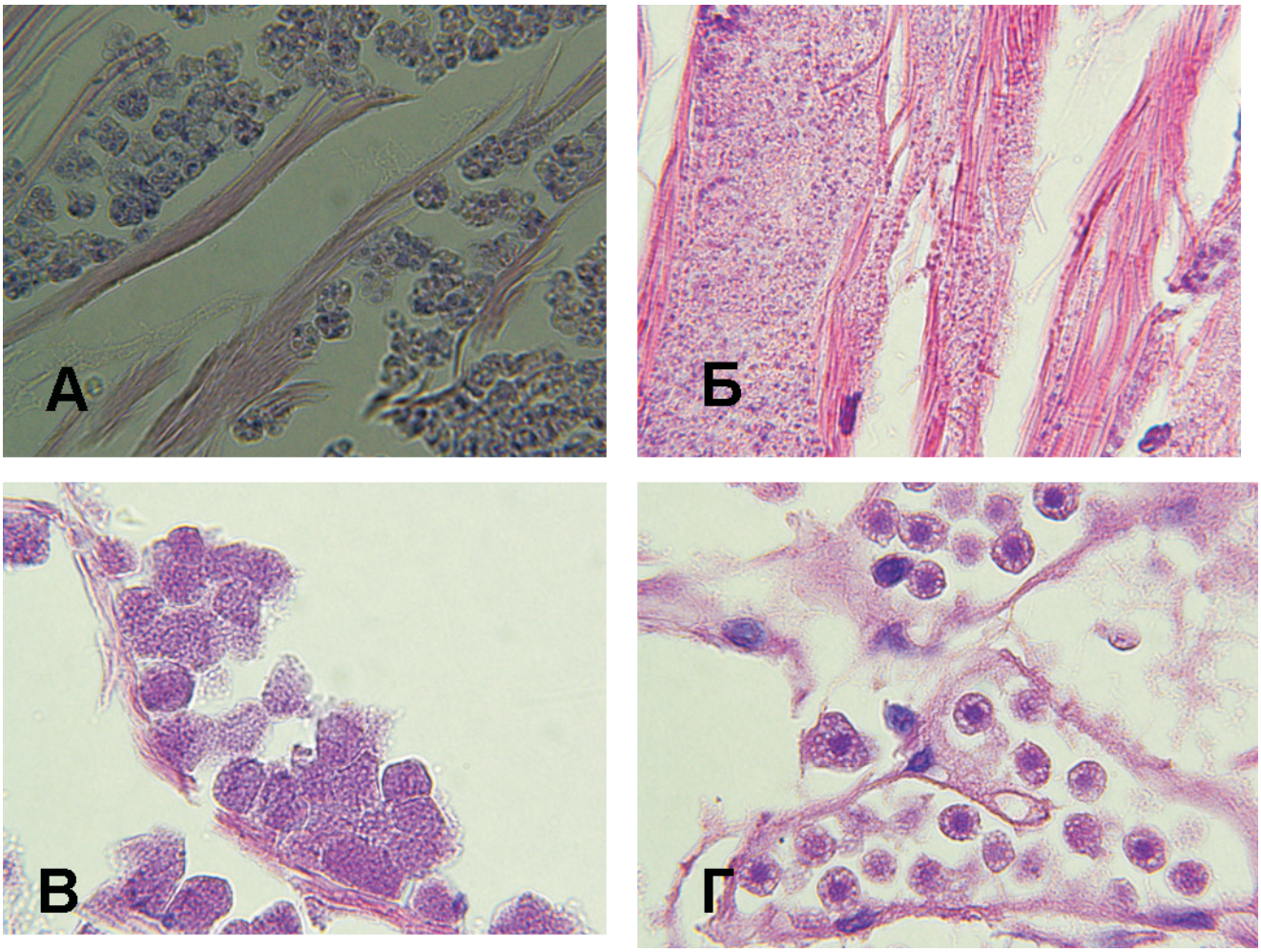


Рис. 1. Простейшие паразиты в мускулатуре креветок: панспоробласты *Thelohania* sp. (А); споры *Nosema* sp. (Б); панспоробласты *Pleistophora* sp. (В); одноядерные трофонты гаплоспоридии SPP (spot prawn parasite) (Г). Увеличение 1000. Окрашивание гематоксилин-эозином

Гаплоспоридии. Ежегодно в уловах северной креветки отмечали экземпляры более яркого, чем в норме, оранжевого цвета и с просвечивающей сквозь покровы тела желтой гемолимфой. Заболевание с похожими визуальными признаками у ракообразных вызывают паразитические динофлагелляты рода Hematodinium. В камчатских водах на настоящее время эта инвазия зарегистрировна у пяти видов промысловых крабов (Ryazanova et al., 2016). Однако при микроскопических исследованиях образцов внутренних органов креветок обнаружили паразита иного морфологического строения. В большинстве своем это были одноядерные округлые клетки размером 12,5±0,5 мкм с центральным круглым базофильным ядром. В эозинофильной цитоплазме хорошо видны концентрически расположенные неокрашенные вакуоли и редкие базофильные включения. Иногда отмечали клетки более крупного размера, содержащие два или три ядра. Клетки паразита во множестве регистрировали в гемальных синусах и межуточной соединительной ткани всех внутренних органов. Отмечали резкое уменьшение количества гемоцитов хозяина, вакуолизацию клеток эпителия гепатопанкреаса, расширение гемальных синусов, деполимеризацию волокон мышечной ткани (рис. 1Г).

По полученным нами данным, обнаруженный у северной креветки простейший паразит является тем же или близким к SPP (spot prawn parasite), известному у этого же вида креветки у берегов Аляски и *P. platyceros* у Британской Колумбии (Meyers et al., 1994; Bower, Meyer, 2002). По данным генетических исследований этот организм является представителем типа Haplosporidia (Reece et al., 2000). Однако более точное таксономическое положение пока остается неясным, поскольку его морфологические признаки не соответствуют ни одному из описанных родов гаплоспоридий. В настоящее время описано более 30 видов гаплоспоридий представителей родов: *Haplosporidium, Minchinia, Urosporidium*. Большинство из них являются паразитами водных беспозвоночных (Messick, Sindermann, 1992). Детальные исследования инфекции SPP у *P. platyceros* показали, что паразит имеет довольно сложный цикл развития с образованием нескольких многоядерных и одноядерных форм. Причем длительное время заболевание невозможно определить по визуальным признакам, т. к. они появляются на поздней стадии, когда многоядерные плазмодиальных формы сменяются одноядерными трофонтами (Bower, Meyer, 2002). Как по наличию визуальных признаков, так и по соотношению количества одноядерных и многоядерных форм паразита в образцах тканей, можно сделать вывод, что у исследованных нами особей *P. borealis* инвазия была на поздней стадии.

Изоподы. В уловах исследованных видов ракообразных ежегодно регистрировали особей, зараженных паразитическими изоподами сем. *Bopyridae.* Признаком инвазии является раздутая жаберная камера креветки с одной или, реже, с двух сторон. Наличие паразитов в жаберной камере креветки приводит к сдавливанию жабр и, соответственно, ухудшению респирации. Гистологические исследования показали незначительные изменения непосредственно в тканях жабр.

Корнеголовые раки. Ежегодно отмечали по несколько экземпляров северной и гребенчатой креветок, зараженных корнеголовым раком *Sylon hippolytes.* Инвазия легко определяется по наличию фасолевидного наружного репродуктивного тела (экстерны) паразита. Дважды за весь период исследований (в 2012 и 2016 гг.) отмечали по одному экземпляру шримса *C. dalli,* зараженного редко встречающимся в наших водах колониальным корнеголовым раком *Mycetomorpha vancouverensis*. Наружное репродуктивное тело этого паразита состоит из целой грозди мелких экстерн (рис. 2). При исследованиях гистологических образцов креветок, зараженных обоими видами корнеголовых раков, выросты интерны паразитов обнаружили в яичнике, соединительной ткани желудка, пищевода, задней кишки, антеннальной железы, массово — между трубочками гепатопанкреаса. Ответной воспалительной реакции тканей хозяина на присутствие паразита не выявили. У всех зараженных особей регистрировали деградацию половых желез. Исследования ракообразных разных видов, зараженных корнеголовыми раками, показывают, что повреждения органов хозяина при этом отсутствуют или они минимальны и связаны со сдавливанием или смещением тканей. Исключение составляет половая система, которая подвергается деградации

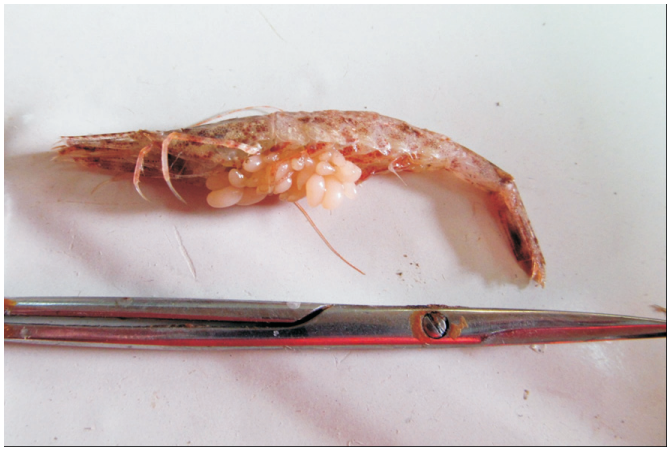


Рис. 2. Экстерна корнеголового рака *M. vancouverensis* у шримса *C. dalli*

независимо от того, проникли отростки интерны в половые железы или нет (Sparks, Morado, 1986; Meyers, 1990).

В результате исследований наиболее широкий спектр болезнетворных агентов выявили у северной креветки. Из всех обнаруженных патогенов у этого вида ракообразных не отмечали только корнеголового рака *M. vancouverensis* и микроспоридию *Pleistophora* sp. Показатели превалентности заболеваний были низкими во все годы исследований (табл. 1).

По полученным данным наиболее распространенными у креветок в прикамчатских водах являются простейшие паразиты. Из них два вида микроспоридий (*Thelohania* sp. и *Nosema* sp.) паразитируют, как минимум, у двух видов хозяев, в то время как *Pleistophora* sp. встречается только у углохвостой креветки. Известно, что среди микроспоридий имеются как виды, способные развиваться только у одного хозяина, так и у широкого круга хозяев (Iversen et al., 1987; Canning et al., 2002).

Принадлежащий к типу гаплоспоридий простейший паразит SPP встречался только у северной креветки, и его превалентность не превышала 1%. Однако следует отметить, что длительное время инвазия существует в скрытой форме. Так, по данным учета *P. platyceros* в Британской Колумбии превалентность заболевания с визуальными признаками составляла около 2%. Для выявления скрытой инвазии Бауэр и Мейер (2002) провели гистологические исследования выборки креветок без визуальных признаков болезни. В результате заболевание в скрытой форме (т. е. на стадии, когда визуальные признаки еще отсутствуют) обнаружили у 20% визуально здоровых особей. Причем, у 86% из них регистрировали уродства развития эндоподита второй плеоподы и дегенерацию половых желез. Из чего авторами были сделаны выводы, что, во-первых, инвазия SPP влияет на половое развитие *P. platyceros*, во-вторых, заболевание протекает достаточно долго в скрытой форме, и в-третьих, визуальный учет по клиническим признакам дает большую ошибку. Вполне возможно, что у северной креветки на территории западнокамчатского шельфа реальная превалентность инвазии SPP может существенно превышать 1%. Во всяком случае, этот вопрос требует дальнейших исследований.

Паразитические изоподы *Bopyridae* spp. у креветок в исследованном районе встречаются относительно редко, но они способны заражать все виды исследованных ракообразных. Остальные патогенные организмы отмечены единично у двух или одного вида хозяев.

Географическое распространение обнаруженных заболеваний имеет свои особенности (рис. 3). По данным визуального учета, большая часть станций, где были обнаружены креветки, зараженные микроспоридиями *Thelohania* sp., *Pleistophora* sp. и гаплоспоридиями SPP, сконцентрированы в северной части шельфа. Как было отмечено выше, микроспоридия *Nosema* sp. встречается у креветок реже, чем *Thelohania* sp., однако она паразитирует у трех видов хозяев и широко распространена географически. Эта ин-

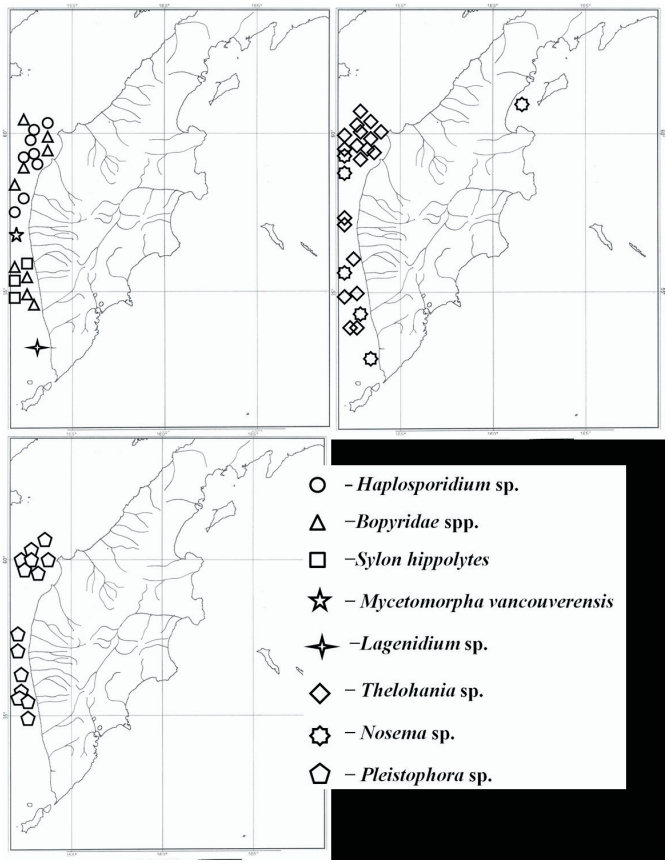


Рис. 3. Географическая распространенность патогенов креветок в прикамчатских водах

Таблица 1. Состав и превалентность болезнетворных агентов, выявленных у креветок в 2012–2016 гг.

Патоген	Превалентность (%)				
	P. borealis	*P. goniurus*	*P. hypsinotus*	*P. lamelligera*	*C. dalli*
Thelohania sp.	0,2–0,6	–	–	–	единично
Nosema sp.	0,04–0,02	–	единично	единично	–
Pleistophora sp.	–	0,7–1,2	–	–	–
Гаплоспоридии (SPP)	0,2–0,8	–	–	–	–
Lagenidium sp.	единично	–	–	–	–
Bopyridae spp.	0,01–0,3	единично	единично	0,01–0,02	единично
S. hippolytes	единично	–	единично	–	–
M. vancouverensis	–	–	–	–	единично

вазия была зарегистрирована по всему западнокамчатскому шельфу, а также отмечена и у восточного побережья Камчатки в Карагинском заливе. К сожалению, относительно районов Восточной Камчатки мы имеем очень мало информации. Гибель икры ракообразных в результате микозных инфекций в природных популяциях, по-видимому, вообще встречается очень редко, но она не приурочена ни к определенному географическому району, ни к виду ракообразных. Так, мы отмечали случаи подобной микозной инфекции в северной части шельфа Западной Камчатки у самок равношипого краба и в Карагинском заливе у самок краба-стригуна Бэрда (Рязанова, Устименко, 2014). Паразитические изоподы *Bopyridae* spp., при очень небольшой встречаемости, распространены по всей исследованной территории. Зарегистрированные нами случаи инвазии креветок корнеголовым раком *S. hippolytes* были единичными и лишь на нескольких станциях. Но очень сомнительно, что этот паразит тяготеет к южной части шельфа, где эти станции расположены. Визуальные признаки инвазии позволяют легко заметить зараженных особей и, по сообщениям коллег, они встречаются в уловах по всему шельфу. Корнеголовый рак *M. vancouverensis* для Охотского моря вообще очень редок. Этот вид характерен для восточной части Северной Пацифики (Høeg, Rybakov, 2007).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований у креветок зарегистрированы паразитарные инвазии, вызванные тремя видами микроспоридий, простейшим патогеном SPP (тип Haplosporidia), паразитическими изоподами, двумя видами корнеголовых раков, и микозная инфекция. Самый широкий спектр патогенов выявлен у северной креветки. Наиболее распространенными у креветок всех исследованных видов являются заболевания, вызванные простейшими патогенами. В основном эти инвазии встречаются в северной части западнокамчатского шельфа. Микроспоридии рода *Nosema* имеют самый широкий круг хозяев и обширное географическое распространение. Инвазии паразитическими изоподами и корнеголовым раком *S. hippolytes* распространены на всей территории Западной Камчатки, но с относительно низкой превалентностью. Микозная инфекция и инвазия корнеголовым раком *M. vancouverensis* очень редки. В целом превалентность патогенов и болезней в популяциях креветок прикамчатских вод низкая.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор приносит искреннюю благодарность настоящим и бывшим сотрудникам КамчатНИРО П.Ю. Иванову, Т.Б. Морозову, Р.В. Дунаеву, Е.А. Грицких за помощь в сборе материала, а также членам научных групп и экипажам НИС «Профессор Пробатов», НИС «ТИНРО» за содействие и помощь во время морских экспедиционных работ. С глубокой признательностью вспоминаю ученого с мировым именем в области исследования корнеголовых ракообразных, сотрудника Института биологии моря им. Жирмунского РАН А.В. Рыбакова, оказавшего помощь в определении *M. vancouverensis*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Быховская-Павловская И.Е. 1985. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука. 121 с.

Воронин В.Н. 1986. Микроспоридии ракообразных / Протозоология. Вып. 10. Л.: Наука. Т. 1986. С. 137–163.

Исси И.В. 1986. Микроспоридии / Протозоология. Вып. 10. Л.: Наука. С. 3–121.

Рязанова Т.В., Устименко Е.А. 2014. Основные результаты обследования промысловых ракообразных прикамчатских вод в 2012–2013 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 34. С. 51–61.

Armstrong D.A. 1988. Disease of Dungeness crabs: Fungus (*Lagenidium*) / Disease diagnosis and control in North American marine aquaculture. Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo: Elsevier. P. 215–219.

Bancroft D., Stevens A. 1990. Turner D.R. 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. The World aquaculture society, Baton Rouge. P. 114.

Bower S.M., Meyer G.R. 2002. Morphology and ultrastructure of a protistan pathogen in the haemolymph of shrimp (*Pandalus* spp.) in the Northern Pacific Ocean // Can. J. Zool. V. 80. P. 1055–1068.

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.

Brown A.M.V., Adamson M.L. 2006. Phylogenetic distance of *Thelohania butleri* Johnston, Vernick, and Sprague, 1978 (Microsporidia; Thelohaniidae), a parasite of the smooth pink shrimp *Pandalus jordani*, from its congeners suggests need for major revision of the genus *Thelohania* Henneguy, 1892 // Journal of Eukaryotic Microbiology. V. 53. № 6. P. 445–455.

Canning E.U., Curry A., Overstreet R.M. 2002. Ultrastructure of *Tuzetia weidneri* sp. n. (Microsporidia : Tuzetiidae) in skeletal muscle of *Litopenaeus setiferus* and *Farfantepenaeus aztecus* (Crustacea: Decapoda) and new data on *Perezia nelsoni* (Microsporidia: Pereziidae) in *L. setiferus* // Acta Protozoologica. V. 41. № 1. P. 63–77.

Childers R.K., Reno P.W., Olson R.E. 1996. Prevalence and geographic range of *Nadelspora canceri* (Microspora) in Dungeness crab *Cancer magister* // Diseases of Aquatic Organisms. V. 24. № 2. P. 135–142.

Høeg J.T., Rybakov A.V. 2007. Cypris larvae in *Polysaccus mediterraneus* and *Mycetomorpha vancouverensis*: Their importance in analyzing the phylogeny and sexual evolution of parasitic barnacles (Crustacea: Cirripedia: Rhizocephala) // Israel Journal of Ecology and Evolution. V. 53, N 1. P. 9–31.

Iversen E.S., Kelly J.F., Alzamora D. 1987. Ultrastructure of *Thelohania duorara* Iversen and Manning, 1959 (Microspora: Thelohaniidae)

in the pink shrimp, *Penaeus duroarum* Burkenroad // J. of Fish Diseases. V. 10. № 4. P. 299–307.
Lafferty K.D., Porter J.W., Ford S.E. 2004. Are diseases increasing in the ocean? // Annual Review of Ecology Evolution and Systematics. V. 35. P. 31–54.
Lightner D.V. 1988. Diseases of cultured penaeid shrimp and prawns. Larval mycosis / Disease diagnosis and control in North American marine aquaculture. Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo: Elsevier. P. 58–63.
Messick G.A., Sindermann C.J. 1992. Synopsis of principal diseases of the blue crab, *Callinectes sapidus*. U.S. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/NEC-88. 24 p.
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., Koeneman T.M., Botelho C., Short S. 1987. Bitter crab disease – a fatal dinoflagellate infection and marketing problem for Alaskan tanner crabs *Chionoecetes bairdi* // Dis. Aquat. Organ.V. 3. P. 195–216.
Meyers T.R. 1990. Diseases of Crustacea. 3.2 Diseases Caused by Protistans and Metazoans / Diseases of marine animals. V. 3. Hamburg: Biologische Anstalt Helgoland. P. 350–389.
Meyers T.R., Lightner D.V., Redman R.M. 1994. A dinoflagellate-like parasite in alaskan spot shrimp *Pandalus platyceros* and pink shrimp *P. borealis* // Diseases of Aquatic Organisms. V. 18. № 1. P. 71–76.
Moodie E.G., Le Jambre L.F., Katz M.E. 2003. *Thelohania montirivulorum* sp. nov (Microspora: Thelohaniidae), a parasite of the Australian freshwater crayfish, *Cherax destructor* (Decapoda: Parastacidae): fine ultrastructure, molecular characteristics and phylogenetic relationships // Parasitology Research. V. 91. № 3. P. 215–228.
Morado J.F. 2011. Protistan diseases of commercially important crabs: A review // J. Invertebr. Pathol. V. 106. P. 27–53.
Reece K.S., Burreson E.M., Hudson K.L., Bower S.M., Dungan C.F. 2000. Molecular analysis of a parasite in prawns (*Pandalus platyceros*) from British Columbia, Canada // J. Shellfish Res. V. 19. P. 647.
Ryazanova T.V., Fedotov P.A., Kharlamenko V.I. 2016. Bitter Crab Syndrome in Commercial Crabs in the Western Part of the Bering and Chukchi Seas // Russ. J. Mar. Biol. V. 42. P. 349–353.
Sindermann C.J. 1988. Blue crab diseases: Fungus (*Lagenidium*) disease / Disease diagnosis and control in North American marine aquaculture. Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo: Elsevier. P. 197–199.
Sindermann C.J. 1990. Principal diseases of marine fish and shellfish. New York: Academic Press. 516 p.
Small H.J. 2012. Advances in our understanding of the global diversity and distribution of *Hematodinium* spp. – significant pathogens of commercially exploited crustaceans // J. Invertebr. Pathol. V. 110. P. 234–246.
Sparks A.K., Morado J.F. 1986. Histopathology and host response in lithodid crabs parasitized by *Briarosaccus callosus* // Diseases of Aquatic Organisms. V. 2. № 1. P. 31–38.
Sprague V., Becnel J.J., Hazard E.I. 1992. Taxonomy of phylum Microspora // Critical Reviews in Microbiology. V. 18. № 5–6. P. 285–395.
Stentiford G.D., Neil D.M., Peeler E.J. 2012. Disease will limit future food supply from the global crustacean fishery and aquaculture sectors // J. Invertebr. Pathol. V. 110. P. 141–157.
Vivares C.P., Azevedo C. 1988. Ultrastructural observations of the life cycle stages of *Ameson atlanticum* sp. nov., a microsporidan parasitizing *Cancer pagurus* // Journal of Fish Diseases. V. 11. № 5. P. 379–387.
Wilhelm G., Mialhe E. 1996. Dinoflagellate infection associated with the decline of *Necora puber* crab populations in France // Dis. Aquat. Organ. V. 26. P. 213–219.

УДК 639.09:615.2

ВЛИЯНИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ С ФОРМАЛИНОМ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ В СЕРДЦЕ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM)

Г.М. Ткаченко[1], Й. Грудневская[2]

[1] К. б. н.; Институт биологии и охраны окружающей среды
76-200, Польша, Слупск, Поморская Академия, ул. Арцишевского, 22b
Тел.: +48 59 8405360, факс: +48 59 8405337. E-mail: tkachenko@apsl.edu.pl
[2] К. б. н.; Институт пресноводного рыбного хозяйства им. Станислава Саковича
83-330, Польша, Жуково, Рутки. E-mail: jgrudniewska@infish.com.pl

РАДУЖНАЯ ФОРЕЛЬ (ONCORHYNCHUS MYKISS WALBAUM), СЕРДЦЕ, ФОРМАЛИН, ДЕЗИНФЕКЦИЯ, СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗА, КАТАЛАЗА, ГЛУТАТИОНРЕДУКТАЗА, ГЛУТАТИОНПЕРОКСИДАЗА, ОБЩАЯ АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ

Цель работы заключалась в изучении активности антиоксидантной системы (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионредуктаза, глутатионпероксидаза, общая антиоксидантная активность) в сердечной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) после профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином (конечная концентрация 200 мл/м^3 воды, по 20 минут аппликации трижды в течение трех дней). Дезинфекция рыб в наших исследованиях вызвала увеличение активности каталазы и снижение активности супероксиддисмутазы. Корреляционный анализ подтвердил зависимость между активностью каталазы и высоким уровнем общей антиоксидантной активности в сердечной ткани радужной форели после профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином. Применение формалина как дезинфицирующего агента у радужной форели способствует сохранению функционального потенциала стресс-лимитирующей системы антиоксидантной защиты, что предотвратит накопление в организме токсических продуктов перекисного окисления липидов и окислительно модифицированных белков. Исследование состояния окислительно-антиоксидантной системы организма рыб имеет существенное значение для понимания механизмов влияния дезинфектантов в аквакультуре для ранней диагностики и предотвращения повреждений важнейших систем и органов рыб при проведении эффективных профилактических и лечебных мероприятий в рыбохозяйственных водоемах. Кроме того, на базе этих исследований могут быть разработаны высокочувствительные тест-системы для биохимического мониторинга водных объектов и экосистем.

EFFECTS OF PREVENTIVE DISINFECTING MEASURES WITH FORMALIN ON THE ENZYMATIC ANTIOXIDANT DEFENSE IN THE HEART OF THE RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM)

G.M. Tkachenko[1], Y. Grudnevskaya[2]

[1] Ph. D. (Biology); Institute of Biology and Environmental Protection,
Pomeranian University in Słupsk
76-200, Poland, Słupsk, Arciszewski Str., 22b
E-mail: tkachenko@apsl.edu.pl
[2] Ph. D. (Biology); Inland Fisheries Institute
E-mail: jgrudniewska@infish.com.pl

RAINBOW TROUT (ONCORHYNCHUS MYKISS WALBAUM), HEART, FORMALIN, DISINFECTION, SUPEROXIDE DISMUTASE, CATALASE, GLUTATHIONE REDUCTASE, GLUTATHIONE PEROXIDASE, TOTAL ANTIOXIDANT CAPACITY

The aim of the study was to evaluate activity of antioxidant defense (superoxide dismutase, catalase, glutathione reductase, glutathione peroxidase, total antioxidant capacity) in the heart tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) on preventive disinfecting with formalin (final concentration 200 ml/m^3 in water, 20 minutes application, three times repeated in 3 days). The disinfection in our experiments caused an increase in the catalase activity and a decrease in the superoxide dismutase activity. Correlation analysis confirmed the correlation between the catalase activity and a high level of total antioxidant capacity in the heart tissue of rainbow trout after preventive disinfection with formalin. The use of formalin as a disinfectant in rearing rainbow trout contributes to preservation of functional potential of the stress-limiting

antioxidant defense system, which will prevent accumulation of toxic products of lipid peroxidation and oxidatively modified proteins. The study of the oxidation-antioxidant balance in the fish tissues and organs is essential for understanding the mechanisms of the disinfectant effects for early diagnosis and prevention of damages in the course of preventive and therapeutic activities in aquaculture. Moreover, highly sensitive test systems for biochemical monitoring of water organisms and ecosystems can be developed based on these studies.

В условиях интенсивного развития аквакультуры важнейшей задачей является использование высококачественных препаратов, применяемых для очистки гидротехнических сооружений и среды обитания выращиваемых в рыбоводстве гидробионтов от нежелательных организмов, профилактики и терапии эктопаразитарных заболеваний у культивируемых объектов, а также разработка рекомендаций по использованию данных средств в указанной сфере деятельности (Zepeda et al., 2008). От этого зависит не только увеличение объемов продукции аквакультуры, но и улучшение ее качества (Рахконен и др., 2013). Одним из таких препаратов, чрезвычайно эффективным для уничтожения простейших паразитов (кроме *Chilodonella*), является формалин (Рахконен и др., 2013).

Формальдегид губительно действует на микроорганизмы, грибы, вирусы, паразитов, их личинки, цисты и яйца. Низкие концентрации формалина (15 мг/л) в течение долгого времени (4–6 часов) с успехом использовались для обработки против видов *Ichthyobodo necator* (Costia), *Trichodina* sp., *Gyrodactylus* sp., прикрепленных ресничных инфузорий и ихтиофтириуса. При концентрации около 8 мг/ч/м^2 площади биофильтра и температуре 15 ºС формалин относительно быстро разрушается в биофильтре. Однако формалин может снизить скорость преобразования азота бактериями в биофильтре (Брайнбалле, 2010).

В основе действия формалина лежит его способность вступать в реакцию с белками и денатурировать их. Формальдегид в меньшей степени, чем другие дезсредства, связывается с органическими веществами субстрата и глубоко проникает в обеззараживаемый объект. Наилучшая его эффективность проявляется при температуре свыше 15 °С. При температурах ниже 10 °С бактерицидное действие формальдегида значительно снижается. Возбудители паразитарных болезней (ихтиофтириусы, триходины, дактилогирусы, гидродактилюсы), а также возбудители инфекционных заболеваний (например *Aeromonas hydrophyla*), погибают в 2%-м растворе формальдегида через 10–15 минут.

Ванна с сильной концентрацией формалина действует смертельно также на моногенетических сосальщиков, ракообразных и пиявок (Рахконен и др., 2013).

Несмотря на полученные положительные результаты, влияние отдельных дезинфектантов на состояние рыб, а также специфичность вызываемых ними физиологических реакций остаются до конца не изученными, а зачастую и неизвестными (Torgersen и Håstein, 1995). Имеющиеся в доступной нам литературе данные в большинстве случаев характеризуют лишь обеззараживающие эффекты дезинфектантов и уровень вызываемой ними защиты (Рахконен и др., 2013). Не менее важным, на наш взгляд, является изучение физиологического состояния, а также биохимических изменений в различных тканях рыб после профилактических дезинфицирующих мероприятий.

Поэтому наиболее быстрым и эффективным тестом оценки действия токсикантов могут служить процессы тканевого обмена веществ. Биохимические методы в ихтиологии и ихтиопатологии пока слабо используются, но они позволяют глубже понять молекулярные механизмы адаптаций в ответ на залповое и быстрое воздействие стрессовыми факторами по сдвигам в звеньях обменных процессов задолго до появления морфологических, физиологических и других отклонений от нормы (Мурадова, 2007). При этом параметры антиоксидантной системы (АОС) могут служить удобными биомаркерами для оценки воздействия химических факторов на организм рыб и среду их обитания, а также для проведения эффективных профилактических дезинфекционных мероприятий в рыбохозяйственных водоемах.

Особенности состояния про- и антиокислительной систем рыб при воздействии дезинфектантов, сопровождающихся токсическим стрессом, не до конца выяснены. В связи с этим изучение антиоксидантной системы в условиях дезинфецирующих мероприятий в аквакультуре представляется актуальным (Winston, 1991; Kelly и др., 1998; Davies, 2000; Valavanidis и др., 2006; Limón-Pacheco, Gonsebatt, 2009). Именно на базе этих исследований могут быть разработаны высокочувствительные тестовые системы для биохимического мониторинга водных объектов и систем.

Антиоксидантная система является показателем состояния адаптивно-компенсаторного потенциала организма, поэтому представляется целесообразным выяснить особенности антиоксидантных ферментных процессов в тканях рыб после дезинфицирующих

мероприятий с формалином, определить их взаимосвязь с биохимическими показателями, характеризующими функциональное состояние внутренних органов (Winston, 1991). С другой стороны, необходим поиск доступных недорогих технологий, позволяющих повысить диагностическую и прогностическую информативность профилактических и лечебных мероприятий в аквакультуре.

Имеющиеся данные по этим вопросам носят весьма противоречивый характер, а исследований по изучению процессов окислительного стресса и состояния системы антиоксидантной защиты при применении дезинфектантов крайне недостаточно. Исследования в этом плане весьма важны для разработки биохимических методов контроля эффективности дезинфекции и дальнейшего изучения ее с позиции безопасности для организма рыб (Valavanidis и др., 2006). На основании вышеизложенного, цель работы заключалась в изучении активности АОС в сердечной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) после профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Эксперимент проводили в отделе исследований лососевых рыб Института пресноводного рыбного хозяйства (Жуково, Польша). Все биохимические анализы проводили на кафедре зоологии и физиологии животных Института биологии и охраны окружающей среды Поморского университета в Слупске (Польша). Использовали клинически здоровую радужную форель с массой тела 45,0±2,2 г, которую содержали в 250-литровых резервуарах (по 70–75 рыб). Эксперимент проводили при температуре воды 16±2 °C и pH 7,5. Уровень растворенного кислорода составлял около 12 м. д. с дополнительной подачей кислорода с потоком воды 25 л/мин. Рыбу кормили коммерческим гранулированным кормом.

Радужная форель была разделена на две группы (контрольную и опытную). В опытной (n=11) рыбу подвергли профилактическому купанию в растворе формалина (конечная концентрация 200 мл/м^3 воды, по 20 минут аппликации трижды в течение трех дней). Контрольную группу (n=11) обработали подобным образом с использованием той же воды, в которой находилась рыба в резервуарах. Два дня после последнего купания рыбу отбирали из резервуаров для дальнейших исследований. Сердечная ткань была выделена из рыб после быстрой декапитации. Образцы тканей промывали и гомогенизировали в ледяном 100 мМ Трис-HCl буфере (pH 7,2), используя стеклянный гомогенизатор H500 (POL-EKO). Полученные 10%-е гомогенаты центрифугировали при 3000 g в течение 15 мин. при 4 °C. После центрифугирования супернатант использовали для биохимического анализа.

Содержание белка определяли по методу Брэдфорд с альбумином бычьей сыворотки в качестве стандарта. Абсорбцию регистрировали при 595 нм. Все ферментативные анализы проводили при 22±0,5 °C с использованием спектрофотометра Specol 11 (Carl Zeiss Jena, Germany) в двух повторностях. Активность системы антиоксидационной защиты (АОЗ) определяли за активностью супероксиддисмутазы (СОД), каталазы (КАТ), глутатионредуктазы (ГР), глутатионпероксидазы (ГПО). Общую антиоксидантную активность (ОАА) оценивали в реакции с Твином-80. Полученные результаты анализировали с помощью пакета программы STATISTICA 10.0 (StatSoft, Poland) (Zar, 1999).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении биохимического мониторинга одной из наиболее удачных систем признаны мембранные структуры тканей животных, так как именно они являются мишенью для большинства токсикантов и основным субстратом для формирования структурного следа в системах, ответственных за адаптацию организма (Меерсон, 1981). Известна значительная роль системы антиоксидантной защиты в регуляции состава липидов и адаптации гидробионтов к экстремальным факторам среды (Чернышов, Исуев, 1980). Поэтому целью наших исследований было определение активности супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионредуктазы и глутатионпероксидазы, а также общей антиоксидантной активности как основных маркеров антиоксидантной системы в сердечной ткани радужной форели после профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином (рис. 1 и 2).

Клеточная защита от активных форм кислорода (АФК) представляет собой многоуровневую систему биооксидантов. Первичная защита ослабляет реакции инициации свободнорадикального окисления, уменьшая концентрацию свободных радикалов (Winston, 1991; Kelly и др., 1998; Davies, 2000). Была проведена оценка возможностей ферментативной антиоксидантной защиты сердца радужной форели ограничить развитие окислительного стресса после дезинфицирующих мероприятий с формалином. К ферментативной АОС относятся: супероксиддисмутаза — дисмутирующая супероксидный радикал, каталаза — удаляющая перекись водорода, и глутатион, участвующий в детоксикации перекисей (Davies, 2000).

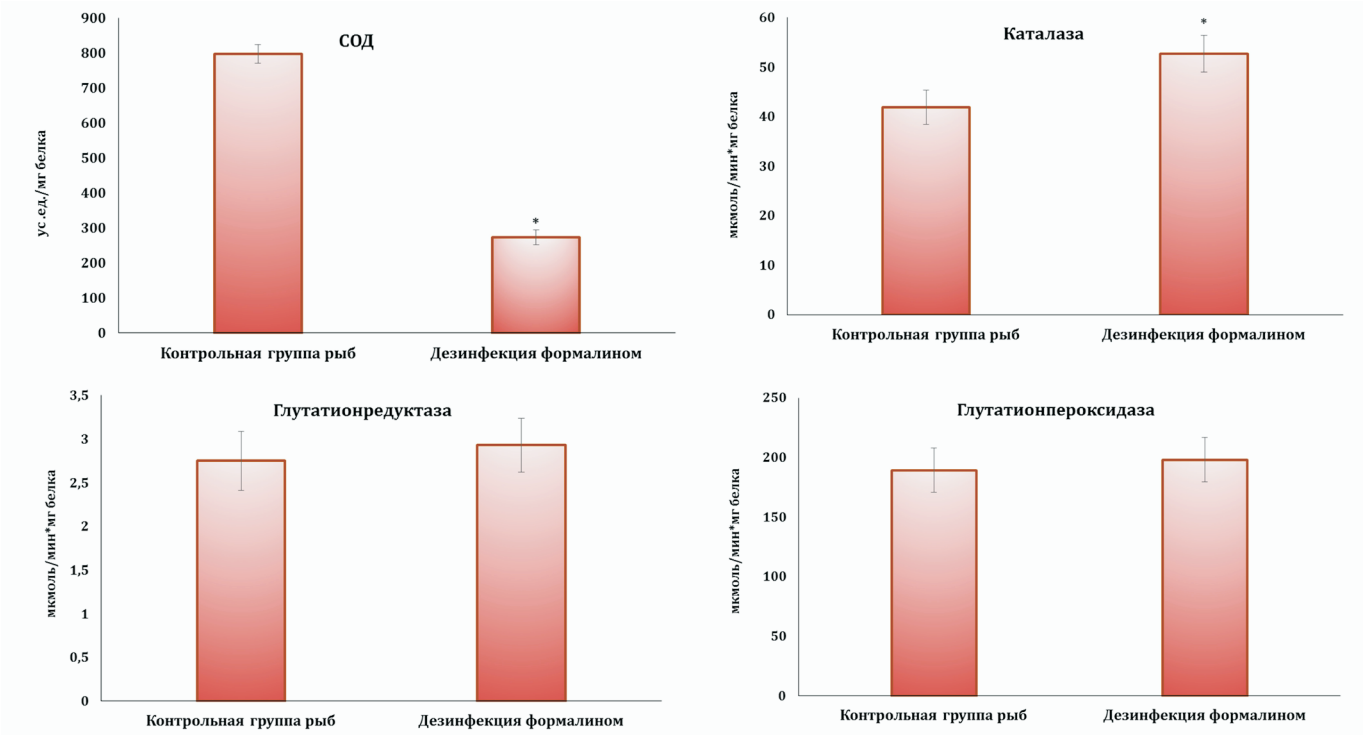


Рис. 1. Активность супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионредуктазы и глутатионпероксидазы в сердечной ткани радужной форели после профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином (*— изменения между контрольной и дезинфицированной группами рыб статистически существенные ($p<0,05$))

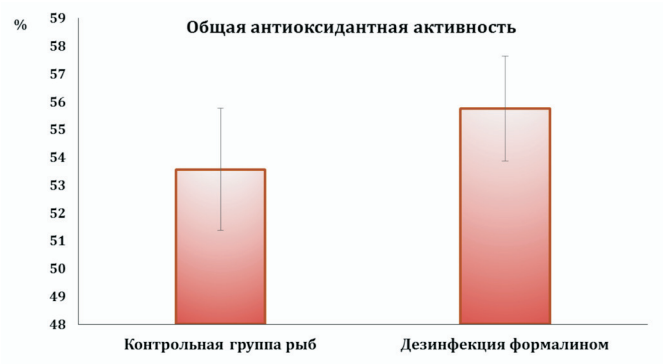


Рис. 2. Общая антиоксидантная активность сердечной ткани радужной форели после профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином

Ключевым ферментом антиоксидантной защиты организма является супероксиддисмутаза (СОД). Данный фермент осуществляет дисмутацию супероксидного анион-радикала — продукта одноэлектронного восстановления молекулярного кислорода, который образуется практически во всех клетках организма, контактирующих с кислородом, и играет ведущую роль в процессах токсичности АФК. Супероксидный анион-радикал действует на все компоненты клеток (белки, липиды, нуклеиновые кислоты), на компоненты соединительных тканей (гиалуроновая кислота), а также является предшественником более токсичного гидроксильного радикала (OH) (Winston, 1991; Kelly и др., 1998; Davies, 2000; Valavanidis et al., 2006; Limón-Pacheco, Gonsebatt, 2009). Дезинфекция рыб в наших исследованиях вызвала разнонаправленные изменения в активности СОД и каталазы. В частности, активность СОД существенно уменьшилась на фоне увеличения активности каталазы (рис. 1). Значительное уменьшение активности СОД после воздействия формалина отражало, вероятно, длительное и интенсивное поступление в сердечную ткань высоких концентраций активных форм кислорода, которые приводят к декомпенсации адаптационных механизмов. С другой стороны, известно, что активность СОД зависит от уровня кислорода и его реакционноспособных интермедиатов в тканях (Davies, 2000). Образующийся в результате метаболизма кислорода супероксидный анион-радикал является инициирующим фактором для СОД. Гипоксия может явиться причиной низкой активности СОД (Winston, 1991; Kelly et al., 1998; Davies, 2000). С другой стороны, существенное снижение активности СОД может указывать на ингибирующее действие пероксида водорода, образующегося в реакции дисмутации супероксидного анион-радикала (Davies, 2000). Обоснованность этого факта подтверждает увеличение активности каталазы (рис. 1), которая раскладывает пероксид водорода до кислорода и воды. После дезинфицирующих мероприятий увеличение активности каталазы в сердечной ткани радужной форели можно считать приспособительной реакцией, направленной на компенсацию развивающейся гипоксии. Не исключена также аллостерическая активация фермента возросшей концентрацией реак-

тивных оксигенных радикалов (Winston, 1991; Kelly et al., 1998; Davies, 2000).

Статистически существенных изменений в активности ферментов глутатионового звена АОС не выявлено (рис. 1). Несмотря на этот факт, общая антиоксидантная активность в сердечной ткани радужной форели после дезинфицирующих мероприятий с формалином имела тенденцию к увеличению (рис. 2). Как показали данные корреляционного анализа, повышенная активность каталазы обеспечивает высокий уровень общей антиоксидационной активности (рис. 2).

В наших предыдущих исследованиях мы оценивали последствия использования формалина на содержание маркеров окислительного стресса (ТБК-активные продукты, альдегидные и кетоновые производные окислительной модификации белков) в печени и сердце радужной форели. Действие формалина как дезинфицирующего агента существенно не повлияло на интенсивность липопероксидации в печеночной ткани и вызывало увеличение содержание ТБК-продуктов в сердце радужной форели. Дезинфекция рыб формалином увеличила содержание альдегидных и кетоновых производных окислительной модификации белков в сердце и уменьшила их содержание в ткани печени (Ткаченко, Грудневская, 2015). В ткани печени активность СОД существенно увеличилась (на 57%, p=0,024) на фоне снижения активности ГР (на 69%, p=0,000) (рис. 1). Существенные изменения активности ГР и СОД явно указывают на усиленное участие ферментов системы глутатиона (GSH) и первого звена АОС в элиминации активных форм кислорода (АФК) у дезинфицированных рыб. Статистически существенных изменений в активности каталазы и ГПО не выявлено (Tkachenko, Grudniewska, 2016; Ткаченко и Грудневская, 2017).

В жаберной ткани радужной форели после профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином, тиол-дисульфидное равновесие указывает на НАДФН-зависимое восстановление окисленного глутатиона и в сдвиге интенсивности обмена глутатионовой системы антиоксидантной защиты (Ткаченко, Грудневская, 2016a).

В мышечной ткани дезинфекция рыб формалином в дозе 200 мл/м^3 вызывает статистически существенное снижение активности глутатионредуктазы и общей антиокислительной активности с одновременным несущественным уменьшением содержания маркеров перекисного окисления липидов и окислительной модификации белков. Корреляционный анализ подтвердил зависимость между содержанием альдегидных и кетоновых производных окислительно модифицированных белков, активностью супероксиддисмутазы и каталазы в мышечной ткани радужной форели после профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином (Ткаченко, Грудневская, 2016b). Воздействие формалина на организм рыб проявлялось в снижении интенсивности обмена глутатионовой системы антиоксидантной защиты и общей антиоксидантной активности (Ткаченко, Грудневская, 2016c).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Воздействие формалина на организм рыб проявляется в поддержании равновесного состояния окислительно-восстановительных процессов, связанных с реализацией защитной функции каталазы. Корреляционный анализ подтвердил зависимость между активностью каталазы и высоким уровнем общей антиоксидантной активности в сердечной ткани радужной форели после профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином. Применение формалина как дезинфицирующего агента у радужной форели способствует сохранению функционального потенциала стресс-лимитирующей системы антиоксидантной защиты, что предотвратит накопление в организме токсических продуктов перекисного окисления липидов и окислительно модифицированных белков.

Поэтому исследование состояния окислительно-антиоксидантной системы организма рыб имеет существенное значение для понимания механизмов влияния дезинфектантов в аквакультуре для ранней диагностики и предотвращения повреждений важнейших систем и органов рыб при проведении эффективных профилактических и лечебных мероприятий в рыбохозяйственных водоемах. Кроме того, на базе этих исследований могут быть разработаны высокочувствительные тест-системы для биохимического мониторинга водных объектов и экосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Брайнбалле Я. 2010. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген: Eurofish. 74 с.

Меерсон Ф.З. 1981. Адаптация, стресс, профилактика. М.: Наука. 278 с.

Мурадова Г.Р. 2007. Влияние ионов кадмия и свинца на некоторые показатели липидного обмена и систему антиоксидантной защиты карпа (*Cyprinus carpio* L.). Дис. ... канд. биол. наук. Махачкала. 125 с.

Рахконен Р., Веннерстрем П., Ринтамяки П., Каннел Р. 2013. Здоровая рыба. Профилактика, диагностика и лечение болезней. Nykypaino, Helsinki.

Ткаченко Г.М., Грудневская И. 2015. Влияние формалина на содержание маркеров окислительного стресса в печени и сердце радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) / Матер. IV Междунар. конф. «Инновационные разработки молодых ученых — развитию

агропромышленного комплекса»: Сб. науч. тр. ФГБНУ ВНИИОК. Т. 1. Вып. 8. Ставрополь: Бюро новостей. С. 540–543.

Ткаченко Г.М., Грудневская И. 2016a. Маркеры антиоксидантной защиты в жаберной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) после профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином / Матер. V Междунар. конф. «Инновационные разработки молодых ученых — развитию агропромышленного комплекса»: Сб. науч. тр. ФГБНУ ВНИИОК. Т. 1. Вып. 9. Ставрополь: Бюро новостей. С. 319–322.

Ткаченко Г.М., Грудневская Й. 2016b. Окислительный стресс в мышечной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) после профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином / «Континентальная аквакультура: ответ вызовам времени». Матер. Всерос. науч.-практ. конф. (Москва, 21–22 января 2016 г.) [Электр. ресурс]. Т. 2. М.: Перо. С. 271–280.

Ткаченко Г.М., Грудневская Й. 2016c. Система антиоксидантной защиты мышечной ткани радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum), дезинфицированной формалином / Матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы импортозамещения в сельском хозяйстве и ветеринарной медицине» (31 марта 2016 г.). Троицк: Южно-Уральский ГАУ. С. 200–205.

Ткаченко Г.М., Грудневская Й. 2017. Маркеры антиоксидантной защиты в печени радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) после профилактических дезинфицирующих мероприятий с формалином / Аграрная наука — сельскому хозяйству: Сб. статей: в 3 кн. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ. Кн. 3. С. 305–307.

Чернышов В.И., Исуев А.Р. 1980. Этиология свободнорадикальной патологии у осетровых *Acipenser stellatus* P., *Huso huso* L. в период эмбриогенеза // Вопр. ихтиологии. Вып. 2 (121). С. 334–344.

Davies K.J. 2000. Oxidative stress, antioxidant defenses, and damage removal, repair, and replacement systems. IUBMB Life, 50(4-5): 279–289.

Kelly K.A., Havrilla C.M., Brady T.C., Abramo K.H., Levin E.D. 1998. Oxidative stress in toxicology: established mammalian and emerging piscine model systems. Environ. Health Perspect., 106 (7): 375–384.

Limón-Pacheco J., Gonsebatt M.E. 2009. The role of antioxidants and antioxidant-related enzymes in protective responses to environmentally induced oxidative stress. Mutat. Res., 674 (1–2): 137–147.

Tkachenko H., Grudniewska J. 2016. Evaluation of oxidative stress markers in the heart and liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) exposed to the formalin. Fish Physiol. Biochem., 42: 1819–1832.

Torgersen Y., Håstein T. 1995. Disinfection in aquaculture. Rev. Sci. Tech., 14 (2): 419–434.

Valavanidis A., Vlahogianni T., Dassenakis M., Scoullos M. 2006. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. Ecotoxicol. Environ. Saf., 64(2): 178-189.

Winston G.W. 1991. Oxidants and antioxidants in aquatic animals. Comp. Biochem. Physiol. C. 100 (1–2): 173–176.

Zar J.H. 1999. Biostatistical Analysis, 4th ed., Prentice Hall Inc., New Jersey.

Zepeda C., Jones J.B., Zagmutt F.J. 2008. Compartmentalisation in aquaculture production systems. Rev. Sci. Tech., 27 (1): 229–241.

УДК 639.09:615.2

МАРКЕРЫ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА И МЕТАБОЛИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ КУМЖИ (*SALMO TRUTTA* M. *FARIO*), ИММУНИЗИРОВАННОЙ ВАКЦИНОЙ ПРОТИВ ФУРУНКУЛЕЗА

Г.М. Ткаченко[1], Й. Грудневская[2]

[1] К. б. н.; Институт биологии и охраны окружающей среды
76-200, Польша, Слупск, Поморская Академия, ул. Арцишевского, 22b
Тел.: +48 59 8405360, факс: +48 59 8405337. E-mail: tkachenko@apsl.edu.pl
[2] К. б. н.; Институт пресноводного рыбного хозяйства им. Станислава Саковича
83-330, Польша, Жуково, Рутки. E-mail: jgrudniewska@infish.com.pl

КУМЖА (SALMO TRUTTA M. FARIO), AEROMONAS SPP., ВАКЦИНАЦИЯ, ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС, АМИНОТРАНСФЕРАЗЫ, ЛАКТАТДЕГИДРОГЕНАЗА, ЛАКТАТ, ПИРУВАТ, МЕТАБОЛИЗМ

Цель данного исследования — оценка содержания маркеров окислительного стресса (ТБК-активных продуктов, альдегидных и кетоновых производных окислительно модифицированных белков), активность метаболических ферментов (аминотрансфераз, лактатдегидрогеназы) и метаболитов (молочная и пировиноградная кислоты) в мышечной ткани кумжи (*Salmo trutta* m. *fario*), вакцинированной иммерсионной вакциной против фурункулеза, состоящей из инактивированных штаммов *Aeromonas salmonicida* и *A. hydrofila*. На основании анализа характера изменений функциональных характеристик показателей проокислительной системы установлено, что вакцинация против фурункулеза на ранних этапах вызывает «кислородный взрыв» и дестабилизационные процессы в мышечной ткани, что проявляется усилением процессов перекисного окисления липидов и окислительной модификации белков. Иммунизация рыб в наших исследованиях стимулирует активность аминотрансфераз и лактатдегидрогеназы, что свидетельствует об изменениях в процессах катаболизма белков. Под влиянием вакцинации также интенсифицируются функции энергообеспечения с преобладанием аэробного метаболизма. На основе сопоставления содержания лактата и пирувата в мышечной ткани вакцинированной группы рыб высказано предположение о мобилизации тканевого дыхания, сопряженного с окислительным фосфорилированием. Использование ряда изученных маркеров окислительного стресса и метаболических реакций остается перспективным для оценки состояния организма рыб при различных методах иммунизации.

THE MARKERS OF THE OXIDATIVE STRESS AND METABOLIC REACTIONS IN THE ASSESSMENT OF THE STATE OF MUSCLE TISSUE OF BROWN TROUT (*SALMO TRUTTA* M. *FARIO*) VACCINATED AGAINST FURUNCULOSIS

G.M. Tkachenko[1], Y. Grudnevskaya[2]

[1] Ph. D. (Biology); Institute of Biology and Environmental Protection,
Pomeranian University in Słupsk, 76-200, Poland, Słupsk, Arciszewski Str., 22b
E-mail: tkachenko@apsl.edu.pl
[2] Ph. D. (Biology); Inland Fisheries Institute. E-mail: jgrudniewska@infish.com.pl

BROWN TROUT (SALMO TRUTTA M. FARIO), AEROMONAS SPP., VACCINATION, OXIDATIVE STRESS, AMINOTRANSFERASE, LACTATE DEHYDROGENASE, LACTATE, PYRUVATE, METABOLISM

The purpose of this study was to evaluate the oxidative stress markers (the content of malondialdehyde, aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins), the activity of enzymes (transaminases, lactate dehydrogenase) and metabolites (lactic and pyruvic acids) in the muscle tissue of brown trout (*Salmo trutta* m. *fario*) vaccinated against furunculosis caused by *Aeromonas salmonicida* and *A. hydrofila*. It was found that vaccination induced “oxygen burst” and destabilizing processes in the muscle tissue manifesting by increased lipid peroxidation and oxidative modification of proteins caused by the intensification of the generation of reactive oxygen species. Immunization of fish stimulated activity of aminotransferases and lactate dehydrogenase. Estimation of the intensity of the metabolism suggests that it is associated with an alterations in the processes of protein catabolism in muscle tissue. The effects of the vaccination also include intensification of energy support reactions, where prevaling the aerobic metabolism. It was suggested based on the ratioo between lactate and piruvate in the muscle tissue of vaccinated fish that tissue respiration coupled with the oxidative phosphorylation gets mobilized. The use of the markers of the oxidative stress and metabolic reactions in evaluation of the fish health condition under different methods of fish immunization is promising.

Высокое содержание органического вещества в окружающей среде, низкий уровень растворенного кислорода и интенсивная посадка способствуют повышению восприимчивости к инфекциям рыб, выращиваемых в аквакультуре (Barton, Iwama, 1991). В этих условиях оппортунистические патогены могут нанести большой экономический ущерб. Бактерии *Aeromonas hydrophyla* и *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* — возбудители фурункулеза (син. аэромоноз, бактериальная геморрагическая септицемия, аэромоноз, краснуха, краснухоподобное заболевание) — системного заболевания лососевых рыб (лосось, форель и т. д.), которое приводит к высокой заболеваемости и смертности рыб (Janda, Abbott, 2010). Фурункулез — повсеместное заболевание, которое распространяется через контакт с зараженной рыбой или с водой, загрязненной бактериями (Bernoth, 1997).

Это сложное заболевание имеет различную симптоматику в зависимости от состояния здоровья, возраста и вида рыб, а также условий окружающей среды, особенно температуры воды (Bernoth, 1997). Фурункулез получил свое название от развития фурункулов на коже и мышцах рыб (Austin, Austin, 2007). Форма заболевания, которая обычно встречается у более старших рыб, характеризируется потемнением кожи, появлением меланом, потерей аппетита, летаргией и кровотечениями у основания плавников. Для подострой и хронической форм заболевания характерны медленное развитие симптомов и низкая смертность. В острой форме, чаще встречающейся у молодых форм лососевых, болезнь быстро приводит к септицемии, возникающей в результате образования некротических поражений кожи и кровотечений во внутренних органах. Острая форма вызывает внезапную массовую смерть без очевидных клинических признаков, за исключением пигментации кожи, летаргии и потери аппетита. Это инфекционное заболевание часто является фатальным в течение двух–трех дней (Boyd et al., 2003; Burr et al., 2005). Существует также скрытая форма, в которой рыба является субклиническим носителем возбудителя (Plumb, Hanson, 2011).

Болезнь встречается у диких и выращиваемых в аквакультуре атлантических лососей, а также у других видов лососевых рыб. Инфекция оказывает значительное влияние на популяцию диких рыб, но последствия особенно серьезны у культивируемых рыб при отсутствии вакцинации (Bergh, 2008). Однако эффективные вакцины против фурункулеза очень дороги и могут также вызывать различные побочные эффекты (Midtlyng, 1997). Фактически, хотя вакцины постоянно совершенствуются, у них все еще остаются некоторые ограничения в применении и/или побочные эффекты, в зависимости от их типа. Иммунная защита рыб может снижаться со временем и при низких температурах, а инъекции могут вызвать проблемы со здоровьем и снизить производство рыбы; наконец, нет гарантии, что болезнь не будет передаваться после таких профилактических мероприятий (Cipriano, Austin, 2011).

В мировой практике накоплен значительней опыт по повышению антибактериальной резистентности рыб, сохранению поголовья и поддержанию высоких темпов роста при помощи иммунопрофилактики, которая в данной ситуации остается эффективным методом борьбы с болезнями рыб бактериальной этиологии (Ellis, 1988). Данные литературы в большинстве случаев характеризуют реакцию иммунной системы на введение той или иной вакцины и уровень вызываемой ею защиты (Гаврилин, 2004). Иммуногенные антигены подвижных аэромонад приводят к формированию иммунной памяти, стимулируя определенное число лимфоцитов, имеющих специфические рецепторы к данному антигену и пролиферации клона лимфоцитов с дифференциацией дочерних клеток, чьи функции меняются в зависимости от принадлежности к определенной популяции (Ellis, 1988; Микряков, 1990). У рыб скопления лимфоцитов находятся в тимусе, головной и туловищной почках, селезенке и стенке кишечника.

Не менее важным, на наш взгляд, является изучение биохимических реакций рыб при вакцинации на фоне стрессовых факторов, связанных с искусственным выращиванием рыбы. Поэтому целью данного исследования была оценка содержания маркеров окислительного стресса (ТБК-активных продуктов, альдегидных и кетоновых производных окислительно модифицированных белков), активность метаболических ферментов (аминотрансфераз, лактатдегидрогеназы) и метаболитов (молочная и пировиноградная кислоты) в мышечной ткани кумжи (*Salmo trutta* m. *fario*) вакцинированной иммерсионной вакциной против фурункулеза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Эксперимент проводили в отделе исследований лососевых рыб Института пресноводного рыбного хозяйства им. Станислава Саковича (Жуково, Рутки, Польша). Все биохимические анализы осуществляли на кафедре зоологии и физиологии животных Института биологии и охраны окружающей среды Поморского университета в Слупске (Польша). В экспериментах использовали клинически здоровую кумжу со средней массой тела 167,1±3,8 г. Эксперименты

проводили при температуре воды 14,5±0,5 °С и pH 7,5. Рыбу кормили коммерческим гранулированным кормом в соответствии со стандартами. Кумжа была разделена на две группы (контрольную и вакцинированную) и содержалась в 250-литровых резервуарах (по 70 рыб), снабженных постоянной подачой кислорода в проточной воде. Вакцина представляла собой эмульсию, содержащую инактивированныей штаммы *A. salmonicida* и *A. hydrofila* в концентрациях 1×10^{10} колониеобразующих единиц (КОЕ). Вакцина произведена в отделе эпизоотологии (факультет ветеринарной медицины, Варминско-Мазурский университет в Ольштыне, Польша). Иммерсионный раствор содержал 1 л вакцины на 10 л воды. Он был подготовлен непосредственно перед вакцинацией рыб. Погружение рыб в иммерсионный раствор длилось от 60 до 120 секунд. После вакцинации рыбу содержали в резервуарах в течение 30 дней при температуре воды 14,5±0,5 °С и pH 7,5.

Через месяц после иммунизации рыбу отбирали из резервуаров для дальнейших исследований (по 15 особей в контрольной и вакцинированной группах). Мышечная ткань была выделена после быстрой декапитации рыб. Образцы тканей гомогенизировали в ледяном 100 мМ Трис-HCl буфере (pH 7,2), используя стеклянный гомогенизатор H500 (POL-EKO). Полученные 10%-е гомогенаты центрифугировали при 3000 g в течение 15 мин. при 4 °С. После центрифугирования супернатант использовали для биохимического анализа. Содержание белка определяли по методу Брэдфорд с альбумином бычьей сыворотки в качестве стандарта. Абсорбцию регистрировали при 595 нм. Все ферментативные анализы проводили при 22±0,5 °С с использованием спектрофотометра Specol 11 (Carl Zeiss Jena, Germany) в двух повторностях.

Интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) оценивали по содержанию ТБК-активных продуктов (Kamyshnikov, 2004). Окислительную модификацию белков (ОМБ) определяли по содержанию кетоновых и альдегидных производных (Levine et al., 1990; Dubinina et al., 1995). Метаболические изменения оценивали по активности аланин- (АлАТ) и аспартатаминотрансферазы (АсАТ) (Reitman и Frankel, 1957), лактатдегидрогеназы (ЛДГ) (Sevela, Tovarek, 1959), а также содержанию молочной и пировиноградной кислот (Herasimov, Plaksina, 2000). Полученные результаты анализировали с помощью пакета программы STATISTICA 10.0 (StatSoft, Poland) (Zar, 1999).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение процессов перекисного окисления липидов является отправной точкой для решения вопроса о целесообразности применения лекарственных препаратов в комплексе медикаментозной терапии при заболеваниях различного генеза (Halliwell, Gutteridge, 1986). Нарушение стационарного состояния свободнорадикального окисления считается одним из универсальных, неспецифических показателей наличия повреждения и прогностическим симптомом развития окислительного стресса (Yagi, 1993). Как показали результаты наших исследований, иммерсионная иммунизация рыб вакциной против фурункулеза существенно увеличивает интенсивность ПОЛ и содержание производных окислительной модификации белков в мышечной ткани кумжи (рис. 1, 2).

В наших исследованиях содержание ТБК-активных продуктов (маркера ПОЛ) в мышечной ткани вакцинированных рыб было существенно выше: в 3 раза ($p=0,001$) по сравнению с контрольной группой рыб (рис. 1). Окислительные модификации белков являются более надежным маркером окислительных повреждений по сравнению с окислением

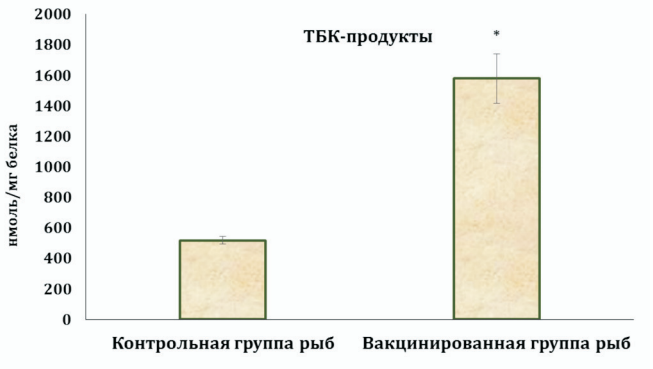


Рис. 1. Содержание маркера перекисного окисления липидов (ТБК-активные продукты) в мышечной ткани кумжи, иммунизированной иммерсионной вакциной против фурункулеза. * — изменения статистически достоверные ($p<0,05$) между показателями, полученными в контрольной и вакцинированной группах рыб

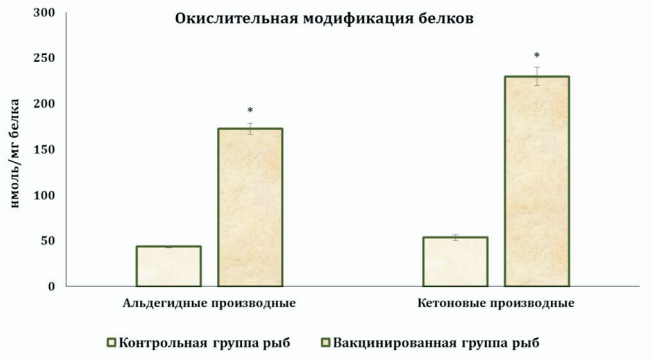


Рис. 2. Содержание альдегидных и кетоновых производных окислительно-модифицированных белков (ОМБ) в мышечной ткани кумжи, иммунизированной иммерсионной вакциной против фурункулеза. * — изменения статистически достоверные ($p<0,05$) между показателями, полученными в контрольной и вакцинированной группах рыб

липидов, так как образование карбонильных производных происходит быстрее, и они являются более стабильными (Davies, 1987; Richards et al., 1988; Cadenas, Davies, 2000). Окислительная модификация белков — один из ранних индикаторов поражения тканей при свободнорадикальной патологии (Дубинина, Шугалей, 1993). Как показали результаты наших исследований, иммерсионная вакцинация против фурункулеза вызвала увеличение содержания альдегидных и кетоновых производных ОМБ в мышечной ткани рыб в 3,95 раза (p=0,000) и 4,3 раза (p=0,000) соответственно (рис. 2).

Антигены подвижных аэромонад иммуногенны и приводят к формированию иммунной памяти. Под воздействием антигена происходит стимуляция определенного числа лимфоцитов, имеющих специфические рецепторы к данному антигену. Под действием антигенной стимуляции происходит пролиферация клона лимфоцитов с дифференциацией дочерних клеток, чьи функции меняются в зависимости от принадлежности к определенной популяции. Выделяют две основные популяции: Т-лимфоциты и В-лимфоциты. В-лимфоциты продуцируют антитела, а Т-лимфоциты дифференцируются на несколько функциональных типов клеток. Продукция антител требует присутствия третьей клеточной популяции, перерабатывающей и подающей антиген, у рыб эту роль выполняют макрофаги и моноциты. Основной функцией антител является специфическое взаимодействие с антигеном и его инактивация посредством агглютинации в случае бактерий или преципитации в случае растворимого антигена. Присоединение антитела к поверхностному рецептору бактерии запускает работу системы комплемента, действие которой приводит к лизису микроорганизма. Наличие на поверхности чужеродных частиц иммуноглобулинов служит меткой, обеспечивающей более быстрое распознавание антигена и как следствие — усиление фагоцитоза (Ellis, 1988; Микряков, 1990; Гаврилин, 2004).

Инактивация поглощенных микроорганизмов, а также активация иммунных реакций с помощью инактивированных микроорганизмов происходят за счет как зависимых, так и независимых от кислорода механизмов (Ellis, 1988). Свободные радикалы кислорода инактивируют поглощенные бактерии в фагосомах, однако часть радикалов попадает в окружающую среду, где они, с одной стороны, усиливают уничтожение микроорганизмов, но с другой стороны повреждают окружающие ткани (Davies, 1987; Cadenas и Davies, 2000). Этот эффект получил название «окислительного, или кислородного, взрыва» (oxygen burst). Данный процесс усиленно протекает при остром воспалении и в меньшей степени — при хроническом течении воспалительных заболеваний (Chishti et al., 2004). В наших исследованиях введение в организм рыб инактивированных штаммов *A. salmonicida* и *A. hydrofila* сопровождается «кислородным взрывом», что показано увеличением содержания маркеров окислительного стресса — перекисного окисления липидов (ТБК-продукты) и окислительной модификации белков (альдегидные и кетоновые производные) (рис. 1 и 2).

Одним из критериев оценки биохимического статуса животных является определение активности аминотрансфераз, в частности, аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы, несущих информацию о состоянии белкового обмена у животных и функционального состояния печени (Самсонова, 2002). Аминотрансферазы, занимающие важное место среди биокатализаторов, играют ключевую роль в обмене веществ, объединяя в единое целое белковый, углеводный, жировой обмен и цикл трикарбоновых кислот. Учитывая исключительную роль аминотрансфераз в обмене основных метаболитов клетки, активность этих ферментов используют в качестве биохимического индикатора физиологического статуса и клинического индикатора стрессового состояния, вызванного заболеванием, терапией или интоксикацией у ряда организмов, в том числе и у рыб (Wood et al., 1999; Самсонова, 2002). В наших исследованиях вакцинация против фурункулеза сопровождается активацией аминотрансфераз (АлАТ — в 6 раз, АсАТ — в 13,3 раза, p=0,000) и лактатдегидрогеназы (в 6,9 раз, p=0,000) (рис. 3), что несомненно связано с увеличением процессов катаболизма белков мышечной ткани (Евгеньева, 1989).

Как показали данные литературы, патология печени сопровождается постепенным уменьшением активности АсАТ в соответствии со степенью деструкции и жирового перерождения ее клеток (Самсонова, 2002). Так, в мозаичной печени активность АсАТ уменьшается на 18%, в анемичной — на 22%, а в анемично-рыхлой — на 75%, что соответствует степени разрушения клеточных мембран и миграции фермента в сыворотку крови (Савкин, 1971). В мозаичной и анемичной печени активность АлАТ, также как и АсАТ, сохраняет тенденцию к уменьшению, в то время как в анемично-рыхлой печени происходит резкое увеличение активности этого фермента (на 34% по сравнению с нормой). Резкое изменение активности АлАТ и АсАТ в анемично-рыхлой печени, по сравнению с нормальной, связано с изменением молекулярных форм этих ферментов (Самсонова, 2002).

Взаимопревращение пирувата в лактат и обратно совершается в организме непрерывно. Интенсивность данной реакции зависит от каталитической активности ферментативных систем, обеспечивающих разнообразные превращения пирувата. Одним из таких ферментов является лактатдегидрогеназа (ЛДГ, 1.1.1.27) — гликолитический фермент, обратимо катализирующий окисление лактата в пируват (Lott, Nemensanszky, 1987). Снижение уровня молочной и увеличение уровня пировиноградной кислоты сопровождается повышением каталитической активности лактатдегидрогеназы, которая и катализирует взаимопревращение лактата и пирувата со сдвигом данной реакции вправо, в сторону образования пировиноградной кислоты (Moss, Henderson, 1986).

В наших исследованиях на уровень показателей, характеризующих состояние углеводного обмена в организме рыб, существенное влияние оказывает иммерсионная вакцинация против фурункулеза (рис. 4). Вакцинация активно влияет на обменные процессы в мышечной ткани кумжи. Если учесть, что в опытной группе рыб также возрастает активность аминотрансфераз, которые увеличивают пул аминокислот и/или пирувата, то можно говорить о мобилизации энергетических ресурсов для интенсификации метаболизма, особенно аэробного звена, в мышечной ткани вакцинированных рыб.

Содержание молочной и пировиноградной кислот в мышечной ткани кумжи иммунизированной иммерсионной вакциной против фурункулеза представлено на рис. 4.

На фоне вакцинации против фурункулеза в мышечной ткани рыб изменяются условия протекания энергообеспечения мышечной ткани со сдвигом в сторону аэробного звена энергообеспечения. Реакции тканевого дыхания сопряжены с окислительным фосфорилированием на уровне дыхательной цепи, что позволяет улавливать значительную долю свободной потенциальной энергии окисления углеводов и аккумулировать ее в форме высокоэнергетических фосфатов. Вместе с фосфорилированием на субстратном уровне также в виде высокоэнергетических фосфатов

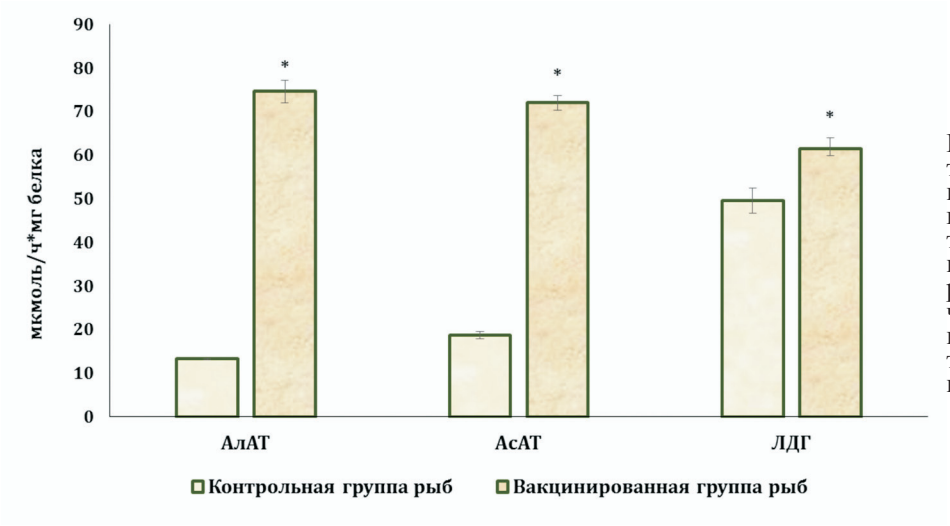


Рис. 3. Активность аланинаминотрансферазы (АлАТ), аспартатаминотрансферазы (АсАТ) и лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в мышечной ткани кумжи, иммунизированной иммерсионной вакциной против фурункулеза. * — изменения статистически достоверные ($p<0,05$) между показателями, полученными в контрольной и вакцинированной группах рыб

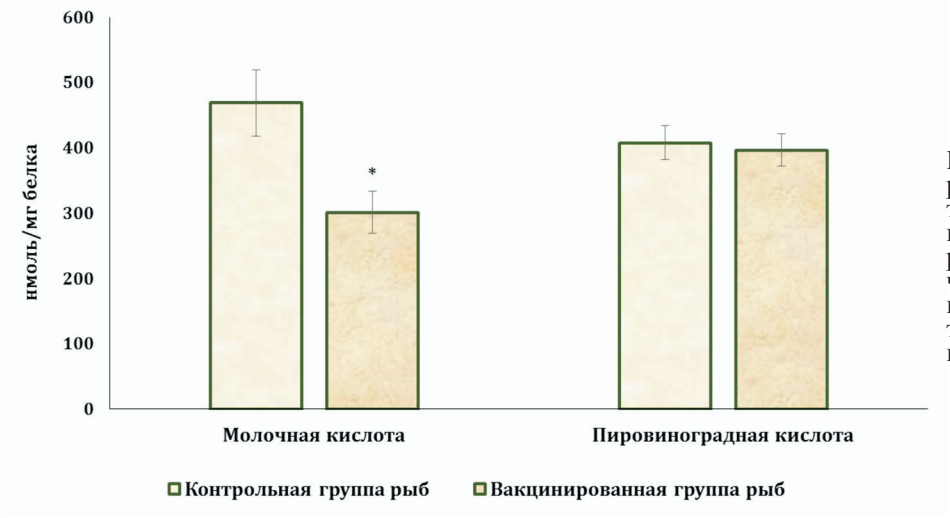


Рис. 4. Содержание молочной и пировиноградной кислот в мышечной ткани кумжи, иммунизированной иммерсионной вакциной против фурункулеза. * — изменения статистически достоверные ($p<0,05$) между показателями, полученными в контрольной и вакцинированной группах рыб

улавливается свободная энергия сгорания глюкозы на путях гликолиза. В наших исследованиях активация процессов аэробного метаболизма в мышечной ткани при вакцинации рыб сопровождается снижением значения коэффициента лактат/пируват от 1,15 (контрольная группа рыб) до 0,76 (вакцинированная группа рыб). Как показали полученные нами данные, именно высокий уровень аэробного метаболизма является вероятной причиной генерации активных форм кислорода (АФК) в результате окислительного фосфорилирования и увеличения содержания маркеров перекисного окисления липидов и окислительно модифицированных белков.

Наши предыдущие исследования также показывают изменения в маркерах антиоксидантной защиты (снижение активности глутатионзависимых ферментов и каталазы) у вакцинированной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Корреляции между кетоновыми производными окислительно модифицированных белков, активности каталазы и глутатионпероксидазы подтверждают предположение, что карбонильные производные окислительно-модифицированных белков могут ингибировать ферментную антиоксидантную защиту (Tkachenko et al., 2015). Исследование подтвердило изменения в антиоксидантной защите и реакциях окислительного стресса с более высокой степенью тяжести в печени по сравнению с другими тканями. Наши данные свидетельствуют и о том, что вакцинация против фурункулеза индуцировала перекисное окисление липидов в жаберной и печеночной тканях форели. Однако мышечная и мозговая ткани способны восстанавливать свой про- и антиоксидантный баланс после вакцинации (Tkachenko et al., 2014).

Мозговая ткань вакцинированной форели имела более низкий уровень альдегидных и кетоновых производных окислительно-модифицированных белков, а также перекисного окисления липидов (Tkachenko, Grudniewska, 2016). Глутатион-зависимые ферменты и активность каталазы оставались очень чувствительными ферментами к окислительному стрессу, вызванному иммунизацией у вакцинированной форели. Корреляция между про- и антиокислительными маркерами подтвердили предположение, что окислительный стресс может активировать антиоксидантную защиту для улучшения адаптивных механизмов во время иммунизации у рыб (Tkachenko, Grudniewska, 2016).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные по состоянию мышечной ткани в результате иммунизации свидетельствуют об усилении проокислительных процессов, чему соответствовало увеличение содержания молекулярных продуктов ПОЛ и карбонильных производных окислительно модифицированных белков. Последствием пост-вакцинационной активации проокислительных процессов может быть дезорганизация мембран мышечных клеток в результате «кислородного взрыва». Обращает на себя внимание одновременность активации белкового обмена на фоне снижения содержания молочной кислоты в результате вакцинации. По факту снижения содержания лактата в мышечной ткани можно предполагать ингибирование анаэробного метаболизма. В пользу этого свидетельствует наблюдаемая тенденция к увеличению активности трансаминаз. Таким образом, имеются основания предположить о причастности активации проокислительных процессов в мышечной ткани вакцинированных рыб. В то же время окислительный стресс может быть связан с активацией аэробного метаболизма в мышечной ткани вакцинированных рыб. Оценка показателей интенсивности метаболизма свидетельствует также о том, что они связаны с изменением процессов катаболизма белков.

Таким образом, использование ряда изученных маркеров окислительного стресса и метаболических реакций остается перспективным для оценки состояния организма рыб при различных методах иммунизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гаврилин К.В. 2004. Методы специфической и неспецифической иммунопрофилактики бактериальной геморрагической септицемии (фурункулеза) карпа (*Cyprinus carpio* L.). Автореф. … канд. биол. наук. М.

Дубинина Е.Е., Шугалей И.В. 1993. Окислительная модификация белков / Успехи совр. биол. Т. 113. Вып. 1. С. 71–79.

Евгеньева Т.П. 1989. Морфология мышечной ткани русского осетра р. Волги / Сб. тр. «Осетровое хозяйство». Астрахань. С. 89–90.

Микряков В.Р. 1990. Закономерности формирования приобретенного иммунитета рыб. Рыбинск 151 с.

Савкин Н.А. 1971. Диагностическое значение определения активности некоторых сывороточных ферментов при заболевании печени у животных. Дис. … канд. биол. наук. Л. 270 с.

Самсонова М.В. 2002. Аланин- и аспартатаминотрансферазы как индикаторы физиологического состояния рыб. Дис … канд. биол. наук. М.

Active oxygens, lipid peroxides, and antioxidants / Ed. by K. Yagi. – Japan Scientific Societies Press, Japan, 1993. – 372 p.

Austin B., Austin D.A. 2007. Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish (4th edition), Springer; Published in association with Praxis Pub., Dordrecht, Chichester. 552 p.

Austin B.I., Austin D.A. 1993. Bacterial fish pathogens (ed. 2). New York: Ellis Horwood. 384 p.

Barton B.A., Iwama G.K. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. Annu. Rev. Fish Dis., 1: 3–26.

Bergh Ø. 2008. Bacterial diseases of fish In: J.C. Eiras, H. Segner, T. Wahli, B.G. Kapoor (Eds.), Fish Diseases, Science Publishers. P. 239–277.

Bernoth E.M. 1997. Furunculosis: the history of the disease and of disease research. In: E.M. *Bernoth, A.E. Ellis, P. Midtlyng, G. Olivier, P. Smith (*Eds.), Furunculosis: Multidisciplinary Fish Disease Research, Academic Press, London. P. 1–20.

Boyd J., Williams J., Curtis B., Kozera C., Singh R., Reith M. 2003. Three small, cryptic plasmids from *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* A449. Plasmid, 50: 131–144.

Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem., 72: 248–254.

Burr S.E., Frey J. 2007. Analysis of type III effector genes in typical and atypical *Aeromonas salmonicida*. J. Fish Dis., 30: 711–714.

Cadenas E., Davies K.J.A. 2000. Mitochondrial free radicals generation, oxidative stress, and aging. Free Rad. Biol. Med., 29 (315): 222–230.

Chishti A.D., Shenton B.K., Kirby J.A., Baudouin S.V. 2004. Neutrophil chemotaxis and receptor expression in clinical septic shock. Intensive Care Med., 30 (4): 605–611.

Cipriano R.C., Austin B. 2011. Furunculosis and other Aeromonad diseases. In: P.T.K. Woo, D.W. Bruno (Eds.), Fish Diseases and Disorders, CAB International. P. 435–494.

Davies K.J.A. 1987. Protein damage and degradation by oxygen radicals. J. Biol. Chem., 262 (20): 9895–9901.

Dubinina E.E., Burmistrov S.O., Khodov D.A., Porotov I.G. 1995. Oxidative modification of human serum proteins. A method of determining it. Vopr. Med. Khim., 41: 24–26 (In Russian).

Ellis A.E. 1988. Fish vaccination. New York, Academic press. 255 p.

Halliwell B., Gutteridge J.M.C. 1986. Free radicals in biology and medicine. Clarendon Press, Oxford. 346 p.

Herasimov I., Plaksina O. 2000. Non-enzymatic determination of lactate and pyruvate concentrations in blood sample. Laboratorna Diagnostyka, 2: 46–48 (in Ukrainian).

Janda J.M., Abbott S.L. 2010. The genus *Aeromonas*: taxonomy, pathogenicity, and infection. Clin. Microbiol. Rev., 23: 35–73.

Kamyshnikov V.S. 2004. Reference book on clinic and biochemical researches and laboratory diagnostics, MEDpress-inform, Moscow (In Russian).

Levine R.L., Garland D., Oliver C.N., Amici A., Climent I., Lenz A.-G., Ahn B.-W., Shaltiel S., Stadtman E.R. 1990. Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. Methods Enzymol., 186: 465–478.

Lott J.A., Nemensanszky E. 1987. Lactate dehydrogenase. In: Lott J.A., Wolf P.L., eds. Clinical Enzymology, a Caseoriented Approach. P. 213–244.

Midtlyng P. 1997. Vaccination against furunculosis. In: E.M. Bernoth, A.E. Ellis, P. Midtlyng, G. Olivier, P. Smith (Eds.), Furunculosis: Multidisciplinary Fish Disease Research, Academic Press, London. P. 382–404.

Moss D.W., Henderson A.R. 1986. Enzymes. In: Burtis C.A., Ashwood E.R., eds. Tietz Textbook of Clinical Chemistry. 2nd ed. Philadelphia, Saunders Co. P. 735–896.

Plumb J.A., Hanson L.A. 2011. Health Maintenance and Principal: Microbial Diseases of Cultured Fishes (3rd ed.), Wiley-Blackwell, Ames, Iowa. 492 p.

Reitman S., Frankel S. 1957. A colorimetric method for determination of serum oxaloacetic and glutamic pyruvic transaminases. Am. J. Clin. Pathology, 28: 56–63.

Richards D.M.C., Dean R.T., Jessup W. 1988. Membrane proteins are critical targets in free radical mediated cytolysis. Biochim. Biophys. Acta, 946: 281–288.

Roberts R.J. 1994. Motile aeromonad septicaemia. In: Bacterial diseases of fish (eds. Roberts R.J., Bromade N.R.), Oxford. P. 143–156.

Sevela M., Tovarek J. 1959. A method for estimation of lactic dehydrogenase in body liquids. J. Czech Physiol., 98: 844–848.

Tkachenko G.M., Grudniewska J. 2015. Oxidative stress biomarkers in gills of brown trout (*Salmo trutta* m. *fario*) vaccinated against furunculosis. Scientific Medical Bulletin, 2 (2): 83–89.

Tkachenko G.M., Grudniewska J., Kurhaluk N.N. 2015. Effects of vaccination against furunculosis on oxidative stress biomarkers and antioxidant defense in gills of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Scientific Journal "Kaliningrad State Technical University News", 36: 11–22.

Tkachenko H., Grudniewska J. 2016. The alterations in the oxidative stress biomarkers in the brain tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) vaccinated against furunculosis. Trudy VNIRO, 162: 161–171.

Tkachenko H., Kurhaluk N., Grudniewska J., Andriichuk A. 2014. Tissue-specific responses of oxidative stress biomarkers and antioxidant defenses in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* during a vaccination against furunculosis. Fish Physiol. Biochem., 40 (4): 1289–1300.

Wood C.M., Milligan C.L., Walsh P.J. 1999. Renal responses of trout to chronic respiratory and metabolic acidoses and metabolic alkalosis. Am. J. Physiol., 277 (2 Pt 2): R482–492.

Zar J.H. 1999. Biostatistical Analysis, 4th ed., Prentice Hall Inc., New Jersey.

УДК 639.2.09

ВОЗБУДИТЕЛИ ИНВАЗИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У СИГОВЫХ РЫБ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ЕНИСЕЙ

К.В. Поляева

Мл. н. с.; ФГБНУ «Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоемов»
660097, Красноярск, а/я 17292
Тел., факс: (391) 227-23-48. E-mail: nii_erv@mail.ru

ПАРАЗИТЫ РЫБ, РЯПУШКА СИБИРСКАЯ, ОМУЛЬ, СИГ, CYATHOCEPHALUS TRUNCATES, ECHINORHYNCHUS SALMONIS, ЧАЕЧНЫЙ ДИФИЛЛОБОТРИОЗ, ЕНИСЕЙ

В 2010–2013 гг. проведено паразитологическое исследование трех видов сиговых рыб (ряпушка сибирская *Coregonus sardinella*, омуль *C. autumnalus* и сиг-пыжьян *C. pidschian*) в нижнем течении р. Енисей (район г. Дудинка). Обнаружены возбудители восьми инвазионных заболеваний. Установлено, что наиболее массовым заболеванием для этих рыб является метэхиноринхоз, вызываемый скребнем *Echinorhynchus salmonis*. Для сига характерно заражение цестодой *Cyathocephalus truncatus*. Ряпушка и омуль являются переносчиками заболевания дифиллоботриоз, вызываемого цестодой *Diphyllobothrium dendriticum*.

CAUSATIVE AGENTS OF INVASIVE DISEASES IN CORECONIDS IN THE LOWER PART OF THE YENISEY

K.V. Polyaeva

Researcher; Federal state budgetary scientific establishment Scientific Reseach Institute of Ecology of Fishery Reservoirs
660097, the Krasnoyarsk Territory, Krasnoyarsk, p/o box 17292
Tel., fax: (391) 227-23-48. E-mail: nii_erv@mail.ru

FISH PARASITES, LEAST CISCO, ARCTIC CISCO, HUMPBACK WHITEFISH, CYATHOCEPHALUS TRUNCATES, ECHINORHYNCHUS SALMONIS, GULL-TAPEWORM, YENISEY

The parasitological research of three whitefish species (*Coregonus sardinella*, *C. autumnalus*, *C. pidschian*) was made in 2010–2013 in the lower part of the Yenisey (in vicinity of Dudinka). Pathogens of eight invasive diseases were found. Metechinorhynchosis caused by the proboscis worm *Echinorhynchus salmonis* is the most widespread disease for the coregonids. The cestode *Cyathocephalus truncatus* infection is typical for least cisco. Least cisco and humpback whitefish are the carriers of the gull-tapeworm *Diphyllobothrium dendriticum.*

Паразитарные заболевания оказывают серьезное влияние на популяции рыбхозяев, на их товарный вид, эпидемиологический статус. Сиговые полупроходные рыбы, заходящие в р. Енисей на нерест, являются ценными промысловыми объектами. Целью нашего исследования было выявление паразитов рыб, причиняющих наибольший вред организму хозяина и его товарному виду, а также паразитов, патогенных для человека.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал для исследования отбирался осенью 2010–2013 гг. в нижнем течении Енисея, в районе Левинских песков (Дудинка). Всего обследовано 326 экз. сиговых рыб: 130 экз. ряпушки сибирской *Coregonus sardinella*, 107 экз. омуля *Coregonus autumnalus* и 89 экз. обыкновенного сига *Coregonus lavaretus*.

Сбор и фиксацию материала проводили методом специального паразитологического вскрытия (без анализа крови и эктопаразитов) (Быховская-Павловская, 1985). Для видовой идентификации паразитов использовали определители (Определитель.., 1984, 1985, 1987). Классификация скребней дается на основе классификации О.М. Амина (Amin, 2013). Статистический анализ зараженности проводился с помощью программы Quantitative Parasitology 3.0 (Rozsa L. et al., 2000).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в результате исследования обнаружено 9 видов возбудителей инвазионных заболеваний рыб, а также отмечено паразитоносительство чаечного лентеца (табл. 1).

Возбудитель язвенной (бугорковой) болезни лососевых миксоспоридия *H. zschokkei* встречается только у ряпушки сибирской. Цисты молочного цвета, содержащие споры, располагаются в мускулатуре рыбы. Экстенсивность инвазии невысокая — 1,5%.

Наибольшее количество возбудителей заболеваний отмечается в классе цестод. У всех изученных видов рыб паразитирует *T. crassus*, возбудитель триенофороза. Сиговые рыбы являются для этого паразита промежуточным хозяином, дефинитивным хозяином ему служит щука. У промежуточных хозяев цисты с паразитами локализуются в мускулатуре. Ряпушка имеет наивысший среди трех изученных видов рыб показатель экстенсивности инвазии (10%). У омуля невысокая экстенсивность инвазии, но больший, чем у ряпушки, показатель интенсивности инвазии (3 экз.).

Возбудитель циатоцефалеза цестода *C. truncatus* встречается только у сига и имеет высокие показатели заражения: экстенсивность инвазии — 48%, интенсивность инвазии — 20 экз. Паразит локализуется в пилорических придатках и желудке, в некоторых случаях полностью занимая собой внутреннее пространство придатков.

Возбудитель эуботриоза цестода *E. crassum* с низкими показателями инвазии (ЭИ = 1,5%, ИИ = 1 экз.) встречается в кишечнике ряпушки сибирской. Цестода из этого же рода (*Eubothrium* sp.) отмечается у сига (ЭИ = 2%, ИИ = 1 экз.).

Единственным возбудителем трематодозов у изученных сиговых рыб является *Ichthyocotylurus* sp. Цисты с этими паразитами располагаются на поверхности сердечной мышцы хозяев. Показатели инвазии сига недостоверно выше, чем у ряпушки: экстенсивность инвазии — 4,5%, интенсивность инвазии — 7 экз.

Возбудители метэхиноринхоза *E. salmonis* (syn. *Metchinorhynchus salmonis* (Muller, 1780) Petrochenko, 1956) и *E. truttae* (syn. *Metchinorhynchus truttae* (Schrank, 1788) Petrochenko, 1956) обнаружены у всех исследованных видов рыб. Уровень зараженности омуля (ЭИ = 81%, ИИ = 18 экз.) и сига (ЭИ = 74%, ИИ = 17 экз.) *E. salmonis* достоверно выше, чем у ряпушки (ЭИ = 41%, ИИ = 3 экз.). При высоких уровнях заражения этими скребнями у хозяина отмечается воспаление стенки кишечника, в которую внедряется хоботок паразита, утолщение ткани вокруг хоботка, в нескольких случаях происходил прорыв стенки кишечника, и содержимое кишечника вытекало в полость тела.

Отмечается заражение сига возбудителем цистидиколеза лососевых нематодой *C. farionis* с невысокими показателями заражения (ЭИ = 8%, ИИ = 12 экз.) и омуля возбудителем рафидаскариоза нематодой *R. acus* (ЭИ = 1%, ИИ = 1 экз.).

Также ряпушка и омуль выступают переносчиками чаечного дифиллоботриоза, вызываемого цестодой *D. dendriticum*. Экстенсивность инвазии омуля (64,5%) этим паразитом выше, чем у ряпушки (15,4%). Цисты с чаечным дифиллоботриозом локализуются у рыб на стенках желудка, пилорических придатков и кишечника. Паразит патогенен для человека (Kuchta et al., 2013).

Таблица 1. Возбудители инвазионных заболеваний у сиговых рыб, р. Енисей (г. Дудинка), 2010–2013 гг.

Вид паразита	Хозяин	ЭИ, %	Доверительный интервал ЭИ (95%)	ИИ, экз.	Доверительный интервал ИИ (95%)	ИО, экз.	Доверительный интервал ИО (95%)
Henneguya zschokkei (Gurley, 1984)	Ряпушка	1,5	0,28–5,6	7,5	3,0–7,5	0,12	0,0–0,44
Triaenophorus crassus Forel, 1868	Ряпушка	10,0	5,61–16,44	1,38	1,08–2,00	0,14	0,07–0,24
	Омуль	4,7	1,86–10,6	3,0	2,2–3,4	0,14	0,05–0,29
	Сиг	1,1	0,06–5,99	1,0	–	0,01	0,0–0,03
Cyathocephalus truncatus (Pallas, 1781)	Сиг	48,3	38,13–59,02	20,07	13,84–28,35	9,7	6,36–14,46
Diphyllobothrium dendriticum (Nitzsch, 1824)	Ряпушка	15,4	9,87–22,62	2,0	1,45–2,8	0,31	0,18–0,51
	Омуль	64,5	54,69–73,04	2,62	2,25–3,06	1,69	1,34–2,07
Eubothrium crassum (Bloch, 1779)	Ряпушка	1,5	0,28–5,6	1,0	–	0,02	0,0–0,04
Eubothrium sp.	Сиг	2,2	0,41–7,7	1,0	–	0,02	0,0–0,06
Ichthyocotylurus sp.	Ряпушка	1,5	0,28–5,6	7,5	3,0–7,5	0,12	0,0–0,44
	Сиг	4,5	1,55–11,06	6,75	1,0–16,0	0,3	0,03–1,37
Echinorhynchus salmonis Muller, 1784	Ряпушка	40,8	23,66–49,61	2,98	2,23–4,17	1,22	0,85–1,77
	Омуль	81,3	72,52–88,01	23,41	17,83–31,74	19,04	14,33–26,33
	Сиг	74,2	64,1–82,42	16,82	12,79–22,02	12,47	9,21–16,71
Echinorhynchus truttae Schrank, 1788	Ряпушка	4,6	2,03–9,86	2,33	1,0–4,83	0,11	0,03–0,35
	Сиг	2,2	0,41–7,7	2,0	1,0–2,0	0,04	0,00–0,17
Cystidicola farionis Fisher, 1798	Сиг	7,9	3,75–15,57	12,0	5,86–26,57	0,94	0,3–2,82
Raphidascaris acus (Bloch, 1779)	Омуль	0,9	0,05–4,99	1,0	–	0,01	0,0–0,03

Примечание: ЭИ — экстенсивность инвазии; ИИ — интенсивность инвазии; ИО — индекс обилия. Прочерк в графе «доверительный интервал» указывает на невозможность расчета доверительного интервала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сиговые рыбы нижнего течения р. Енисей подвержены заражению возбудителями восьми инвазионных заболеваний, однако заметное патогенное влияние на хозяев оказывают два вида паразитов: скребень *E. salmonis* и цестода *C. truncatus*. Наиболее распространенным и массовым заболеванием является метэхиноринхоз. Его возбудитель отмечается у всех исследованных видов сиговых рыб с высокими уровнями экстенсивности (от 41% у ряпушки сибирской до 81% у омуля) и интенсивности (от 3 экз. у ряпушки сибирской до 23 экз. у омуля) инвазии. Только для сига характерен высокий уровень заражения цестодой *C. truncatus*, вызывающей циатоцефалез.

Кроме того, ряпушка и омуль являются переносчиками дифиллоботриза, вызываемого цестодой *D. dendriticum*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Быховская-Павловская И.Е. 1985. Паразиты рыб: руководство по изучению. Л.: Наука. 121 с.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 1. 1984. Паразитические простейшие. Л.: Наука. 431 с.; Т. 2. 1985. Паразитические многоклеточные (1-я часть). Л.: Наука. 425 с.; Т. 3. 1987. Паразитические многоклеточные (2-я часть). Л.: Наука. 583 с.

Amin O.M. 2013. Classification of acanthocephalan // Folia Parasitologica. V. 60. I. 4. P. 273–305.

Kuchta R., Brabec J., Kuba´c˘kova´ P., Scholz T. 2013. Tapeworm *Diphyllobothrium dendriticum* (Cestoda) – Neglected or Emerging Human Parasite? PLoS Negl Trop Dis 7 (12): e2535. doi:10.1371/journal.pntd.0002535.

Rozsa L., Reiczigel J., Majoros G. 2000. Quantifying parasites in samples of hosts // J. of Parasitology. V. 86. P. 228–232.

УДК 579.262

ОБРАЗОВАНИЕ БИОПЛЕНКИ *LISTERIA MONOCYTOGENES* С БАКТЕРИЯМИ РОДА *PSEUDOMONAS*, ВЫДЕЛЕННЫМИ ИЗ МОРСКОЙ ВОДЫ

А.И. Еськова, Л.С. Бузолева, А.В. Ким*

Мл. н. с.; гл. н. с., д. б. н.; НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова
690000, Владивосток, ул. Сельская, 1
Тел.: (423)257-67-51. E-mail: alena-esya@mail.ru, buzoleva@mail.ru
**Аспирант, Дальневосточный федеральный университет*
E-mail: kim-sandra@mail.ru

LISTERIA MONOCYTOGENES, БИОПЛЕНКА, МОРСКИЕ САПРОФИТЫ

В связи с тем, что *Listeria monocytogenes* обитают в морской среде, были проведены исследования на выявление их способности к образованию биопленок с морскими сапротрофными микроорганизмами, позволяющими сохранять жизнеспособность патогенов. В работе были использованы 11 штаммов *L. monocytogenes* и 20 сапротрофных штаммов, выделенных из морской воды б. Аякс Японского моря. Идентификацию сапротрофных штаммов проводили с использованием традиционных микробиологических методов. В результате было показано, что образование биопленки с морскими микроорганизмами, в частности с бактериями рода *Pseudomonas,* способствует сохранению и поддержанию численности *L. monocytogenes* в морской среде.

FORMATION OF THE BIOFILM OF *LISTERIA MONOCYTOGENES* AND BACTERIA OF *PSEUDOMONAS* GENERA ISOLATED FROM THE SEA WATER

A.I. Eskova, L.S. Buzoleva, A.V. Kim*

Researcher; Leading Scientist, D. Sc. (Biology);
Somov Institute of Epidemiology and Microbiology
690000, Vladivostok, Selskaya str., 1
Tel.: (423)257-67-51. E-mail: alena-esya@mail.ru, buzoleva@mail.ru
**Post graduate student; Far Eastern Federal University*
E-mail: kim-sandra@mail.ru

LISTERIA MONOCYTOGENES, BIOFILM, MARINE SAPROPHYTE MICROORGANISMS

In view of the fact that *Listeria monocytogenes* live in marine environment we conducted research to figure out their ability to form biofilms with marine saprophyte microorganisms, where the pathogens stay active. Eleven strains of *L. monocytogenes* and 20 saprotrophic strains isolated from the sea water (Ayax Bay, the Sea of Japan) were used in this study. The identification of the saprotrophic strains was carried out using traditional microbiological methods. It was shown as a result, that formation of the biofilms with marine microorganisms, in particular with bacteria of the *Pseudomonas* genera, helps sustaining and supports the abundance of *L. monocytogenes* in marine environment.

Известно, что патогенные микроорганизмы, попадая в морскую среду, сохраняют свой патогенный потенциал (Бузолева, 2011; Сомов, Бузолева, 2004). И.А. Беленева и А.Н. Быстрова (1997) отмечают присутствие и размножение *Listeria monocytogenes* в морской среде, при этом высеваемость листерий из морских гидробионтов достаточно высока (10–18% от общего количества). Привнесение патогенных микроорганизмов в морскую среду может быть связано с паводковыми и грунтовыми водами (Терехова, Бузолева, 2004), с загрязнением вод канализационными стоками (Зуев, 2004). Существующие методы обеззараживания сточных вод не обеспечивают полного губительного воздействия на условно-патогенные микроорганизмы, которые, контактируя с гидробионтами, могут представлять опасность как для обитателей моря, так и для человека, употребляющего в пищу зараженных морских животных (Мамонтов и др., 2001; Зуев, 2004). Согласно литературным источникам, бактерии рода *Listeria* обнаружены в различных гидробионтах. По данным J.W. Gosterton, 2004, и H. Takahashi et al., 2009, *L. monocytogenes* были обнаружены в свежей рыбе, крабах, креветках и омарах. Зараженные *L. monocytogenes* двустворчатые моллюски регулярно являются причиной вспышек листериоза (Qi Zhu et al., 2017). Но морская среда не

является благоприятной для существования патогенных бактерий, поэтому возможность образовывать биопленки является одним из механизмов адаптации листерий и способствует сохранению и поддержанию их численности в этих условиях.

Цель работы — изучить способность *Listeria monocytogenes* формировать биопленки с микроорганизмами, выделенными из морской воды.

В работе использованы 11 штаммов *L. monocytogenes* из коллекции НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова. В качестве тест-культур выступали 20 штаммов, выделенных из морской воды. Для определения таксономической принадлежности полученных микроорганизмов проводилось изучение их культуральных и физиолого-биохимических свойств с помощью классических микробиологических методов. При анализе биохимических свойств использовали стриповые диагностикумы API фирмы BioMerieux (Франция). Для определения сапротрофных штаммов до рода был использован определитель бактерий Берджи. Для изучения биопленкообразования использовали модифицированный метод Christensen G.D. et al. Культивировали микроорганизмы на среде для морских гетеротрофных микроорганизмов (Youchimizu, Kimura, 1976) при комнатной температуре (22 ºС) в течение 3 суток. Замеры оптической плотности проводили в течение трех суток инкубации в 96-луночных планшетах на планшетном ридере (LABSYSTEMS iEMS Reader MF, BioRad) при λ = 540 нм.

Была определена способность штаммов *L. monocytogenes* к биопленкообразованию в монокультуре и в ассоциации с бактериями из морской воды при температуре 22 ºС. Всего проведено 220 вариантов опыта. На основании проведенных исследований к штаммам с высокими биопленкообразующими свойствами отнесен штамм ВА-1 (как видно из таблицы 1, значение оптической плотности — 0,986), который был идентифицирован как представитель рода *Pseudomonas*.

Таким образом, показано, что образование биопленки с морскими сапротрофными микроорганизмами, в частности с бактериями родов *Pseudomonas* sp., способствует сохранению и поддержанию численности *L. monocytogenes* в морской среде.

Таблица 1. Биопленкообразующая способность *L. monocytogenes* в ассоциации с *Pseudomonas* sp.

Штамм	Показатели оптической плотности
Pseudomonas ВА-1+ *L. monocytogenes* 11731/8-8297	0,986±0,012
Контроль (среда без бактерий)	0,47±0,001

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Беленева И.А., Быстрова А.Н. 1997. Выделение патогенной бактерии *Listeria monocytogenes* из гидробионтов залива Петра Великого Японского моря // Биология моря. Т. 23. № 5. С. 293–297.

Бузолева Л.С. 2011. Сапрозоонозы: вчера, сегодня, завтра // Бюллетень СО РАМН. № 4. С. 64–72.

Зуев В.С. 2004. Сапрофитизм патогенных бактерий // Ветеринарная патология. № 4. С. 11–16.

Мамонтов Л.М., Авдеев В.В., Марков А.В. 2001. Мониторинг микробных сообществ водных экосистем // Гигиена и санитария. № 2. С. 33–35.

Сомов Г.П., Бузолева Л.С. 2004. Адаптация патогенных бактерий к абиотическим факторам окружающей среды. Владивосток: Примполиграфкомбинат. 167 с.

Терехова В.Е., Бузолева Л.С. 2004. Выживаемость и адаптивная изменчивость штаммов *Listeria monocytogenes* в морской и речной воде // Ветеринарная патология. № 4. С. 31–35.

Gosterton J.W. 2004. A short history of the development of the biofilm concept. In: Ghannoum M, O'Toole GA (eds) // Microbial Biofilms. Washington, ASM Press 4–19. P. 478.

Qi Zhu, Ravi Gooneratne, Malik Altaf Hussain. 2017. *Listeria monocytogenes* in Fresh Produce: Outbreaks, Prevalence and Contamination Levels // Foods. V. 6. P. 21.

Takahashi H., Miya S., Igarashi K., Suda T., Kuramoto S., Kimura B. 2009. Biofilm formation ability of *Listeria monocytogenes* isolates from raw ready-to-eat seafood // J. Food Prot. V. 72. № 7. P. 1476–1480.

Youchimizu M., Kimura T. 1976. Study of intestinal microflora of Salmonids // Fish. Pathol. V. 10. No 2. P. 243.

УДК 693.3.006.3:597.553.2(282.257.21)

ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* WALBAUM *(SALMONIDAE)* НА РЫБОВОДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КАМЧАТСКОГО КРАЯ В 2014–2016 ГГ.

Н.А. Растягаева, Н.Н. Ромаденкова, О.О. Ким

Н. с.; мл. н. с.; мл. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел.: (4152) 41-27-01. E-mail: rastyagaeva.n.a@kamniro.ru, romadenkova.n.n@kamniro.ru, kim.o.o@kamniro.ru

ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО, РЫБОВОДНЫЕ ЛОСОСЕВЫЕ ЗАВОДЫ, КЕТА, ОТОЛИТЫ, ОТОЛИТНОЕ МАРКИРОВАНИЕ

Представлены некоторые технологические особенности выращивания молоди кеты на ЛРЗ Камчатки. Показаны результаты биологического мониторинга искусственного воспроизводства кеты в 2014–2016 гг., включающие анализ динамики численности заводских стад, а также результаты исследований по отолитному маркированию. Дана оценка эффективности воспроизводства кеты камчатскими лососевыми рыбоводными заводами.

ARTIFICIAL REPRODUCTION OF CHUM SALMON *ONCORHYNCHUS KETA* WALBAUM *(SALMONIDAE)* IN THE HATCHERIES OF KAMCHATSKY KRAI IN 2014–2016

N.A. Rastyagaeva, N.N. Romadenkova, O.O. Kim

Researcher; Researcher; Researcher; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18
Tel.: (4152) 41-27-01. E-mail: rastyagaeva.n.a@kamniro.ru, romadenkova.n.n@kamniro.ru, kim.o.o@kamniro.ru

ARTIFICIAL REPRODUCTION, SALMON HATCHERIES, CHUM SALMON, OTOLITHS, OTOLITH MARKING

Specific technological traits of rearing juvenile chum salmon at the salmon hatcheries of Kamchatka are demonstrated. Results of biological monitoring of artificial reproduction of chum salmon in 2014–2016, including analysis of the dynamics of the hatchery stocks of chum salmon and results of examination of otolith marking, are shown. Evaluation of the effectiveness of artificial reproduction of chum salmon at salmon hatcheries of Kamchatka is made.

Кета является самым массовым объектом искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Это обусловлено широким ареалом распространения данного вида и коротким временем ската молоди в море (Старовойтов, 2003; Шунтов и др., 2010), что обеспечивает устойчивое развитие данного направления аквакультурной деятельности в регионе.

В Камчатском крае выпуском кеты занимаются три лососевых рыбоводных завода (ЛРЗ). Два из них расположены на восточном побережье Камчатки в бассейнах рек Авача и Паратунка и один — на западном побережье в бассейне р. Большой. В регионе также занимаются искусственным воспроизводством таких ценных видов тихоокеанских лососей как нерка, чавыча и кижуч, но на долю кеты приходится около 70% суммарного выпуска всех искусственно воспроизводимых лососей Камчатки.

Ранее нами уже были опубликованы наблюдения 2001–2013 гг. по искусственному воспроизводству тихоокеанских лососей, и в частности кеты на ЛРЗ Камчатки (Бугаев и др., 2015). Предлагаемая работа является продолжением начатого ранее биологического мониторинга. Кроме того, в настоящей статье показан ряд технологических особенностей выращивания молоди кеты на ЛРЗ Камчатского края. На основе полученных данных дана оценка эффективности воспроизводства кеты камчатскими лососевыми рыбоводными заводами в 2014–2016 гг.

Цель работы — обобщение данных по искусственному воспроизводству кеты лососевыми рыбоводными заводами Камчатского края для оценки эффективности воспроизводства данного вида лососей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В основу исследований заводской молоди кеты легли биологические материалы, собранные сотрудниками ФГБНУ «КамчатНИРО» на трех ЛРЗ Камчатского края: «Озерки» (бассейн р. Большой), «Кеткино» (бассейн р. Авачи) и экспериментальном Паратунском (бассейн р. Паратунки).

Исследования производителей кеты заводского воспроизводства осуществлялись стандартными ихтиологическими методами. Идентификацию заводских рыб в смешанных промысловых уловах проводили по найденной отолитной метке (Акиничева, Рогатных, 1996; Акиничева, 2006). Материалом для работы послужили отолиты, взятые от производителей, выловленных в базовых водоемах ЛРЗ Камчатки.

Обработку отолитов выполняли в лабораторных условиях, где их сначала клеили на предметные стекла при помощи термопластического цемента (Buechler, США), а затем шлифовали с помощью мелкозернистых дисков до появления центральной части. Получение изображений и идентификацию меток осуществляли с помощью визуально-аналитического комплекса Leica DM1000 на основе принятых схем маркирования рыб заводского происхождения.

Возраст рыб определяли как разницу между годом возврата и годом выпуска с завода меченой рыбы.

Коэффициенты возврата рассчитаны на основе процентного соотношения количества выпущенной молоди и возврата производителей в базовые водоемы ЛРЗ от поколений выпуска. Возврат заводских рыб рассчитывали на основе данных по идентификации лососей искусственного происхождения в промысловых уловах базовых водоемов и количественным оценкам производителей, непосредственно вернувшихся к ЛРЗ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Некоторые технологические особенности выращивания молоди кеты на ЛРЗ Камчатки

Технологическая схема рыбоводного процесса одинакова для всех ЛРЗ, тем не менее существуют некоторые региональные различия в биотехнике воспроизводства, связанные, в частности, с особенностями сезонных рас кеты (летняя и осенняя формы). Немаловажную роль играют физико-географические и климатические особенности регионов воспроизводства. В разных регионах отличаются сроки закладки икры, температуры выдерживания и подращивания, навески выпускаемой молоди. Так, средние температуры подращивания молоди кеты на Камчатке составляют от 3,7 до 5 °С, для ЛРЗ Приморья оптимальными являются температуры подращивания от 5 до 10 °С (Инструкция, 2012), для некоторых кетовых ЛРЗ Сахалина средняя температура подращивания составляет 6 °С (Каев, Игнатьев, 2015). Закладку икры кеты на камчатских ЛРЗ проводят с последней декады июля по первую декаду сентября (летняя форма). На сахалинских ЛРЗ закладка икры проводится в среднем на один–два месяца позже, так как в данном регионе искусственно воспроизводят осеннюю форму кеты.

Как уже отмечалось выше, на Камчатке воспроизводством кеты занимаются три рыбоводных предприятия. В настоящее время полностью ориентирован на выпуск кеты только ЛРЗ «Кеткино». На ЛРЗ «Озерки» воспроизводство кеты занимает треть мощности завода, остальную часть занимают сеголетки нерки. На Паратунском ЭЛРЗ, кроме выпуска кеты, в небольшом количестве (в среднем 4% от мощности) осуществляют выпуск кижуча.

ЛРЗ «Кеткино» и ЛРЗ «Озерки» являются типичными холодноводными заводами, использующими для воспроизводства грунтовые и подрусловые воды. Для данных предприятий характерно подращивание молоди при температуре, не превышающей 5 °С, а температура во время инкубации может понижаться до 2 °С.

Паратунский завод оснащен для подращивания молоди в воде подогретой термальными водами. Несмотря на использование термальной воды, температуры выдерживания и подращивания молоди кеты на данном рыбоводном заводе схожи с таковыми на ЛРЗ «Озерки» и ЛРЗ «Кеткино» (табл. 1). Подогрев грунтовых и подрусловых вод термальной водой до более высоких температур используется в технологических циклах выращивания кижуча и для проведения термического маркирования.

Численность выпуска и возвратов заводской кеты

Согласно имеющейся статистике общий выпуск молоди кеты в 2014–2016 гг. лососевыми рыбоводными заводами Камчатского края составил 89 млн экз.

Соотношение объемов выпусков для разных заводов было следующим: ЭЛРЗ Паратунский — 17,857 млн экз. (14,549–19,671 млн экз.), ЛРЗ «Озерки» — 2,721 (1,829–4,328), ЛРЗ «Кеткино» — 9,010

(7,331–10,996). Заложено на инкубацию 97 млн экз. икринок (рис. 1).

На всех лососевых рыбоводных заводах Камчатского края в 2014–2016 гг. выпущенная молодь кеты была выше нормативной массы (табл. 2). Размеры выпускаемой молоди практически одинаковы для всех ЛРЗ. Единственное отличие — это повышенная масса молоди кеты на Паратунском ЭЛРЗ. Такая разница, вероятно, связана с продолжительностью выдерживания на заводе и с плотностью посадки. Стоит отметить, что увеличение средней навески может положительно влиять как на выживаемость покатников, так и на коэффициенты возврата (Леман, Чебанова, 2002).

В настоящее время выпуск молоди кеты камчатскими ЛРЗ складывается из обеспеченности водными ресурсами, инкубационными и выростными мощностями, а также из объемов средств, выделяемых Росрыболовством для искусственного воспроизводства. Не менее важным оказывается фактор наличия достаточного количества производителей для закладки.

Следует отметить, что все три завода, осуществляющие выпуск кеты, расположены в бассейнах рек, подверженных сильному антропогенному воздействию, которое выражается не только в масштабном незаконном промысле, но и влиянии развитой инфраструктуры на состояние экосистем данных водотоков. Во многом благодаря мероприятиям по искусственному воспроизводству в реках Паратунка и Авача сохраняется и поддерживается популяция кеты.

Главным фактором, определяющим эффективность работы ЛРЗ, является уровень возвратов производителей к заводам воспроизводства.

Данный показатель в 2014–2016 гг. составил 139,596 тыс. экз. кеты, из которых на кету Паратунского ЭЛРЗ приходилось 41,996 (12,213–57,659), ЛРЗ «Озерки» — 1,643 (1,500–1,749), ЛРЗ «Кеткино» — 2,893 (0,906–6,380) тыс. экз.

Таблица 1. Плотность посадки и температуры при воспроизводстве кеты в 2014–2016 гг. (по данным ФГБУ «Севвострыбвод»)

Наименование завода	Год	Период выдерживания		Период подращивания		Мощность, млн экз.
		Плотность посадки, тыс. шт/м^2	Средняя температура воды, °С	Плотность посадки, тыс. шт./м^2	Средняя температура воды, °С	
Паратунский	2014	15,1	3,1	14,9	4,6	17,7
	2015	15,2	3,1	15,0	4,6	
	2016	14,7	3,3	14,5	4,7	
	Среднее	15,0	3,2	14,8	4,6	
«Озерки»	2014	16,7	3,9	12,9	3,6	3,6
	2015	13,2	4,4	11,4	4,2	
	2016	14,6	4,4	12,5	4,2	
	Среднее	14,8	4,2	12,3	4,0	
«Кеткино»	2014	14,0	3,0	10,8	3,6	10,0
	2015	14,0	3,0	8,7	3,4	
	2016	12,8	3,0	7,4	4,1	
	Среднее	13,6	3,0	9,0	3,7	

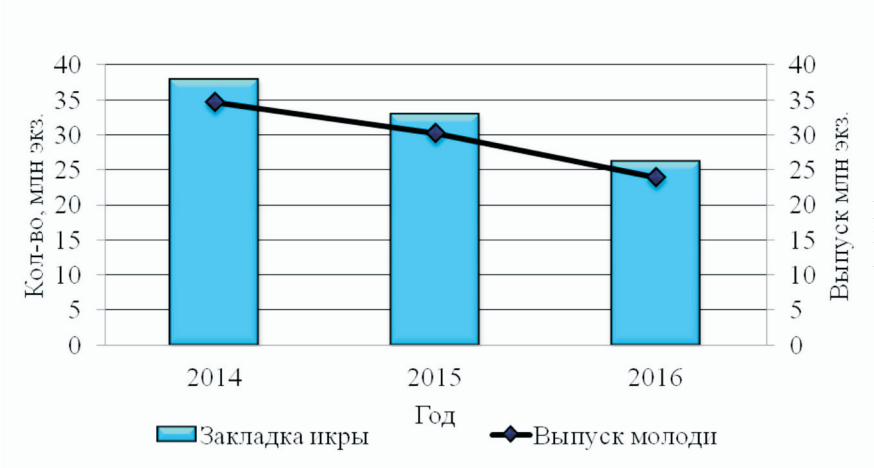


Рис. 1. Объемы закладки икры и выпуска молоди кеты с ЛРЗ Камчатского края в 2014–2016

Таблица 2. Показатели деятельности ЛРЗ Камчатки по искусственному воспроизводству кеты 2014–2016 гг.

Наименование завода	Сроки выпуска	Средняя длина тела ас, г	Средняя масса тела, г		Выполнение плановых показателей (%)
			Фактическая	Нормативная	
Паратунский ЭЛРЗ	Апрель–май	5,0	1,4	1,0	132,4
ЛРЗ «Озерки»	Май	4,7	1,0	0,8	101,2
ЛРЗ «Кеткино»	Май–июнь	4,6	1,0	0,8	122,4

Статистика возвратов производителей к ЛРЗ, представленная ФГБУ «Севвострыбвод», ниже фактических цифр данного показателя заводских рыб, так как не учитывается часть стад, изымаемая промыслом. Также следует принимать во внимание, что уровень браконьерского промысла может превосходить оцениваемый фактический вылов лососей в несколько раз (Запорожец и др., 2008).

Отолитное маркирование

Отолитное маркирование проводится на всех камчатских лососевых рыбоводных заводах. На ЛРЗ «Озерки» и ЛРЗ «Кеткино» маркирование осуществляется «сухим» способом (Акиничева, 2006). Метка на отолите ставится путем осушения икры в суточном режиме на стадии «глазка». На Паратунском ЭЛРЗ с 2009 г. проводится термическое маркирование молоди кеты. Метка ставится на стадии личинки путем понижения температуры на 4 °С в суточном режиме. При соблюдении всех рекомендаций получается качественная читаемая метка, как при «сухом», так и при термическом маркировании (рис. 2).

Но, несмотря на хорошее качество меток, остается нерешенным вопрос о тотальном маркировании кеты на рыбоводных предприятиях. В 2014–2016 гг. на ЛРЗ «Озерки» и «Кеткино» маркирование кеты проводилось не в полном объеме (рис. 3). Вследствие этого заводская рыба без метки в возвратах будет идентифицироваться как «дикая». Отсутствие метки у всей заводской молоди оказывает существенное влияние на оценки эффективности работы камчатских рыбоводных заводов и на получение объективной информации о вкладе искусственного воспроизводства в структуру запаса данного вида рыб.

Оценка эффективности воспроизводства

В комплекс мероприятий по оценке эффективности работы ЛРЗ входит мониторинг биологического состояния производителей тихоокеанских лососей заводского происхождения, а также оценка уровня их возвратов в базовые водоемы заводов. Биологическое состояние во многом определяет уровень выживаемости лососей во время пастбищного этапа нагула в морской период жизни, а также качество закладываемой на инкубацию икры. Полученные в 2014–2016 гг. данные о биологических показателях заводских лососей представлены в таблице 3.

Кроме того, необходимым условием для оценки эффективности работы рыбоводных предприятий является определение возрастного состава вернув-

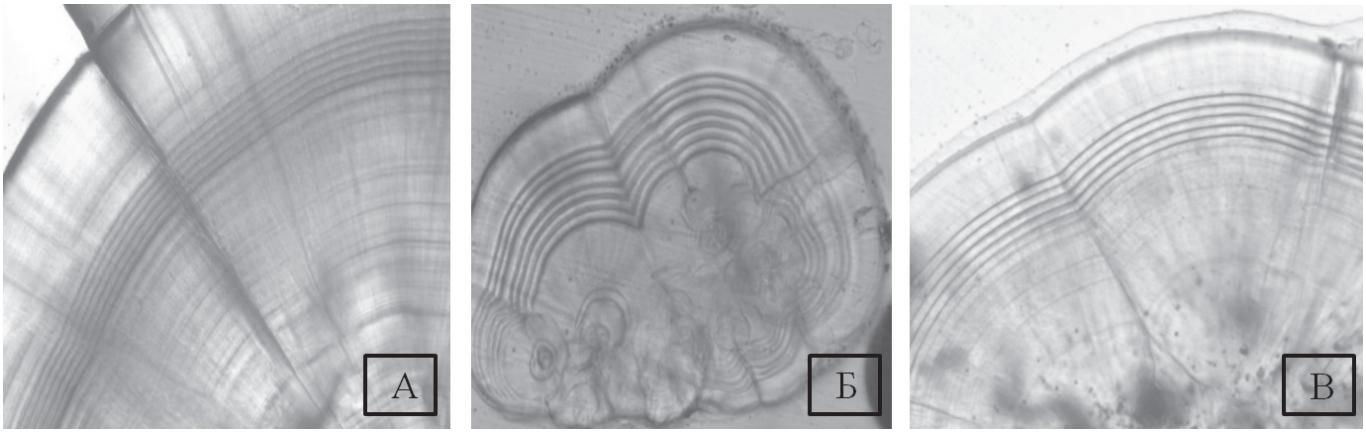


Рис. 2. Образцы отолитного маркирования кеты на ЛРЗ Камчатского края: А) Паратунского ЭЛРЗ, Б) ЛРЗ «Озерки», В) ЛРЗ «Кеткино»

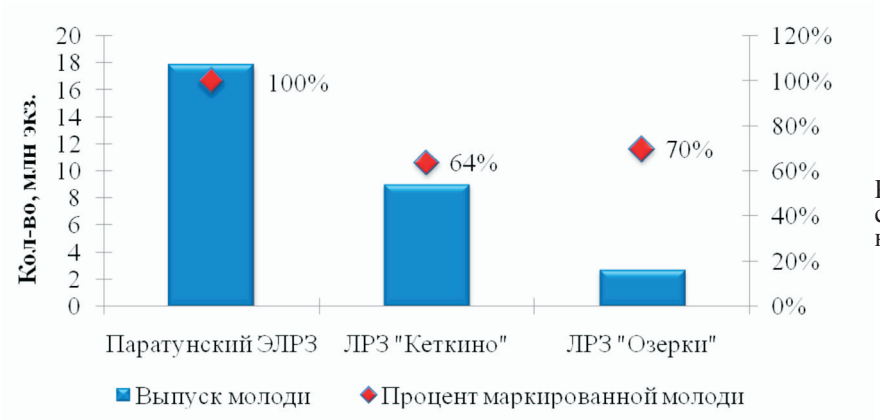


Рис. 3. Соотношение маркированной молоди с общим выпуском кеты ЛРЗ Камчатского края

шихся к ЛРЗ производителей. Это позволяет оценить эффективность работы заводов по линиям поколений выпускаемых лососей.

Анализ возрастного состава заводских рыб показал, что производители кеты в основной массе возвращаются к заводу в возрасте трех–четырех лет нагула (табл. 4), что в целом близко к возрастной структуре диких стад Камчатки (Заварина, 2008) и характерно для стад некоторых базовых рек ЛРЗ (Запорожец, Запорожец, 2003).

Одним из основных этапов для разработки критериев оценки эффективности работы ЛРЗ является определение доли рыб заводского происхождения в промысловых уловах в базовых водоемах их воспроизводства. Как уже отмечено выше, идентификацию заводской кеты в смешанных уловах проводили с помощью найденной отолитной метки. По данному направлению исследований были получены следующие результаты: в уловах кеты в р. Большой доля особей искусственного воспроизводства ЛРЗ «Озерки» составляет от 3,5%; в устьевых уловах в р. Аваче количество кеты ЛРЗ «Кеткино» может доходить до 16%; в р. Паратунке заводская кета составляет 34,6%.

Соотношение заводской кеты Паратунского завода и ЛРЗ «Кеткино» в смешанных уловах из Авачинской губы в среднем составляет 10 и 3% соответственно. Обобщенные данные по идентификации кеты заводского происхождения в базовых водоемах Камчатских ЛРЗ представлены в таблице 5.

Завершающей стадией комплекса мероприятий по оценке эффективности работы ЛРЗ является определение коэффициентов возвратов заводских лососей в базовые водоемы. Представлены данные за период 2010–2012 гг.

Более поздние результаты оценок будут готовы после обработки маркированных отолитов для определения всего возрастного ряда поколений от выпуска 2012 г. и последующих лет.

С коммерческой точки зрения, эффективность камчатских ЛРЗ является довольно низкой, о чем

Таблица 3. Биологические показатели производителей кеты, вернувшихся к ЛРЗ Камчатского края в 2014–2016 гг.

ЛРЗ	Год	Кол-во, экз.	% самцов	Длина тела (ас), см			Масса тела без внутренностей, кг		
				Средняя	Min	Max	Средняя	Min	Max
«Озерки»	2014	179	50	65	54	79	2,9	1,2	5,1
	2015	188	50	68	60	78	3,7	2,1	5,9
	2016	176	49	66	58	78	3,0	1,7	5,5
«Кеткино»	2014	300	50	62	51	76	3,0	1,3	5,5
	2015	300	50	65	54	74	3,4	1,8	6,4
	2016	300	50	63	53	74	3,0	1,6	5,4
Паратунский	2014	210	47	67	59	77	3,3	1,8	6,0
	2015	130	46	67	54	77	3,2	1,5	5,6
	2016	150	50	65	53	75	3,0	1,3	4,7

Таблица 4. Возрастная структура поколений производителей кеты, вернувшихся к ЛРЗ Камчатского края в 2014–2015 гг.

ЛРЗ	Год	Возраст по отолитам, %				Кол-во, экз.
		2+	3+	4+	5+	
Паратунский	2014	–	27,0	54,0	19,0	26,0
	2015	–	92,0	8,0	–	92,0
«Озерки»	2014	4,3	34,7	22,0	39,0	23,0
	2015	–	70,0	30,0	–	67,0
«Кеткино»	2014	–	61,0	24,0	15,0	72,0
	2015	–	3,0	89,0	8,0	99,0

Таблица 5. Доля кеты искусственного происхождения в смешанных уловах 2013–2015 гг.

Водный объект	ЛРЗ	Год	Кол-во, экз.	Доля рыб искусственного происхождения, %
Р. Большая	«Озерки»	2013	184	3,0
		2014	142	4,0
		2015	97	3,0
Р. Авача	«Кеткино»	2013	–	–
		2014	19	15,8
		2015	53	4,0
Р. Паратунка	Паратунский	2013	–	–
		2014	52	34,6
		2015	–	–
Авачинская губа	«Кеткино»	2013	264	2,3
		2014	318	4,0
	Паратунский	2013	264	5,3
		2014	318	14,0

Примечание: «–» — данные отсутствуют

свидетельствуют многолетние наблюдения (Бугаев и др., 2015). Оценка коэффициентов возврата производителей в базовые водоемы, показала, что на среднем многолетнем уровне эффективность воспроизводства кеты на ЛРЗ «Кеткино» и Паратунском ЭЛРЗ составляет меньше 1%. Исключением является ЛРЗ «Озерки», коэффициенты возврата которого в среднем составляют 1,4% (табл. 6). В то же время, по расчетам некоторых экспертов (Леман и др., 2015) искусственное воспроизводство кеты является эффективным, если коэффициент возврата от выпускаемой молоди превышает 0,3%. Таким образом, не эффективным, с учетом данной точки зрения, является только ЛРЗ «Кеткино». Низкие коэффициенты возврата данного завода в первую очередь связаны с недоучетом заводской кеты вследствие высокой антропогенной нагрузки на водоток воспроизводства.

Таблица 6. Оценки коэффициентов возврата (КВ) производителей кеты, вернувшихся в базовые водоемы ЛРЗ Камчатского края от поколений 2010 – 2012г.г. (с учетом доли в промысле)

Год	Паратунский ЭЛРЗ		ЛРЗ «Озерки»		ЛРЗ «Кеткино»	
	Выпуск, млн экз.	КВ	Выпуск, млн экз.	КВ	Выпуск, млн экз.	КВ
2010	16,594	0,3	1,117	1,4	10,623	0,02
2011	15,238	0,08	3,236	0,7	10,743	0,1
2012	20,366	0,3	0,993	2,0	11,156	0,002
Среднее	17,399	0,2	1,782	1,4	10,840	

Следует отметить, что в данном случае оценка эффективности деятельности рыбоводных предприятий с точки зрения их рентабельности не совсем оправдана. Строительство лососевых рыбоводных заводов в Камчатском крае ориентировано на поддержание численности тихоокеанских лососей в реках, испытывающих сильнейшую антропогенную нагрузку. Именно эти заводы в значительной степени позволяют поддерживать запасы лососей в данных водных объектах, что является положительным результатом их деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время искусственное воспроизводство кеты на ЛРЗ Камчатского края можно оценить как успешное и эффективное с точки зрения поддержания естественных популяций в условиях антропогенного пресса. В то же время экономический эффект остается достаточно низким. Повышение эффективности искусственного воспроизводства на существующих предприятиях возможно при увеличении объемов выпуска молоди кеты с ЛРЗ в сочетании с оптимальными сроками, когда концентрация кормовых объектов в реке максимальна.

Использование современной биотехники выращивания в комплексе с многолетним опытом по воспроизводству данного вида существующими лососевыми рыбоводными заводами позволит оптимизировать и существенно ускорить процесс восстановления запасов лососей. Строительство частных ЛРЗ на закрепленных рыбоводных участках, с обязательным контролем нелегальной добычи и рациональным использованием приемной емкости водного объекта, позволит создать экономически эффективные предприятия, способные обеспечить высокие возвраты заводских особей, которые в будущем послужат основой как для устойчивых естественных популяций, так и для стабильного промысла.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам камчатских ЛРЗ и ФГБУ «Севвострыбвод», помогавшим собирать биологический материал, положенный в основу данной работы: С.В. Макаренко (ведущий рыбовод – заместитель начальника отдела по воспроизводству ФГБУ «Севвострыбвод»), А.Н. Акбатырову (директор ЛРЗ «Озерки»), Е.С. Махмутовой (главный рыбовод ЛРЗ «Озерки»), Е.В. Ставенко (главный рыбовод Паратунского ЭЛРЗ), Н.Г. Винник (главный рыбовод ЛРЗ «Кеткино»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акиничева Е.Г. 2006. Особенности сухого маркирования тихоокеанских лососей // Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока: Матер. Междунар. науч.-практ. семинара. Петропавловск-Камчатский: Печатный двор. С. 231–240.

Акиничева Е.Г., Рогатных А.Ю. 1996. Опыт мечения лососей на рыбоводных заводах посредством термического маркирования // Вопр. ихтиологии. Т. 36. № 5. С. 693–698.

Бугаев А.В., Растягаева Н.А., Ромаденкова Н.Н., Кудзина М.А., Давидюк Д.А., Гаврюсева Т.В.,. Устименко Е.А, Бочкова Е.В., Погодаев Е.Г. 2015. Результаты многолетнего биологического мониторинга тихоокеанских лососей рыбоводных заводов Камчатского края // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 180. С. 273–309.

Заварина Л.О. 2008. Биология и динамика численности кеты *Oncorhynchus keta* северо-восточного побережья Камчатки: Автореф. дис. … канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 25 с.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2003. Состояние популяций тихоокеанских лососей р. Паратунки (Восточная Камчатка) к началу XXI века // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Докл. III Научн. конф. Петропавловск-Камчатский: Камшат. С. 55–67.

Запорожец О.М., Шевляков Е.А., Запорожец Г.В. 2008. Динамика численности камчатских лососей с учетом легального и нелегаль-

ного изъятия // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 153. С. 109–133.

Инструкция по разведению приморской кеты в искусственных условиях. 2012. Сост. В.Г. Марковцев. Владивосток: ТИНРО-Центр. 45 с.

Каев А.М., Игнатьев Ю.И. 2015. Развитие заводского разведения тихоокеанских лососей в Сахалино-Курильском регионе и его значение для промысла // Тр. ВНИРО. Т. 153. С. 95–104.

Леман В.Н., Смирнов Б.П., Точилина Т.Г. 2015. Пастбищное лососеводство на Дальнем Востоке: современное состояние и существующие проблемы // Тр. ВНИРО. Т. 153. С. 105–120.

Леман В.Н., Чебанова В.В. 2002. Возможности повышения эффективности искусственного разведения кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) и экология заводской молоди в бассейне реки Большая (Западная Камчатка) // Тр. ВНИРО. Т. 141. С. 215–228. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 268 с.

Старовойтов А.Н. 2003. Кета (*Oncorhynchus Keta* (Walbaum)) в дальневосточных морях — биологическая характеристика вида. 1. Сезонное распределение и миграции кеты в дальневосточных морях и открытых водах Северо-Западной Пацифики // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 132. С. 43–81.

Шунтов В.П., Волвенко И.В., Темных О.С., Волков А.Ф., Заволокин А.В., Найденко С.В., Долганова Н.Т. 2010. К обоснованию экологической емкости дальневосточных морей и Субарктической Пацифики для пастбищного выращивания тихоокеанских лососей. Сообщ. 1. Нагульные акватории тихоокеанских лососей // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 160. С. 149–184.

УДК 597-116:597.553.2

ОЦЕНКА ДОЛИ ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ ГОРБУШИ И КЕТЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОТОЛИТНОГО МАРКИРОВАНИЯ В ПЕРИОД ОСЕННИХ МИГРАЦИЙ В ОХОТСКОМ МОРЕ В 2015 Г.

А.И. Чистякова, А.В. Бугаев

Ст. н. с., к. б. н.; зав. отд., к. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел.: (4152) 41-27-01. E-mail: chistyakova.a.i@kamniro.ru, bugaev.a.v@kamniro.ru

ГОРБУША, КЕТА, ОТОЛИТЫ, МАРКИРОВАНИЕ, РЫБОВОДНЫЕ ЛОСОСЕВЫЕ ЗАВОДЫ

Проведены работы по изучению структуры отолитов молоди горбуши и кеты из траловых уловов учетной комплексной съемки НИС «Профессор Каганов-ский» в октябре 2015 г. Отолиты были собраны у 725 экз. горбуши и 1074 экз. кеты. Полученные результаты позволили идентифицировать маркированных особей заводского происхождения в смешанных выборках. Всего обнаружено 2% горбуши и 4,1% кеты с внедренными в отолиты метками различных лососе-вых рыбоводных заводов (ЛРЗ) Дальнего Востока России и Японии. На основе анализа отолитов охотоморской молоди горбуши выяснено, что доля рыб из различных регионов в уловах в основном соответствовала структуре выпуска маркированной молоди горбуши на ЛРЗ Охотоморского бассейна. Аналогичный анализ отолитов молоди кеты показал, что доля рыб российских регионов в уловах соответствует структуре выпуска российской маркированной молоди кеты. Картина пространственного распределения маркированной молоди гор-буши в западной части Охотского моря указывает на то, что места поимок такой молоди в основном совпадали с зонами повышенных концентраций сеголетков горбуши. У кеты, в свою очередь, наблюдалась достаточно четкая простран-ственная разобщенность в нагуле молоди российских и японских рыбоводных заводов.

AN ASSESSMENT OF THE PART OF JUVENILE HATCHERY PINK AND CHUM SALMON DURING FALL MIGRATIONS IN THE SEA OF OKHOTSK IN 2015 ON THE RESULTS OF THE OTOLITH MARKING

A.I. Chistyakova, A.V. Bugaev

Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Head of Dep., Dr. Sc. (Biology);
Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel.: (4152) 41-27-01. E-mail: chistyakova.a.i@kamniro.ru, bugaev.a.v@kamniro.ru

PINK SALMON, CHUM SALMON, OTOLITHS, MARKING, SALMON HATCHERIES

The research was made to study the otolith structure of juvenile pink and chum salmon from the trawl catches of complex survey carried out by the R/V “Professor Kaganovsky” in October of 2015. The otoliths were collected from 725 pink and 1074 chum salmon individuals. Obtained results allowed to identify hatchery marked individuals in the mixed samples. There were 2% of pink salmon and 4.1% of otolith marked chum salmon individuals from the salmon hatcheries of Russian Far East and Japan revealed. Analysis of the otolith structure of juvenile pink salmon from the Sea of Okhotsk has indicated that the ratio between the fish from different regions in the catches is generally similar to the structure of the hatchery releases of juvenile pink salmon in the region of the Sea of Okhotsk. Similar analysis of juvenile chum salmon otoliths has shown that the percentage of fish from Russian regions in the catches corresponds to the structure of Russian hatchery marked chum salmon releases. The view of the spatial distribution of marked juvenile pink salmon in the western part of the Sea of Okhotsk idemonstrates that the plots where the fish were sampled are generally the plots of increased densities of feeding underyearling pink salmon, but feeding juvenile chum salmon released from Russian and Japan salmon hatcheries demonstrate different spatial distribution.

Идентификация происхождения лососей в смешанных морских выборках явля-ется одним из самых сложных и острых вопросов, поставленных рыбохозяй-ственной науке, поскольку дает возможность определить уровень естественной смертности выпускаемых с ЛРЗ рыб после пресноводного и раннего морского нагула, оценивать результативность работы отдельных рыбоводных предприятий

при сравнении эффективности применяемых технологий выращивания лососей. В перспективе эти данные являются основой для прогнозирования численности этих двух видов в разных регионах воспроизводства. В настоящее время наиболее действенным способом для проведения идентификации заводских рыб в смешанных выборках признано отолитное маркирование. Целью настоящей работы была оценка доли заводской молоди горбуши и кеты в период осенних миграций в Охотском море в 2015 г. по результатам маркирования отолитов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом в качестве смешанных выборок горбуши послужили отолитные пробы из осенних траловых уловов НИС «Профессор Кагановский», кеты — НИС «Профессор Кагановский» и НИС «ТИНРО» в Охотском море в октябре 2015 г. Общее количество горбуши составило 725 экз., кеты — 1074 экз. Схемы траловых станций и локализация сбора проб представлены на рисунке 1. Отметим, что картина сбора материалов существенно отличалась от таковой в предыдущие годы. Так, пробы молоди горбуши были собраны в результате работы только НИС «Профессор Кагановский», который проводил съемку преимущественно в западной части Охотского моря.

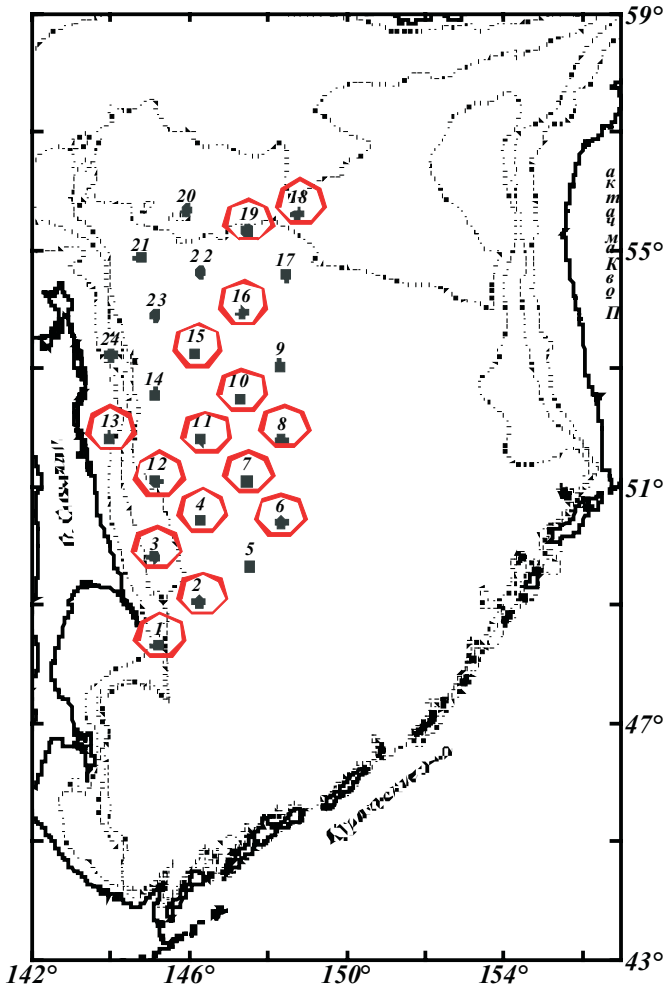


Рис. 1. Схема траловых станций осенней комплексной съемки НИС «Профессор Кагановский (тралы 1–24) и НИС «ТИНРО» (тралы 313–363) в осенний период. (Цифрами обозначены номера траловых станций, А — выделены тралы, откуда проводили отбор отолитов молоди горбуши, Б — отолитов молоди кеты.)

Сбор отолитов рыб проводили из уловов разноглубинного канатного трала 80/396. Молодь лососей подвергалась стандартному биологическому анализу. Камеральную обработку отолитов производили в лабораторных условиях, клеили на предметное стекло, затем шлифовали при помощи мелкозернистых дисков. На визуально-аналитическом комплексе производилось фотографирование шлифованных отолитов молоди. При обнаружении маркированных особей фотографии меток идентифицировались по базе данных эталонных меток NPAFC (http://wgosm.npafc.org/MarkSummary.asp).

Результаты идентификации маркированной молоди лососей в смешанных скоплениях в Охотском море

Структура выпуска молоди лососей охотоморского бассейна, включая маркированную молодь, представлена на рис. 2 и 3. Выпуск молоди горбуши с российских ЛРЗ составил 284 млн экз. Это несколько ниже, чем выпускалось горбуши в среднем в предыдущие годы (311 млн экз.), за счет уменьшения количества выпускаемой молоди лососевыми рыбоводными заводами о. Итуруп. В то же время, более чем в два раза увеличился выпуск молоди горбуши с ЛРЗ североохотоморского побережья и р. Амур — с 6,7 млн до 14,6 млн экз.

Что касается маркированной молоди, то здесь картина, по сравнению с наблюдаемой в предыдущие годы, кардинально поменялась. Тогда лидирующее положение по выпуску маркированной продукции занимали ЛРЗ о. Итуруп (Чистякова, Бугаев, 2016). В исследуемом году доля маркированной молоди была наибольшей у ЛРЗ о. Сахалин — 70,9%, а южнокурильские рыбоводные заводы резко снизили долю выпуска маркированной молоди горбуши — с 88% до 32% от всей заводской (рис. 3). С японских ЛРЗ выпустили 116 млн экз. молоди горбуши, доля маркированной среди них составила 19%, что достаточно хорошо согласуется аналогичными показателями предыдущих лет (Чистякова, Бугаев, 2016).

Выпуск молоди кеты российских ЛРЗ составил 650 млн экз. и был сходным с данными за предыдущий период исследований (средний показатель выпуска — 567 млн экз.). Доля маркированной в различных регионах молоди кеты варьировала от 6,5 до 100%, в среднем составив 53%. Среди российских

рыбоводных заводов наибольшее количество кеты выпускали ЛРЗ о. Сахалин. С японских ЛРЗ выпустили около 1,75 млрд экз. молоди кеты. Доля маркированной среди всей заводской у японской составила 13,6% (рис. 4).

В 2015 году лидирующее положение по выпуску маркированной молоди кеты занимали сахалинские рыбоводные заводы. После ЛРЗ Сахалина (среди заводов России) больше всего маркированной молоди кеты выпускали ЛРЗ о. Итуруп. Общий вклад рыбоводных заводов материкового побережья Охотского моря и Западной Камчатки не превышал 4%.

При исследовании отолитов молоди горбуши из осенних траловых сборов НИС «Профессор Кагановский» в Охотском море было обнаружено 15 экз. с внедренными в отолит метками, что составило 2% от общего объема смешанной выборки этого вида. Большинство (80%) маркированных рыб соответствовало эталонным меткам ЛРЗ России, остальные — японским ЛРЗ. Что касается регионального происхождения молоди российских заводов, то в данном году более 50% найденной в Охотском море молоди горбуши было выпущено с ЛРЗ о. Сахалин (рис. 4).

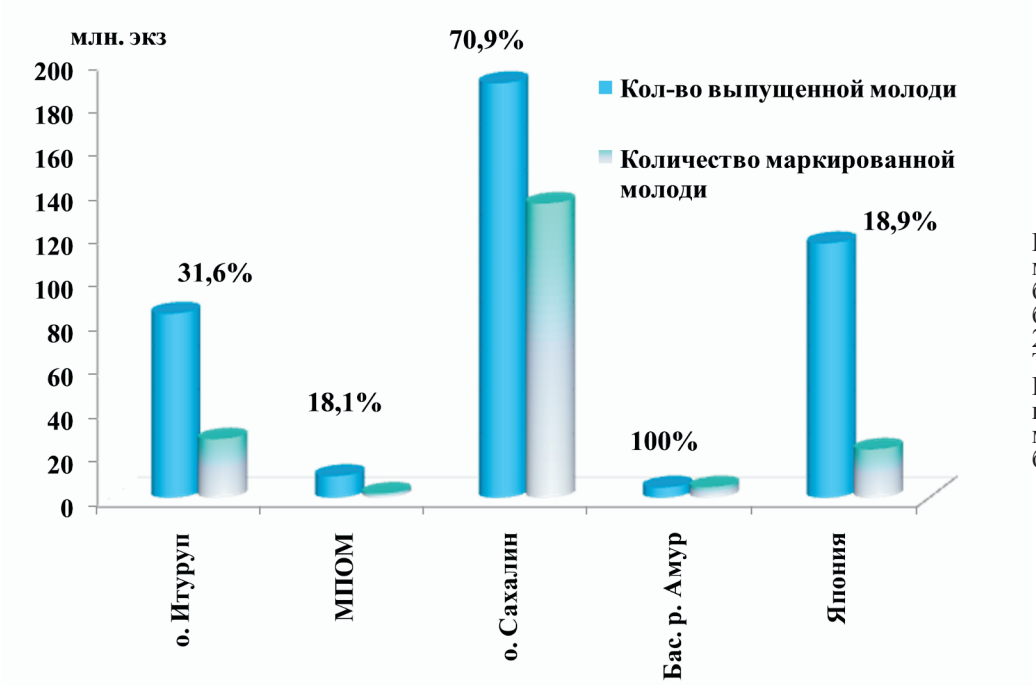


Рис. 2. Данные по выпуску и маркированию молоди горбуши ЛРЗ Охотоморского бассейна (Akinicheva et al., 2016; Klovach et al., 2016; Tomida et al., 2016; Fukusawa, Hirabayashi, 2016). Цифрами на графике отмечена доля маркированной молоди горбуши в общем выпуске

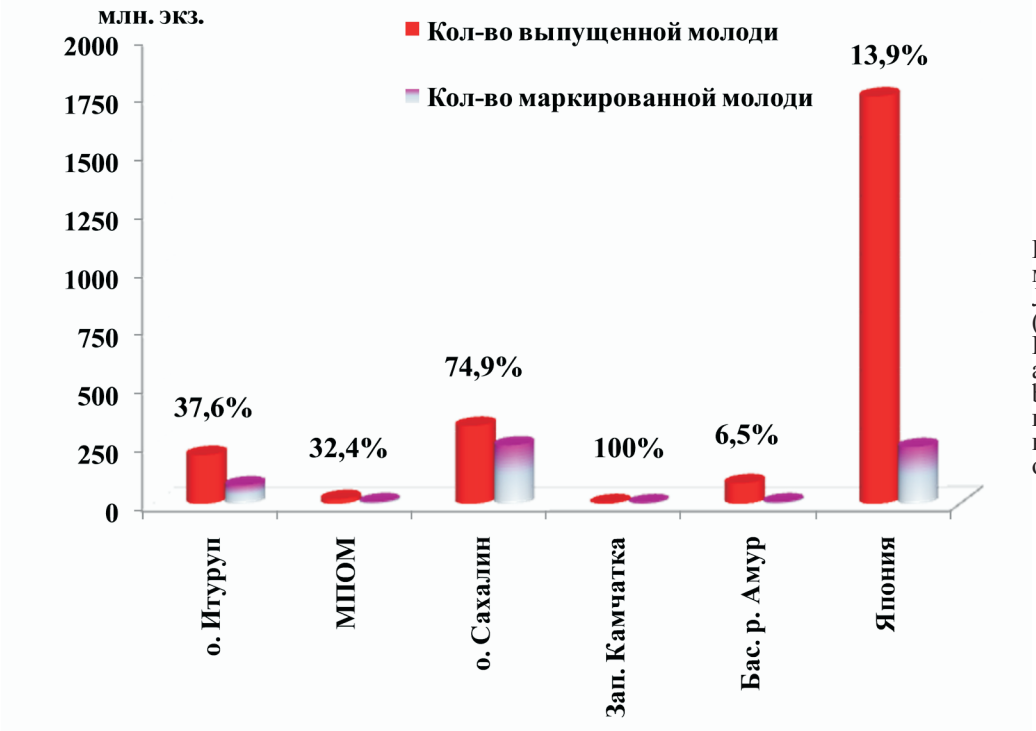


Рис. 3. Данные по выпуску и маркированию молоди кеты ЛРЗ Охотоморского бассейна (Akinicheva et al., 2016; Klovach et al., 2016; Tomida et al., 2016; Fukusawa, Hirabayashi, 2016). Цифрами на графике отмечена доля маркированной молоди кеты в общем выпуске

Исследования предыдущих лет показывали (Чистякова, Бугаев, 2016), что подавляющее большинство маркированной горбуши из охотоморских уловов было с заводов Южных Курил, тогда как в исследуемом году такой молоди нами не было встречено вовсе. Данный факт, по нашему мнению, имеет две причины. Первая и основная — резкое снижение выпуска маркированной горбуши с ЛРЗ о. Итуруп, вторая — узкая локализация сбора проб молоди горбуши в ограниченный период времени (рис. 1). Также хотелось бы отметить достаточно большую (в сравнении с предыдущими годами) встречаемость молоди горбуши с меткой ЛРЗ бассейна р. Амур, в частности ЛРЗ «Комета», вероятно, напрямую связанную с возобновлением процесса маркирования горбуши на данном заводе. Среди молоди горбуши сахалинских ЛРЗ наибольшее количество молоди было найдено с метками, соответствующими эталонной метке ЛРЗ «Урожайный», расположенного на юго-западном побережье острова (рис. 5А).

При анализе структуры отолитов охотоморской молоди кеты было найдено 44 особи с метками, что составило 4,1% от общего количества молоди в выборке. Большая часть маркированной кеты, как и в предыдущие годы, имела японское происхождение — 54%. Но если ранее доля японской маркированной кеты в охотоморских уловах превышала российскую почти в два раза, то в данном году разница этих показателей далеко не так существенна. Также, по сравнению с предыдущим периодом, значительно возросло количество сахалинских ЛРЗ, метки которых были найдены. Примечательно также появление в уловах заметного количества молоди с метками завода «Анюйский», расположенном на р. Анюй (басс. р. Амур), где в этом году было возобновлено маркирование молоди кеты. Все это может косвенно свидетельствовать о повышении выживаемости маркированной продукции российских рыбоводных заводов, а также об улучшении качества самой метки. К сожалению, в исследуемом году в уловах не было найдено ни одного экземпляра молоди кеты с метками ЛРЗ Западной Камчатки, хотя ранее такая молодь встречалась ежегодно. Среди японской молоди традиционно преобладали рыбы с метками рыбоводных заводов о. Хоккайдо (рис. 5Б).

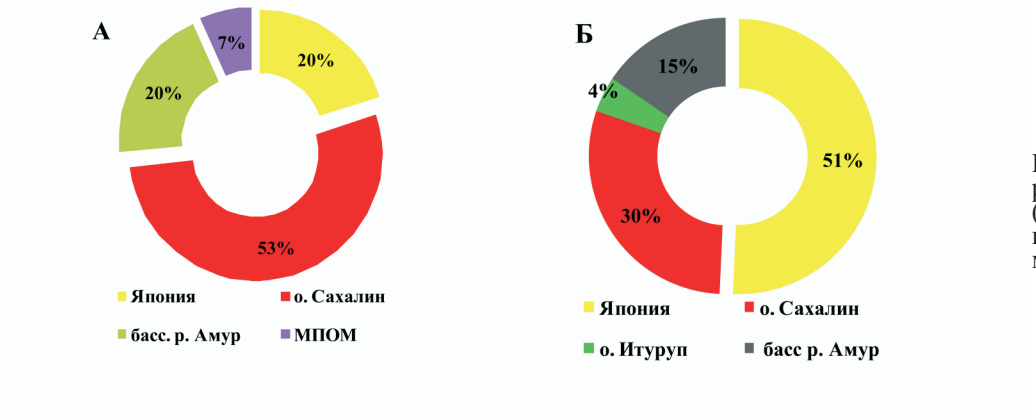


Рис. 4. Соотношение маркированной молоди горбуши (А) и кеты (Б) различного происхождения в Охотском море в осенний период 2015 г.

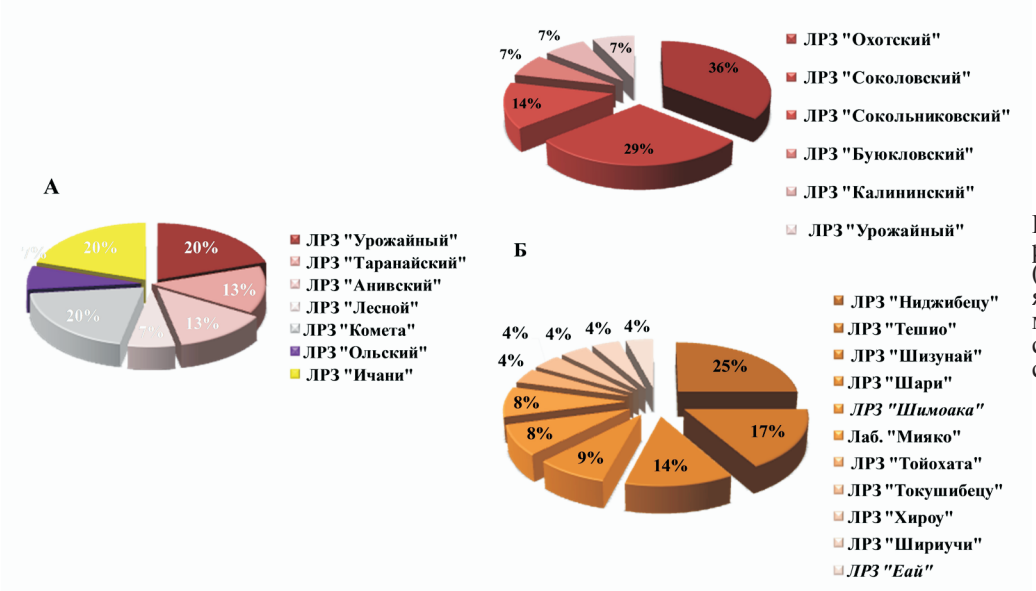


Рис. 5. Соотношение маркированной молоди горбуши (А) и кеты (Б) российских и японских ЛРЗ в Охотском море в осенний период (курсивом выделены ЛРЗ о. Хонсю)

Распределение и миграции молоди лососей заводского происхождения

При анализе пространственного распределения уловов молоди горбуши в период траловой съемки выяснено, что места поимок маркированной молоди, в основном, совпадали с зонами повышенных концентраций всех сеголетков горбуши. Что касается региональной принадлежности, то горбуша с метками сахалинских ЛРЗ чаще всего встречалась вдоль побережья Сахалина, тогда как японская и хабаровская молодь тяготела к центральным участкам моря. Интересно также присутствие молоди горбуши ЛРЗ «Урожайный» значительно мористее представителей других сахалинских заводов (рис. 6А), учитывая расположение данного завода на юго-западном побережье Сахалина.

Распределение молоди кеты с метками в водах Охотского моря представлено на рис. 6. При анализе его наблюдается достаточно четкая пространственная разобщенность в нагуле молоди российских и японских рыбоводных заводов. Так, сахалинская, южнокурильская и амурская заводская молодь, в основном, встречалась ближе к сахалинскому побережью; также значительное ее скопление было отмечено в районе Южных Курильских островов (рис. 6Б). Японская же маркированная молодь, в свою очередь, нагуливалась преимущественно у Северных Курил и побережья Западной Камчатки — там, где наблюдались основные зоны повышенных концентраций всех сеголеток кеты. Также нагульная заводская молодь японских ЛРЗ в достаточной степени присутствовала в северо-восточной части Охотского моря, выше 53–55° с. ш., что было характерно и для предыдущего периода исследований (Чистякова, Бугаев, 2016).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа отолитов охотоморской молоди горбуши было выяснено, что доля рыб из различных регионов в уловах в основном соответствовала структуре выпуска маркированной молоди горбуши на ЛРЗ Дальнего Востока России и Японии. Аналогичный анализ отолитов молоди кеты показал, что доля рыб российских регионов в уловах соответствует структуре выпуска российской маркированной молоди кеты.

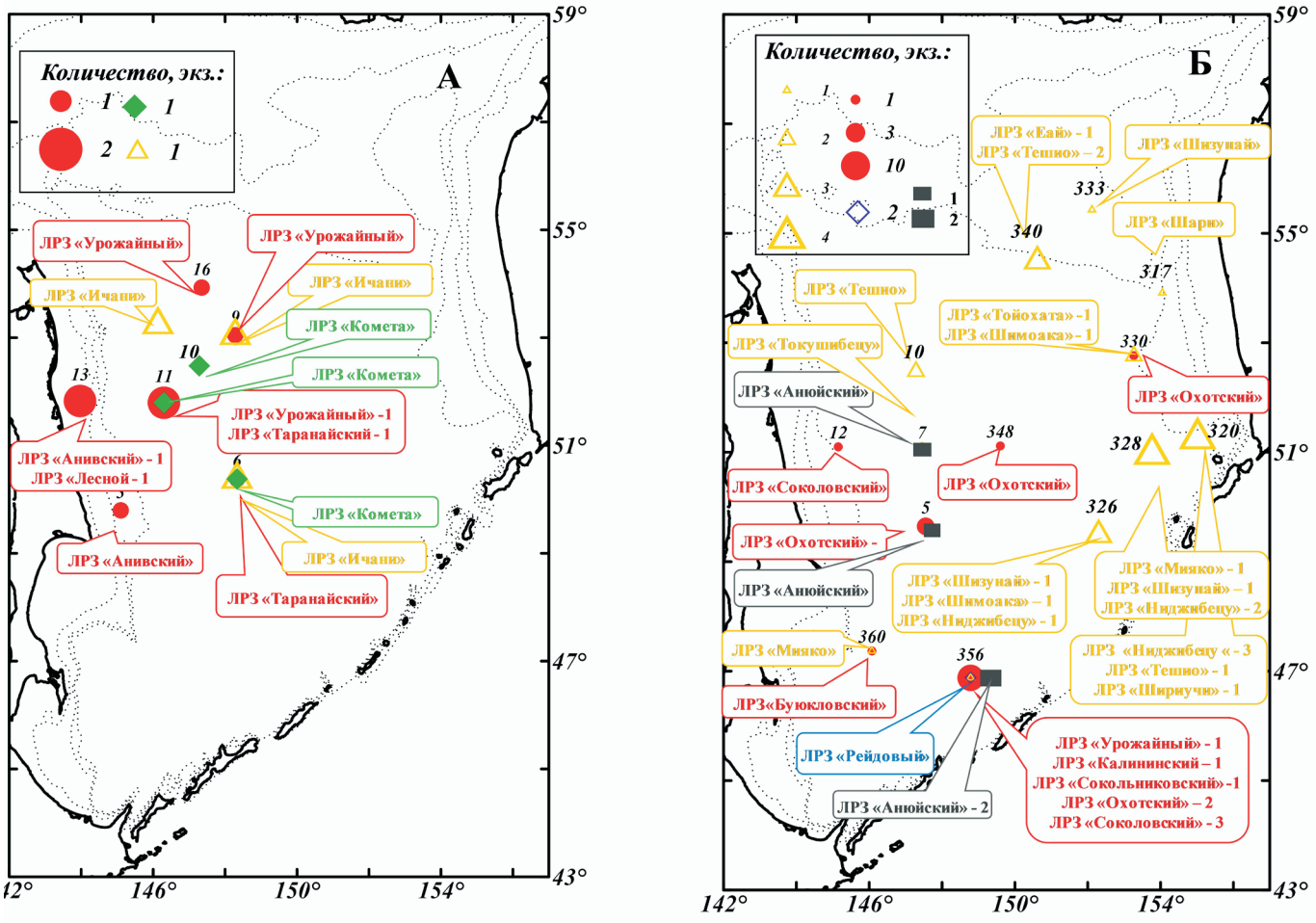


Рис. 6. Пространственное распределение молоди горбуши (А) и молоди кеты (Б) с метками российских и японских ЛРЗ (Б) в период осенних миграций в Охотском море

Картина пространственного распределения маркированной молоди горбуши в западной части Охотского моря указывает на то, что места поимок такой молоди, в основном, совпадали с зонами повышенных концентраций сеголетков горбуши. У кеты, в свою очередь, наблюдалась достаточно четкая пространственная разобщенность в нагуле молоди российских и японских рыбоводных заводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Чистякова А.И., Бугаев А.В. 2016. Оценка происхождения и пути миграций заводской молоди горбуши и кеты в бассейне Охотского моря в осенний период 2011–2014 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 40. С. 5–23.

Akinicheva E., Volobuev V., Fomin E., Myakishev M. 2016. Marked salmon production by the hatcheries of Russia in 2015. NPAFC Doc. 1630. 4 p. (Available at http://www.npafc.org.)

Fukuzawa H., Hirabayashi Y. 2016. Preliminary 2015 salmon enhancement production in Japan. NPAFC Doc. 1637. 3 p. (Available at http://www.npafc.org.)

Klovach N.V., Temnykh O.S., Shevlyakov V.A., Golub E.V., Kanzeparova A.N., Shevlyakov E.A., Romasenko L.V., Volobuev V.V. 2016. Biostatistical information on salmon catches, escapement and enhancement production in Russia in 2015. NPAFC Doc. 1624. 4 p. (Available at http://www.npafc.org.)

Tomida Y., Toda S., Urawa S. 2016. Releases of otolith marked salmon from Japan between the fall of 2014 and spring of 2015. NPAFC Doc. 1638. 14 p. (Available at http://www.npafc.org.)

УДК 639.53

МАТЕРИАЛЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОДУКЦИОННОЙ ЕМКОСТИ УЧАСТКОВ МАРИКУЛЬТУРЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕРЫХ МОРСКИХ ЕЖЕЙ *STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS*

И.С. Турабжанова, М.В. Битюков

Ст. н. с., к. б. н.; мл. н. с.;
Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Тел., факс: (423) 230-07-51, 240-17-30
E-mail: irina.turabzhanova@tinro-center.ru, mikhail.bityukov@tinro-center.ru

СЕРЫЙ МОРСКОЙ ЕЖ, ПРОДУКЦИОННАЯ ЕМКОСТЬ, ФИТОЦЕНОЗ, ПИЩЕВЫЕ ПОТРЕБНОСТИ

В работе основное внимание уделено определению продукционной емкости донных участков в аквакультуре морских серых ежей (*Strongylocentrotus intermedius*). Материалом для исследований послужили данные по состоянию поселений морских ежей на трех донных участках прибрежья Приморского края, их пищевым потребностям и количеству доступной пищи. Поведен анализ видового состава и фитомассы водорослей на каждом из участков. Предпринята попытка определить возможность вселения молоди ежей, учитывая наличие пищевых ресурсов, способствующих продуцированию гонад с высокими товарными качествами.

SOME DATA FOR THE ASSESMENT OF CARRYING CAPACITY OF THE SITES OF SEA URCHIN *STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS* MARICULTURE

I.S. Turabzhanova, M.V. Bityukov

Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Researcher;
Pacific Scientific Research Fisheries Center
690091, Vladivostok, Shevchenko Alley, 4
Tel.: (423) 230-07-51, 240-17-30
E-mail: irina.turabzhanova@tinro-center.ru, mikhail.bityukov@tinro-center.ru

SEA URCHIN, PRODUCTION CAPACITY, PHYTOCOENOSIS, NUTRITIONAL NEEDS

The research was generally focused on the evaluation of production capacity of the sites of sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* bottom mariculture. The data used were collected from the sea urchin settlements in three coastal bottom sites of Primorye and concerned condition and nutritional needs of urchin colonies and the abundance of available forage. Species composition and algae biomass was analyzed on each site. An attempt to evaluate possibility of juvenile sea urchin introduction was made in view of forage resources currently existing and facilitating development of the gonad of a high commercial quality.

Приемную емкость в аквакультуре характеризуют как потенциальную максимальную продукцию вида или популяции, которая может поддерживаться в выбранной экосистеме, в соответствии с доступными ресурсами. Для аквакультуры беспозвоночных наиболее важны четыре категории приемной емкости: физическая, продукционная, экологическая и социальная (McKindsey et al., 2006; Inglis et al., 2002).

В настоящей работе предпринята попытка определить продукционную емкость участков марикультуры для выращивания серых морских ежей. Продукционную емкость характеризуют как предельную продукцию культивируемого вида, рассчитываемую на основании количества доступной для гидробионтов пищи (Ковачева, Чертопруд, 2014). Методика оценки продукционной емкости для серых морских ежей основана на определении биомассы основных кормовых объектов района, с последующим расчетом необходимого количества растительности для нативных ежей и вселяемой молоди (Турабжанова, 2016).

Серые морские ежи *Strongylocentrotus intermedius* являются одними из самых ценных промысловых беспозвоночных, добываемых в прибрежной зоне Приморья. Знание состояния кормовой базы и особенностей питания морских

ежей дает возможность оценить не только условия их роста, но и объемы продуцирования половых продуктов (Крупнова, 2008). Основу рациона ежей составляют бурые пластинчатые, зеленые и красные водоросли с некоторой долей морских трав и диатомовых водорослей (Fuji, Kawamura, 1970; Nabata, Sakai, 1996; Сухин, 2006). Известно, что товарные качества гонад морских ежей (наполнение, цветность, вкус, консистенция) преимущественно зависят от внешних факторов, определяющими из которых являются количественный и качественный состав доступной пищи в местах их обитания (Kawamura, 1973; Lozano et al., 1995; Agatsuma et al., 1996). Ламинария считается наиболее важной пищей для морских ежей (Kawamura, 1973; Abe, Tada, 1994; Nabata et al., 1999), так как способствует продуцированию гонад с хорошими качественными и количественными показателями.

Основной целью работы было получение данных по объему кормовой базы морских серых ежей и определение возможности вселения молоди на донные участки.

Для ее достижения решались следующие задачи:

— определить плотность распределения и размерные характеристики морских ежей на трех донных участках в бухтах Соколовская и Прожекторная;
— исследовать растительный покров на этих же участках и получить данные по биомассе основных кормовых объектов района;
— рассчитать величину пищевых потребностей ежей на обследованных участках;
— провести анализ обеспеченности морских ежей кормом;
— оценить возможность вселения молоди серых ежей на обследованные площади.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исходя из полученных в предыдущие годы сведений о распределении морских ежей и видовом составе макрофитов, в границах рыбоводных участков 11-Л(м) и 12-Л(м), расположенных в бухте Соколовской, были выбраны три района (полигона), различающиеся по видовому составу водорослей и плотности поселений морских ежей (рис. 1). Материал для исследований собирался в период с третьей декады мая по вторую декаду августа 2016 г. по стандартной методике, используемой при ресурсных исследованиях (Блинова и др., 2003). Обследование полигонов проводилось по заранее определенной сетке водолазных станций. Расстояние между разрезами составляло от 150 до 300 м, расстояние между станциями на разрезе — от 50 до 200 м. Позиционирование осуществлялось с помощью спутникового навигатора “Garmin GPS 76s”.

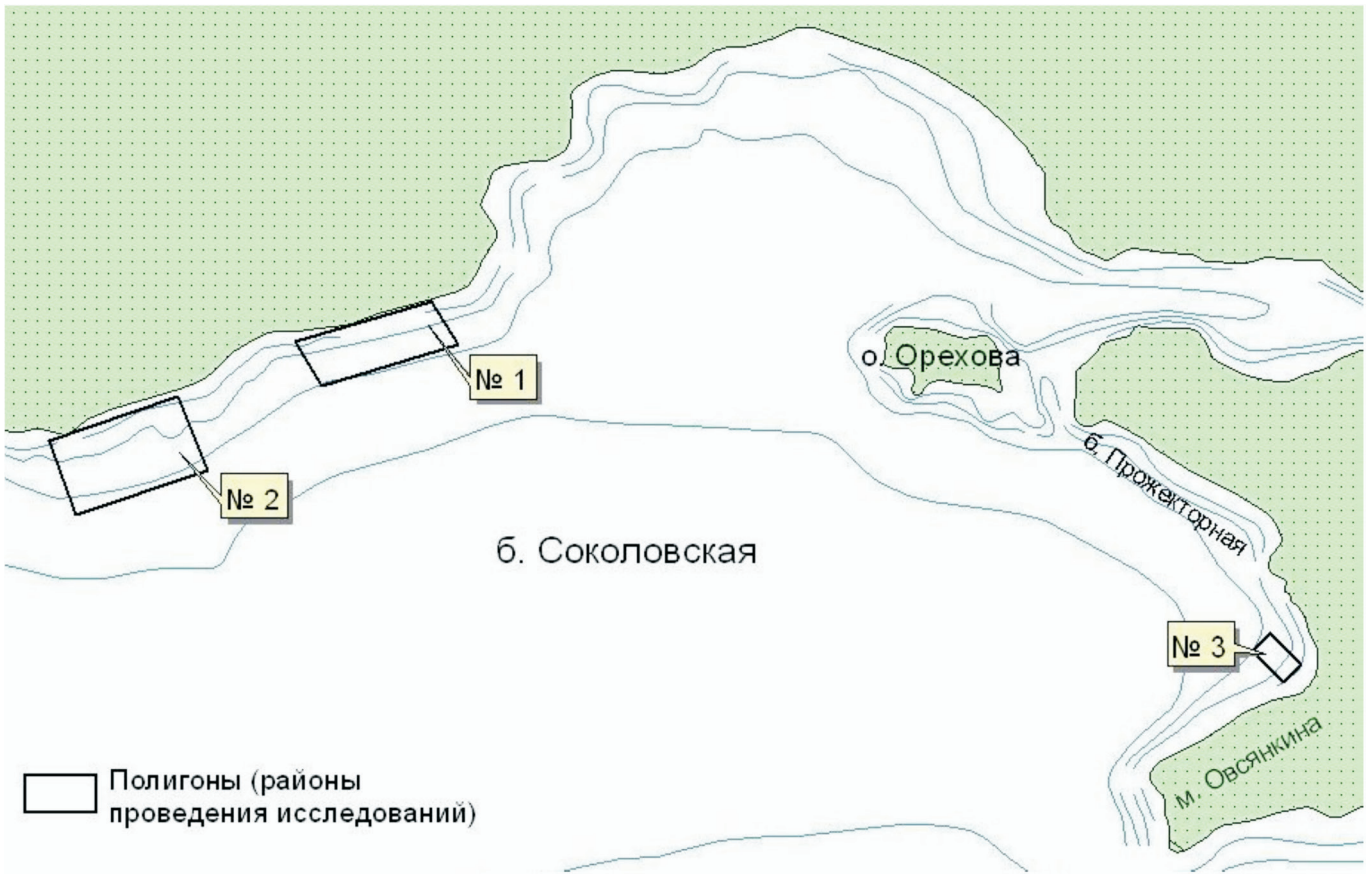


Рис. 1. Схема расположения районов проведения исследований по приемной емкости донных участков для фитофагов

На каждой станции определяли тип грунта, плотность распределения серого и черного морского ежа, оценивали общее проективное покрытие дна макрофитами (ОПП), проективное покрытие (ПП) отдельными видами в процентах. Отбирались массовые пробы морских ежей, пробы водорослей брались с рамки площадью 0,25 м^2, с пересчетом на 1 м^2.

У собранных морских ежей с помощью штангенциркуля измеряли диаметр панциря, с точностью до 1 мм. С помощью электронных весов определяли общую массу животного, с точностью до 1 г. У серых морских ежей промысловых размеров (более 45 мм) определяли массу гонад, визуально оценивали показатели цветности гонад, с использованием трех градаций в порядке ухудшения цветовых характеристик (1 — от лимонно-желтого до оранжевого, 2 — от грязно-желтого до красного, 3 — коричнево-бурые) (Викторовская, Седова, 2000). Рассчитывали гонадный индекс (ГИ) как отношение массы гонады к общей массе животного, выраженное в процентах. У части животных собранных на каждом полигоне, определяли состав содержимого кишечника.

Всего за период исследований было взято на морфометрический анализ 409 экз. серых морских ежей и 60 экз. черных морских ежей. Гонадный индекс и цветность половых желез определены у 372 экз. У 78 животных проведен анализ содержимого кишечника.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первый полигон площадью 11,5 га расположен в б. Соколовской. Глубина варьирует от 3,5 до 11 м. Дно от уреза воды до глубины 5 метров практически полностью состоит из участков скального грунта, глыб и валунов, глубже 5 м твердые грунты дополняются участками песка (соотношение примерно 60/40). Площадь твердых субстратов, пригодных для обитания морских ежей, составляет 8,7 га. Второй полигон, площадью 29,3 га, также расположен в б. Соколовской. Глубина здесь варьирует в пределах от 3,5 до 10 м. Дно практически полностью состоит из участков скального грунта, глыб и валунов. Третий полигон, площадью 3,0 га, расположен в б. Прожекторной. Глубина на данном участке акватории составила от 4 до 12 м. Грунт на глубине до 5–6 м состоит из глыб и валунов. Глубже 6 м дно покрыто галькой и булыжниками, также встречаются участки крупного песка.

Изучение поселений серых ежей показало, что на первом полигоне плотность их распределения изменялась от 5,5 до 9,5 экз./м². Плотность распределения черных ежей была значительно ниже, чем серых, и не превышала 2,2 экз./м². На втором полигоне отмечена самая низкая плотность серых ежей: не более 1–2 экз./м². Плотность черных ежей достигала 1,6 экз./м². На третьем полигоне распределение ежей подвержено самым резким колебаниям. С мая по август плотность поселения увеличилась в 3,5 раза и доходила до 30 экз./м². Черный еж здесь встречался единично. Колебания численности на полигонах могут определяться нерестовыми и кормовыми миграциями морских ежей, особенно в районах с развитым поясом макрофитов.

Наибольшие размеры отмечены у серых ежей, обитающих на полигоне 2: их средний диаметр составлял 68,5 мм, средняя масса — 132,7 г. На полигоне 3 большинство обнаруженных животных имели непромысловые размеры (меньше 45 мм).

При расчетах было принято, что среднегодовой суточный рацион серых ежей составляет 2% от массы тела, черного — 2,5%. При температуре воды около 0 ºС и ниже интенсивность питания морских ежей существенно снижается, поэтому пищевые потребности ежей за год оценивались из расчета 9 месяцев активного потребления растительности.

Пик потребления на всех полигонах приходился на период, когда количество животных на обследованных участках достигало максимума. Так, для серых ежей на полигонах 1 и 2 максимальные величины потребности в кормовых ресурсах отмечены в июле, на полигоне 3 — в августе.

Участки значительно различаются по биомассе и по составу макрофитов. На полигоне 1 основу фитоценоза составляли филлоспадикс и десмарестия. Фитомасса донной растительности нарастала от мая к июлю. К августу ее показатель значительно снизился, что связано с особенностями цикла развития десмарестии, которая в августе заканчивает вегетацию и разрушается. На этом полигоне отмечена недостаточная обеспеченность поселений ежей кормом. В мае и августе их пищевые потребности превышали фитомассу растительности на участке (рис. 2).

Только в июле за счет увеличения биомассы филлоспадикса и десмарестии показатели фитомассы превышали потребность ежей в пище. Фитомасса наиболее значимых кормовых объектов (ламинарии и костарии) нарастала от июля к августу, однако за весь период она была значительно ниже пищевых потребностей серых и черных ежей. В кишечниках морских ежей на протяжении всего периода исследований преобладали десмарестия и филлоспадикс, доля бурых водорослей в пищевом комке была незначительной. Малое количество в рационе ежей ламинарии, костарии и ульвы негативно повлияло на наполнение и цветность гонад. Гонадный индекс не превышал показателя 11,3%, достигая максимума в июле.

На втором полигоне основная часть донной растительности была представлена ламинарией и костарией, с незначительными включениями филлоспадикса и агарума. Фитомасса водорослей и морских трав достигла максимума в мае (10 кг/м²). В июле ее значения снизились до 6 кг/м², в августе — до 1,7 кг/м². Самое интенсивное снижение отмечено для ламинарии. За период исследований ее фитомасса уменьшилась почти в 6 раз. Возможной причиной послужила высокая штормовая нагрузка в летний период. Резкое уменьшение биомассы костарии к августу связано с тем, что в этот период после спороношения ее слоевище начинает разрушаться. Этот участок как по составу растительности, так и по ее биомассе является благоприятным для питания ежей. В мае и июле, в период наиболее интенсивного развития гонад, масса растительности значительно превышала пищевые потребности ежей (рис. 3). В их пищеварительном тракте в течение всего периода исследований преобладали бурые водоросли. Значения гонадного индек-

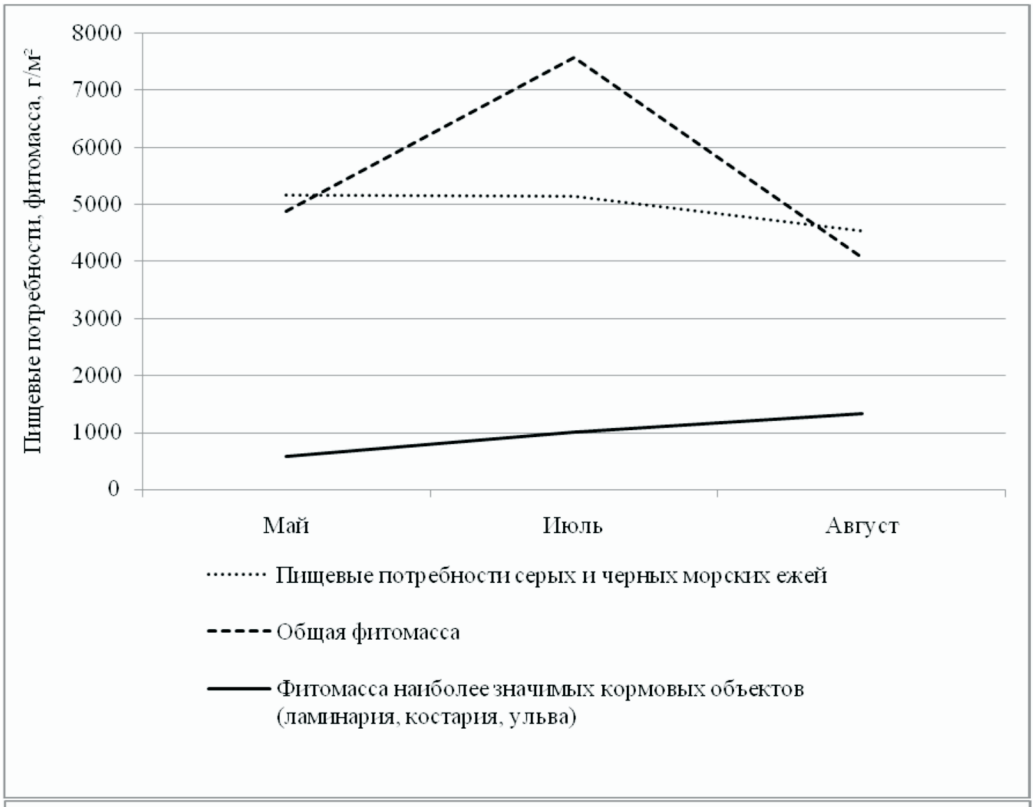


Рис. 2. Изменение фитомассы и пищевых потребностей морских ежей на полигоне 1

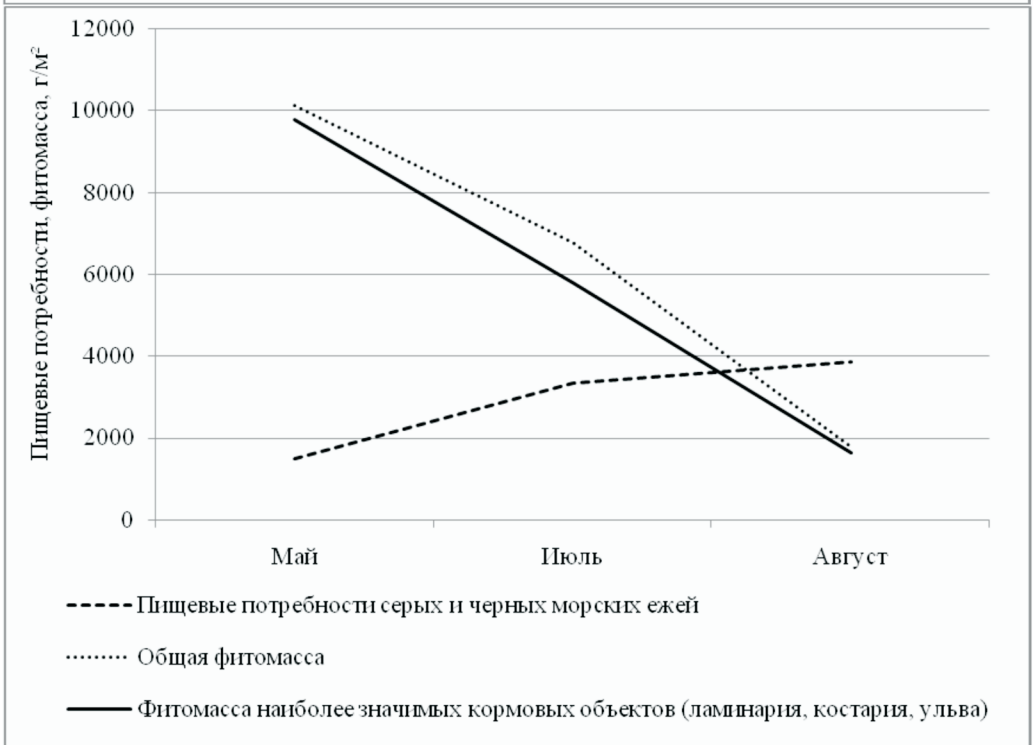


Рис. 3. Изменение фитомассы и пищевых потребностей морских ежей на полигоне 2

са варьировали в пределах 13,0–17,6% с максимумом в середине июля.

На полигоне 3 в б. Прожекторной основу пояса растительности составляла десмарестия с включениями зеленых водорослей. Фитомасса от мая к июлю увеличивалась до 6 кг/м², однако к августу ее показатели снизились до 1,2 кг/м², что согласуется с циклом развития этой водоросли. На этом полигоне также отмечена недостаточная обеспеченность кормом нативных поселений ежей. Если в мае и июле фитомасса превышала величину пищевых потребностей, то в августе биомасса растительности уже была ниже этого показателя (рис. 4). Фитомасса зеленых водорослей была незначительной. В кишечниках ежей преобладала десмарестия. Гонадный индекс не превышал 11,6%, достигая максимума в августе.

Анализ динамики биомассы поселений морских ежей и их кормовой базы показал, что на двух из трех обследованных полигонах (1 и 3) отмечается очень низкая обеспеченность морских ежей пищей, способствующей продуцированию гонад с высокими товарными качествами. Недостаток кормовых ресурсов на полигоне 1 составил 460 г/м², на полигоне 3 — до 5 кг/м². Большинство ежей на этих полигонах имели гонады с низким гонадным индексом около 11%, цветность соответствовала в основном 2-й категории (от грязно-желтого до красного). Максимальные значения гонадного индекса за весь период исследований отмечены на полигоне 2 (17,6%), где в период активного развития гонад (май–июль) удельные показатели биомассы ламинарии и костарии значительно превышали потребность ежей в пище. Цветность гонад соответствовала в основном 1-й категории (от лимонно-желтого до оранжевого). По составу растительности этот полигон пригоден для выращивания серых ежей пастбищным способом. Однако при расчете возможного количества вселяемой молоди выявлен ряд факторов, ставящих под сомнение целесообразность выращивания молоди на основе только имеющихся кормовых ресурсов. В пределах полигона отмечены значительные флуктуации численности морских ежей, в результате которой трофическая нагрузка на макрофитобентос существенно увеличилась, и в результате уменьшения фитомассы к середине августа на полигоне образовался недостаток кормовых ресурсов до 2 кг/м².

Для выращивания морских ежей на обследованных участках рекомендуется проводить мероприятия по подкормке ламинарией. Как известно, питание ежей на ламинариевых плантациях, даже при низких рационах, увеличивает их соматический и гонадный рост. Экспериментальные работы по подкормке морских ежей методом заглубления водорослевой секции показали его высокую эффективность. Прирост диаметра морских ежей через 10 месяцев после начала подкормки составил 15,8 мм. Гонады подавляющего большинства животных относились к 1-й категории цветности, среднее значение гонадного индекса соответствовало 16,4%. Для подкормки можно применять как собственно выращиваемую на подвесных плантациях ламинарию, так и отходы, образующиеся при ее культивировании и переработке. Для уве-

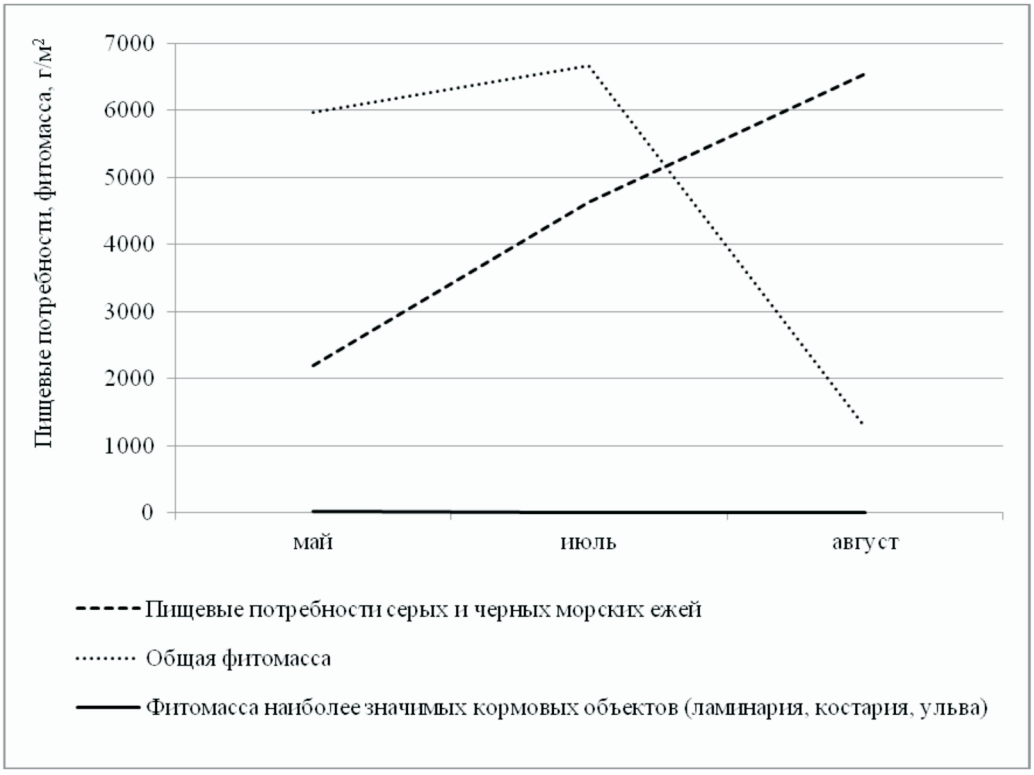


Рис. 4. Изменение фитомассы и пищевых потребностей морских ежей на полигоне 3

личения кормовой базы морских ежей в местах их расселения также целесообразно использовать способы восстановления полей ламинарии, основанные на размещении на дне простимулированных маточных слоевищ (Крупнова, 2008).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали неравномерность плотности распределения морских ежей на исследуемых участках. На полигоне 3 в бухте Прожекторной серые морские ежи распределены с плотностью в 3 раза превышающей таковую на полигоне 1 и в 10,5 раз — на полигоне 2. На всех полигонах отмечены существенные флуктуации численности ежей. Численность морских ежей на полигонах варьировала, достигая наибольших значений в июле и августе. За период исследований значительнее всего численность животных изменялась на полигоне 3, увеличившись с мая по август в 3,5 раза. Колебания численности могут определяться нерестовыми и кормовыми миграциями морских ежей, поэтому учет миграций морских ежей с прилегающих участков необходим при определении пищевых потребностей нативных популяций. Анализ полученных данных показал, что донные участки нельзя рассматривать как изолированные от окружающей среды единицы.

Данные, полученные на полигонах 1 и 3, свидетельствуют о неполной обеспеченности поселений морских ежей высококачественным кормом, что негативно сказывается на их товарных качествах. Большинство ежей на этих полигонах имели гонады с низким гонадным индексом (11,3–11,6%), цветность соответствовала в основном 2-й категории (от грязно-желтого до красного). Максимальные значения гонадного индекса за весь период исследований отмечены на полигоне 2 (17,6%), где в период активного развития гонад (май–июль) удельные показатели биомассы наиболее значимых в качестве кормовых объектов видов водорослей (ламинария и костария) значительно превышали потребность ежей в пище. Следует отметить, что на этом полигоне произошло значительное снижение фитомассы водорослей. В период с мая по август суммарная фитомасса этих видов уменьшалась в 5,9 раза. В середине августа пищевые потребности нативных поселений превысили биомассу донной растительности.

Проведенные исследования показали, что выращивание серых морских ежей пастбищным способом на донных участках нецелесообразно. Отсадка молоди ежей может негативно повлиять на стабильность фитоценоза и вызвать смену высокопродуктивных зарослей ламинариевых низкопродуктивными поселениями кораллиновых водорослей. Учитывая, что на всех трех полигонах не обнаружено излишков кормовых ресурсов для выращивания молоди серых морских ежей пастбищным способом, при выращивании ежей на обследованных участках рекомендуется проводить мероприятия по подкормке ламинарией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Блинова Е.И., Вилкова О.Ю., Милютин Д.М., Пронина О.А., Штрик В.А. 2003. Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне. М.: ВНИРО. 80 с.

Викторовская Г.И., Седова Л.Г. 2000. Некоторые аспекты биологии серого морского ежа в центральном районе Северного Приморья // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 127. С. 382–396.

Ковачева Н.П., Чертопруд Е.С. 2014. Общие подходы к оценке приемной емкости морских акваторий для молоди крабоидов (Decapoda, Lithodidae) на примере камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) // Рыбное хозяйство. № 2. С. 79–84.

Крупнова Т.Н. 2008. Инструкция по культивированию и восстановлению полей ламинарии. Владивосток: ТИНРО-Центр. 34 с.

Сухин И.Ю. 2006. Пищевые отношения черного (*Strongylocentrotus nudus*) и серого (*S. intermedius*) морских ежей: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Владивосток: ДВГУ. 20 с.

Турабжанова И.С. 2016. Подходы к изучению приемной емкости донных участков прибрежья Приморского края для массовых видов фитофагов (серых морских ежей *Strongilocentrotus intermedius*) // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: Сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.). (Под общ. ред. А.В. Гаевской). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. Т. 3. С. 460–463.

Abe E., Tada M. 1994. The ecology of a sea urchin, Strongylocentrotus intermadius (A. Agassiz) on the coast of Okhotsk Sea in Hokkaido // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. № 45. P. 45–56 (in Jap.).

Agatsuma Y., Matsayama K., Nakata A. 1996. Seasonal changes in feeding acivity of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* in Ochoro Bay of Southwestern Hokkaido // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. V. 62. № 4. P. 592–597.

Fuji A., Kawamura K. 1970. Studies on the biology of sea urchin. VII. Bio-economics of the population of Strongylocentrotus intermedius on a rocky shore of Southern Hokkaido // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. V. 36. № 4. P. 763-775.

Inglis G.J., Hayden B.J., Ross A.H. 2002. An overview of factors affecting the carrying capacity of coastal embayments for mussel culture. Christchurch: NIWA: Client Report CHC00/69. 31 p.

Kawamura K. 1973. Fishery biological studies on a sea urchin, Strongylocentrotus intermedius (A. Agassiz) // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. V. 16. P. 1–54.

Lozano J., Gflera J., Lopez S. et al. 1995. Biologycal cycles and recruitment of Paracentrotus lividus in two contrasting habitats // Mar. Ecol. Prog. Ser. V. 122. P. 179–191.

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. V. 261. P. 451–562.

Nabata S., Sakai P. 1996. Animal net production of the second year frond of Laminaria diabolica // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.. N 49. P. 1–5.

Nabata S., Hoshikawa H., Sakai Y., Funaoka T., Oohori T., Imamura T. 1999. Food value of several algae for growth of the sea urchin, *Strongylocentrotus nudus* // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. № 54. P. 33–40 (in Jap.).

УДК 639.41

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ УСТРИЦЕВОДСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ *CRASSOSTREA GIGAS* В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ (В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ)

Г.И. Викторовская, А.Ю. Баранов, М.В. Калинина, С.А. Ляшенко

Вед. н. с., к. б. н.; мл. н. с.; ст. н. с., к. б. н.; н. с., к.б.н.;
Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Тел.: (423) 400-833. E-mail: galinaviktorovskaya@mail.ru, baranoff.art@yandex.ru, marianna.kalinina@tinro-center.ru, lyashenkos77@mail.ru

УСТРИЦА, КУЛЬТИВИРОВАНИЕ, КОЛЛЕКТОРЫ, ЛИЧИНКИ, БИОТЕХНОЛОГИЯ, САДОК

Тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas* в настоящее время является основным объектом культивирования в мировом устрицеводстве. Наиболее успешно ее культивируют в Китае, Японии, Корее, Франции и в США. Анализ развития устрицеводства показал, что в настоящее время заводской способ получения молоди устрицы широко распространен во многих странах мира. В Приморье биотехнология культивирования тихоокеанской устрицы основана на сборе спата на коллекторы в районах естественных скоплений и дальнейшем выращивании в подвесных садках до товарных размеров в течение 15–22 месяцев. Однако районов с гарантированным сбором личинок меньше, чем районов для товарного выращивания устрицы. Это обуславливает в будущем использование заводского способа получения устрицы.

HISTORY OF OYSTER MARICULTURE AND PROSPECTS FOR CULTIVATION OF PACIFIC OYSTERS *CRASSOSTREA GIGAS* IN THE COASTAL ZONE OF PRIMORYE TERRITORY (FAR EAST REGION)

G.I. Viktorovskaya, A.Yu. Baranov, M.V. Kalinina, S.A. Lyashenko

Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Researcher; Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Researcher, Ph. D. (Biology); Pacific Research Fisheries Center
690091, Vladivostok, Shevchenko Alley, 4
Tel.: (423) 400-833. E-mail: galinaviktorovskaya@mail.ru, baranoff.art@yandex.ru, marianna.kalinina@tinro-center.ru, lyashenkos77@mail.ru

OYSTER, CULTIVATION, COLLECTORS, LARVAE, BIOTECHNOLOGY, CAGE

Pacific oyster *Crassostrea gigas* is currently the main object of oyster mariculture in the world. The most successfull culture is now in China, Japan, Korea, France and the United States. Analysis of the oyster mariculture development has shown that at present, the hatchery method of producing juvenile oysters is widely accepted all over of the world. In Primorye territory the biotechnology of rearing of this mollusk is based on the spat collection onto artificial substrates (collectors) in the areas where natural oyster beds are located, and further growing in suspended cages during 15–22 months up to commercial size. However, the number of the areas where larvae aggregations can be surely found is less than suitable areas for the commercial rearing of oysters. That says in favour of hatchery method to produce oysters in future.

Тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas* в настоящее время является одним из наиболее востребованных объектов культивирования в мировом устрицеводстве благодаря своим превосходным вкусовым качествам, высокому темпу роста, экологической пластичности и устойчивости ко многим болезням. Марикультура устриц широко распространена в Китае, Японии, Корее, Франции и в США (Seki Tetsuo, 1992; Liu Qingyu, 1994; Shellfish culture, 2008). Известно несколько рас тихоокеанской устрицы, отличающихся друг от друга формой и толщиной раковины, темпом роста и окраской. В Европе эту устрицу обычно называют японской, а в Северной Америке — тихоокеанской. Основными ее производителями являются страны Азии (более 77%), а также Европы (15%), Америки (7%), Африки и Океании (менее 1%). Мировым лидером в устрицеводстве является Китай. По данным FAO, в 2015 г. Китай вырастил более 4,5 млн т разных видов

устриц (*Crassostrea* sp.), что оставляет около 85% от объема общемировой аквакультуры устриц. Одним из основных видов культивирования является тихоокеанская устрица (Wang Xubo, 2016). Лидером по культивированию *C. gigas* является Республика Корея, объем выращенной продукции составляет 265 тыс. т, на втором месте — Япония (164 тыс. т), на третьем — Франция (75 тыс. т). Всего в 2015 г. общемировой объем культивирования *C. gigas* составлял 622 тыс. т (fao.org, 2015).

Цель настоящей работы — сравнительный анализ развития устрицеводства и перспективы культивирования тихоокеанской устрицы в Приморье.

История развития устрицеводства в разных странах

До 70-х годов XX века культивирование устриц было полуцикличным и основанным на сборе личинок (спата) на искусственные субстраты в районах естественных поселений моллюсков, однако не всегда сбор молоди в море давал хорошие результаты. Первые заводы по получению посадочного материала в искусственных условиях возникли в Северной Америке (США, Канада), а затем распространились в Европе и Азии. В настоящее время свыше 90% устричных хозяйств США и Канады закупают спат, выращенный в заводских условиях (Холодов и др., 2010).

Все существующие в настоящее время методы промышленного культивирования тихоокеанской устрицы реализуются по двум схемам: 1) сбор спата на субстраты, выставленные в море, в период размножения устриц; 2) получение и выращивание молоди устриц в искусственных (заводских) условиях. В дальнейшем осуществляется выращивание моллюсков до товарного состояния в естественных условиях. Второй способ позволяет полностью контролировать весь цикл и проводить селекцию как производителей, так и личинок, но при этом более трудозатратен. Сбор спата в природе на искусственные субстраты — менее затратный, но и менее надежный способ. Успех применения данного метода обусловлен уровнем естественного воспроизводства вида: наличием донных скоплений, их репродуктивным состоянием, благоприятными факторами среды в период созревания гонад и развития личинок. Для сбора посадочного материала искусственные субстраты разных типов размещают на естественных устричных банках во время массового размножения. Дальнейшее выращивание устрицы в толще воды осуществляется различными методами: донные, придонные, подвесные, плавающие и закаливание осушением.

При донном выращивании спат высеивают в литоральной, сублиторальной зоне на дно, которое может быть укреплено путем предварительного нанесения гравия. Спат высеивают плотностью 200–400 экз./м² при массе устриц 1–2 г. Дно огораживают забором или сетью для предотвращения появления хищников в зоне культивирования устрицы. Цель этого метода — сеять спат в таких плотностях, которые не потребуют дополнительных работ до достижения устрицами товарного размера.

При культивировании придонным методом спат содержится в сетчатых мешках или перфорированных пластиковых рамах различного типа, прикрепленных веревкой или резиновыми лентами к деревянной раме или арматурными стальными козлами на подходящем грунте в зоне низкого прилива. В одном мешке или раме площадью 0,25–0,5 м² может находиться от 1000 до 2000 особей устриц с высотой раковины от 10 до 15 мм. Эти рамы или садки требуют регулярного технического обслуживания. Темпы роста устрицы существенно замедляются, как только биомасса устриц в мешке превышает 5 кг/м².

Для выращивания устрицы в более глубоких водах применяется метод подвесного культивирования. Культивирование устрицы в толще воды может осуществляться на системах из длинных тросов или канатов, либо на плотах. Немаловажное значение имеет метод выращивания моллюсков на системах из длинных тросов или канатов. Стоящие на якорях поплавки соединяются между собой толстыми прочными канатами, к которым через каждые 30–40 см подвешивают ваеры с устрицами. Длина такого устройства — 75–100 м. Тросы или канаты располагают в линии или параллельными рядами вдоль побережья (Sui Xilin, 1996; Жилякова, 2004).

Деревянные каркасные рамы с основанием из сетки или из перфорированного пластика, снабженные плавучестью, используются на ранних стадиях роста спата. Сверху эти сооружения должны быть покрыты брезентом или плотной тканью, для предотвращения попадания солнечных лучей. За 3–4 месяца до сбора урожая товарной устрицы в подвесной культуре происходит ее закаливание, в процессе которого осуществляется периодическое воздействие на устрицу воздухом. Как правило, это происходит в приливоотливной зоне. Устрицы, подвергающиеся осушению, имеют более высокое содержание мяса, и оно более высокого качества (Cultured.., Fao.org).

Первопроходцами в области подвесного культивирования устриц стали страны Азии. Для сбора молоди устриц они используют искусственные субстраты из старых и чистых створок раковин морско-

го гребешка, устриц и пластинки из искусственных синтетических материалов. Раковины нанизывают, как бусы, на куски нержавеющей проволоки (ваеры) или нейлоновые нити длиной 1,5–4 м. Нанизанные раковины разделяются бамбуковыми или пластмассовыми цилиндриками высотой 2 см. Обычно на каждый ваер длиной 2 м крепят 100 раковин морского гребешка либо 80 раковин устриц. В летний период личинки гигантской устрицы прикрепляются к искусственному субстрату. Их количество колеблется от 12 до 60 шт. на раковину, в течение месяца моллюски вырастают до 1–1,5 см (Виноградов, 1978; Guo Ximing et al., 2006).

В различных районах Японии тихоокеанскую устрицу культивируют один или два года. В каждой устрице после года выращивания содержится 5–10 г мягких тканей. На морских фермах с двухлетним оборотом моллюсков вначале подращивают в прибрежных районах на особых каркасах или рамах. Через 6–8 месяцев нахождения в толще воды моллюски достигают длины 10–20 см, в каждом содержится 10–30 г мягких тканей. В качестве поплавков применяются металлические и полиэтиленовые бочки, цистерны, большие куски пенопласта и т. д.

Стандартные плоты для выращивания устриц в Японии делают из бамбуковых или кедровых бревен диаметром 10–15 см размером 10×3 м или 10×20 м, удерживающихся на месте тяжелыми якорями. Каждый плот средних размеров, соединенный в линию, несет 500–600 ваеров с коллекторами. Линии удалены друг от друга на 100 м, и между ними сохраняется расстояние до 20 м. На одном плоте за 6–8 месяцев эксплуатации получают до 4 т мяса. В течение года с одного гектара устричного хозяйства удается получать 58 т высококачественного «мяса», или около 350 т моллюсков с раковинами (Seki Tetsuo, 1992; Виноградов, 1978).

Каркасный метод культивирования устриц в азиатских странах распространен в мелководных участках. В дно вбивают сваи и на них строят рамы из бревен и жердей, к которым подвешивают ваеры с коллекторами. Иногда между сваями натягивают проволоку и к ней крепят сложенные вдвое ваеры с коллекторами. В Китае гирлянды с коллекторами из створок устриц развешиваются на бамбуковые палки на небольших глубинах. Выживаемость спата после оседания составляет 20–28%, и после двух дней — 13–14% (Wang Zhi-song et al., 2000; Guo Ximing et al., 2006). В Корее веревки с субстратом располагают в литоральной зоне. Для закалки устрицы могут оставаться незащищенными на открытом воздухе около 6 ч в день во время периода очень маленьких колебаний приливов. Канаты с субстратом помещаются горизонтально в ярусы для закалки, они могут переставляться дважды в месяц. Выживаемости спата составляет около 70% (Shellfish culture, 2008).

Впервые в Европе культивирование устриц на промышленной основе удалось осуществить в XX веке во Франции. В качестве искусственного субстрата или коллекторов для молоди устриц вначале применялись фашины, т. е. связки веток, потом коллекторы из черепицы. По французской методике личинок собирают весной и летом. Выращивание молоди устриц на коллекторах и содержание их в приемниках осуществляется в специальных устричных парках, которые располагают на разной глубине, в зависимости от вида устрицы. Некоторые виды коллекторов перед установкой в море покрывают различными веществами, которые легко соскабливаются вместе с устричной молодью. Во Франции для этих целей рекомендуют следующие рецепты: 250 кг извести + 130 кг песка + 120 л воды; 250 кг извести + 250 кг песка; 300 кг извести + 180 кг песка и т. д. Стремясь отпугнуть организмы обрастателей, в смеси добавляют некоторое количество $CuSO_4$ (Виноградов, 1978).

Дальнейшее выращивание устрицы в толще воды осуществляется либо на плотах, либо на различных свайных устройствах. Для выращивания устриц во Франции запатентована конструкция разборной площадки, устанавливаемой на морском дне. Она состоит из унифицированных пластиковых панелей с отверстиями для размещения садков. Культивирование устриц на плотах позволяет использовать для создания устричных ферм все подходящие заливы, бухты, лиманы, эстуарии рек, независимо от качества имеющегося там грунта. Развиваясь и питаясь в толще воды, моллюски иногда в три раза быстрее, чем на дне, достигают необходимого товарного веса. Используя плавучие устройства, продуктивность устрицеводства можно повысить многократно, так как при этом способе урожаи моллюсков с 1 га увеличиваются до 10 раз. Будучи приподнятыми над дном, устрицы становятся недоступными для всевозможных бентосных хищников (Виноградов, 1978).

В Канаде в Британской Колумбии в качестве коллекторов применяются цементные полусферы и канаты, покрытые цементом (Mallet, Doiron, 2009). В США для сбора молоди устриц на мягких грунтах насыпается слой ракушечника, песка или гравия, на котором разбрасываются створки моллюсков, служащие искусственным субстратом. В Австралии коллекторами служат бетонные плиты размером 60×30×3,8 см, установленные на дне как карточные домики. В ряде государств устриц культивируют на

искусственных грядах камней. Иногда из различных материалов (пластик, рубероид и т. д.) делается искусственное дно (Виноградов, 1978).

Применяемые в устрицеводстве коллекторы должны быть невысокой стоимости, транспортабельными, иметь шероховатую поверхность, удобную для прикрепления личинок. Хорошо зарекомендовали себя цилиндрические и полуцилиндрические коллекторы. Во Франции используются гибкие полуцилиндрические коллекторы из хлорвиниловой сетки, прикрепляемой к пластиковой арматуре. В США в качестве коллекторов применяют свернутую фанеру, покрытую смесью цемента, извести и песка; нанизанные на трос цилиндры из керамики, пластмассы и других материалов. Американские ученые предложили конструкцию, состоящую из забитых в дно свай высотой 15–30 см. Между ними натягивается нержавеющая проволока, к которой прикрепляются свернутые в трубку коллекторы из пластиковой сетки с ячеей 1×1,5 мм (Виноградов, 1978).

В США ежегодно на рынки поступает более 180 тыс. т устриц, причем значительная часть из них выращивается в специальных хозяйствах. Объектами культивирования являются виргинская устрица (124 тыс. т, *C. virginica*) и тихоокеанская устрица (29 тыс. т, *Crassostrea gigas*) (fao.org, 2015). В различных районах США устриц культивируют главным образом на дне, но в последние годы все большее признание получают методы выращивания моллюсков в толще воды

Необходимо отметить, что в развитых странах в настоящее время спат получают в основном на своих заводах или закупают в соседних странах. Канадские ученые в Британской Колумбии доказали возможность культивирования тихоокеанской устрицы, используя молодь, ввозимую из Японии. Устрицеводство в Канаде основывается на подвесной технологии (Виноградов, 1978). На северо-восточном побережье США построены заводы для разведения тихоокеанской устрицы. Этот моллюск, акклиматизированный у берегов Северной Америки, размножается далеко не везде, и количество личинок тихоокеанской устрицы в море испытывает значительные колебания.

В Южной Корее спат устриц получают в заводских условиях, до 8 раз за год (с декабря по май). Личинки выпускают в бассейны с коллекторами из расчета 400 экз. на одну створку, до 1 мм дорастают 10% личинок. В море выставляются коллекторы с плотностью спата около 40 экз. на одну створку. Товарный размер устрицы варьирует от 8 до 15 см. В возрасте одного года ее размер составляет около 10 см, в возрасте 2-х лет — 15 см (Shellfish culture, 2008; Ляшенко, 2012).

В европейских странах широко используются в конхиокультуре триплоиды, где их доля составляет около 30% от всех продаваемых устриц. В нашей стране первые результаты по выращиванию триплоидных форм тихоокеанской устрицы были получены в 2000-е годы в ФГБУН ИМБИ. Было показано, что в условиях Черного моря моллюски достаточно быстро (за 16–18 мес.) достигают товарных размеров и являются перспективными для выращивания (Вялова, 2009, 2010).

Тихоокеанская устрица была интродуцирована на Черном море в начале 80-х годов XX века взамен местному исчезающему виду *Ostrea edulis* (Орленко, 2005). Однако в течение трех десятилетий, по ряду объективных причин, тихоокеанская устрица не образовала здесь устойчивых природных поселений. Тем не менее устрицеводство у черноморского побережья России продолжает развиваться. В конце 80-х годов были начаты исследования по разработке биотехнологии массового получения спата тихоокеанской устрицы (Методические рекомендации.., 1990). Указанная технология апробирована в различных районах Черного моря (побережье Крыма, оз. Донузлав, Джарылгачский залив) и показала эффективность для массового получения спата в искусственных условиях. С 2015 г. на базе Института морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН в Севастополе существует цех по получению молоди тихоокеанских устрицы в искусственных условиях на 100–200 тыс. спата. В 2015 г. там были получены личинки от собственных производителей, а спат помещен в море для подращивания. В 2017 г. планируется получить первую товарную продукцию (Пиркова и др., 2013).

Перспективы культивирования тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в прибрежной зоне Приморского края

Технология культивирования устрицы с использованием природного посадочного материала разрабатывалась и успешно проходила производственную проверку в 70–80-е годы XX века в зал. Посьета (Временная инструкция.., 1984. Со временем работы были прекращены в связи с уменьшением плотности оседания спата и недостаточным рынком сбыта (Таупек, Габаев, 1999; Викторовская, Сухин, 2015). В 2000-е гг. биотехника разведения тихоокеанской устрицы была доработана с учетом многолетнего опыта и апробации в разных районах (Инструкция.., 2011).

В настоящее время предпринимаются попытки поиска новых районов, перспективных для культивирования тихоокеанской устрицы, осуществляется разработка временных биотехнических показателей индустриального выращивания для организации новых устричных хозяйств, а также оптимизация уже существующих технологий ее массового выращивания. В таблице 1 приведены современные данные (начиная с 2000 г.) о концентрации личинок в различных районах прибрежья Приморского края. В каждом отдельном районе исследования проводились от двух до десяти лет.

В прибрежье Приморья для выращивания устриц применяется метод подвесного культивирования. При выборе участков для культивирования устрицы нужно исходить из того, что подвесные плантации должны размещаться в хорошо прогреваемых бухтах и лагунах, с хорошим водообменом, над глубинами не более 8 м. Колебания солености воды допускаются в пределах от 18 до 33‰ (возможны кратковременные опреснения); значения pH воды должны составлять 7,2–8,5; содержание растворенного кислорода должно быть не менее 90%. Непременным условием является отсутствие загрязнения воды бытовыми и промышленными стоками (Инструкция.., 2011).

В настоящее время культивирование устрицы ведется в бухтах Троица и Воевода. В 2016 г. в двух марикультурных хозяйствах было выращено около 60 т товарной устрицы.

В зал. Посьета в благоприятные для сбора спата годы на коллектор (створку гребешка) в среднем оседало не менее 10 экз. устрицы, максимальная концентрация личинок в планктоне была более 500 экз./м^3. В неблагоприятные годы максимальная концентрация личинок изменялась от нескольких десятков до двух сотен экземпляров в кубическом метре воды (Раков, Золотова, 1986). Для «нормативного» оседания личинок концентрация оседающих великонхов хотя бы в один из дней должна быть не менее 20 экз./м^3 (Инструкция.., 2011). На основании этого показателя перспективными районами для сбора спата и товарного выращивания тихоокеанской устрицы являются бух. Новгородская, акватория от р. Барабашевка до м. Ограновича в Амурском заливе и северная часть Амурского залива (рис. 1). В этих районах за три–шесть лет исследований концентрация личинок была достаточной для получения «хорошего урожая» спата. Плотность личинок на стадии оседания также была относительно высокой, от трех десятков до 2,5 тыс. экз. в кубическом метре воды (рис. 1).

В других районах не каждый год регистрируются высокие плотности личинок. В отдельные годы, несмотря на то, что концентрация личинок достигала нескольких тысяч экземпляров в кубическом метре воды, часто великонхи на стадии оседания встречались единично. В данном случае рекомендуется сбор спата на плотах в районах со стабильно высокой концентрацией личинок, в том числе и на стадии оседа-

Таблица 1. Концентрация личинок тихоокеанской устрицы в различных районах Приморья, перспективных для сбора спата и ее товарного выращивания

Районы, годы исследований	Концентрация личинок, экз./м^3	Концентрация личинок в стадии оседания (300 мкм и более), экз./м^3
Культивирование устрицы		
Бух. Троицы (2013–2015)	45–327	10–62
Бух. Воевода (2000–2007, 2011, 2013–2016)	16–2811	1–281
Сбора спата и товарное выращивание устриц		
Бух. Новгородская (2013–2015)	444–2005	70–652
Р. Барабашевка – м. Ограновича (2001–2002, 2006–2007, 2011)	1712–27 667	34–2514
Северная часть Амурского залива (выше границы м. Песчаного – м. Токаревского) (2006–2007, 2011–2012, 2015–2016)	1103–50 620	90–1895
Товарное выращивание устриц		
Бух. Нарва (2013)	6300	–
Бух. Перевозная (2013–2016)	20–2591	0–414
О. Русский (северо-западное прибрежье) (2000–2007, 2011)	260–6320	1–20
О. Попова (2012–2016)	33–2100	1–60
Б. Ильмовая (2001–2002)	10–322	1–45

ния. После сбора молоди на коллекторы проводится транспортировка плотов в районы с благоприятными условиями для товарного выращивания устриц. Такой способ сбора спата применяется в хозяйствах, расположенных в бухтах Троица и Воевода.

Наши исследования показали, что наиболее точный ежегодный прогноз сроков и интенсивности оседания спата дают регулярный отбор планктонных проб и определения в них численности и стадии развития личинок. Появление в планктоне личинок в стадии оседания (размеры 300 мкм и более) свидетельствует о том, что появления спата на коллекторах следует ожидать в ближайшие 3 дня. При этом концентрация личинок в планктоне позволяет оценить ожидаемую интенсивность оседания (табл. 2).

Технологическая схема культивирования тихоокеанской устрицы рассчитана на 15–22-месячный цикл и включает три основных этапа: сбор спата, выращивание молодых устриц до товарных размеров, обработка товарных устриц проточной водой с последующим сбором урожая.

Сбор спата тихоокеанской устрицы в хозяйствах Приморья проводится с помощью коллекторов, изготовленных из перфорированных пластмассовых пластин и пластмассовых конусов с нанесенной на них смесью гашеной извести с песком в соотношении 3:1. Их площадь в 11 раз больше гребешковых пластин. Кроме этого, интенсивность оседания личинок устрицы увеличивается более чем в 8 раз на обработанные известковой смесью коллекторы. Коллекторы собираются в гирлянды длиной 2 м, оптимальный горизонт для устричных коллекторов находится в слое воды от 0,5 до 2,5 м. Коллекторы выставляются на гидробиологические технические сооружения (далее ГБТС) или на плоты. В дальнейшем, после оседания спата на коллекторы, плоты могут быть передвинуты в более благоприятные районы для доращивания устрицы до товарных размеров.

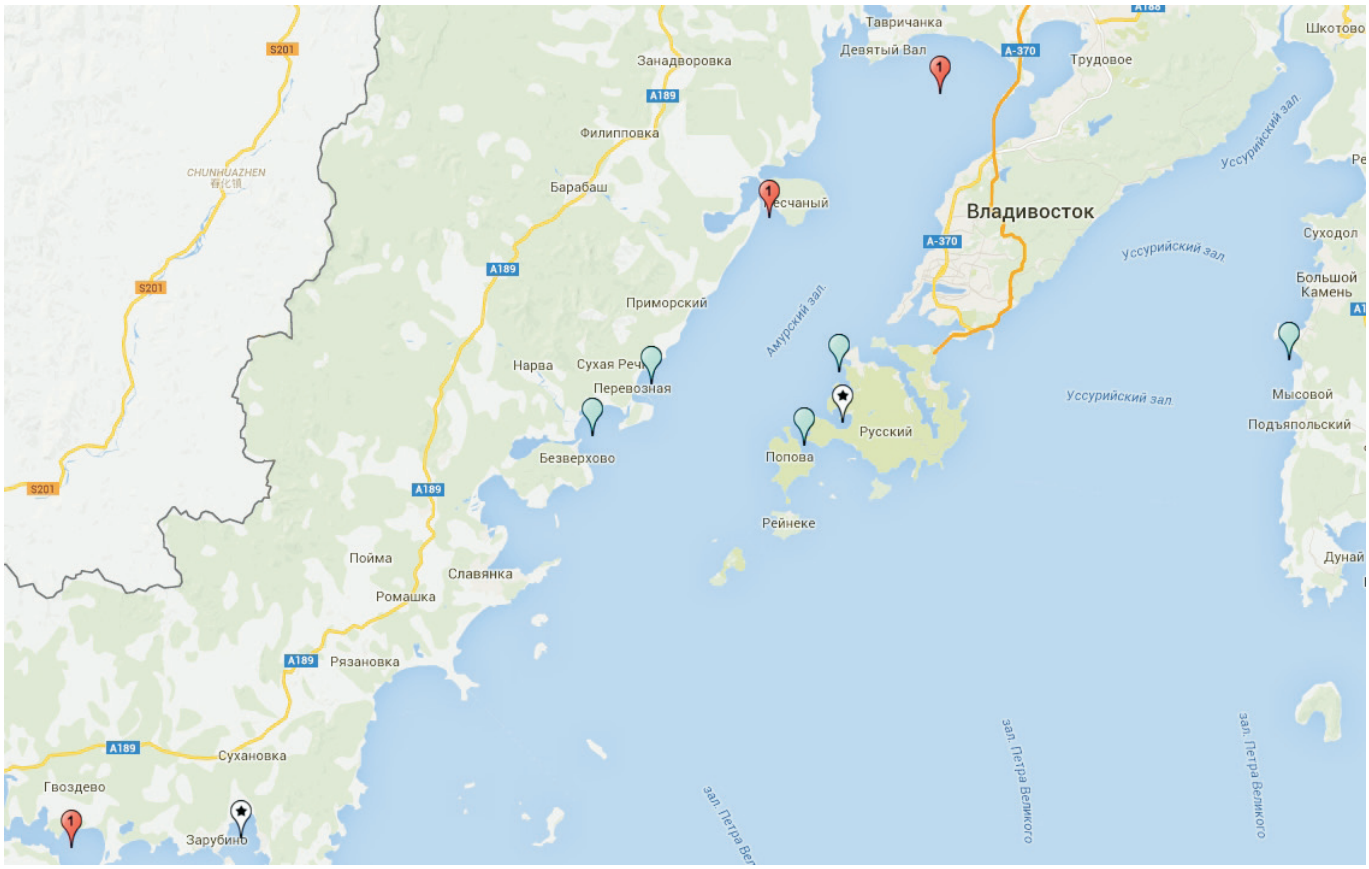


Рис. 1. Перспективные районы для культивирования тихоокеанской устрицы в прибрежье Приморья. — районы, в которых выращивают товарную устрицу; — районы, рекомендованные для сбора спата и товарного выращивания.; — районы, рекомендованные для товарного выращивания

Таблица 2. Интенсивность оседания личинок устриц в зависимости от их количества в планктоне (Инструкция.., 2011)

Количество личинок в стадии оседания, экз./м^3	Ожидаемая интенсивность оседания, экз./дм^2 сут.	Характеристика интенсивности оседания
5–20	0,5–5,0	Слабое
20–50	2,5–10,0	Умеренное
50–150	5,0–18,0	Сильное
Более 150	Более 180	Очень сильное

В конце периода сбора спата во второй половине августа, на каждом коллекторе количество осевших моллюсков должно составлять не менее 10 экз./дм^2. В октябре проводятся работы по сбору молоди с коллекторов и их отсадке, для доращивания до товарных размеров, в гребешковые садки. Спат рассаживается по 10–14 экз. на полку. Использование садков позволяет снизить смертность до 11% от спата до товарной устрицы. Также использование садков для доращивания спата до товарных размеров позволяет получить более высокий процент устриц с правильной формой раковины, в отличие от коллекторов, изготовленных из гребешковых створок.

Первые особи товарных размеров появляются в октябре через 15 мес. выращивания. В этот период доля товарной устрицы достигает 42,4%. В зависимости от района расположения плантации, сбор урожая можно проводить в октябре или в мае–июне следующего года. В том случае, когда урожай снимается осенью, отпадает необходимость второй зимовки. Товарной устрицей считаются особи с правильной формой раковины и ее размерами 8–12 см. Устрицы правильной формы имеют прочные раковины овальной формы, с глубокой нижней створкой, без больших выростов и острых краев. Моллюски с неправильной формой раковины и ее размерами 12–15 см, не подходящие к требованиям товарной продукции подлежат кулинарной обработке. Масса товарной устрицы правильной формы через 15 мес. выращивания с 1 га ГБТС в среднем соответствует 31,65 т, при этом масса мягких тканей составляет около 4,7 т. Масса товарной устрицы, подлежащей кулинарной обработке, с 1 га ГБТС п-образной формы соответствует 42,2 т, масса мягких тканей составляет около 4,2 т (Баранов и др., 2016).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ развития устрицеводства в разных странах показал, что в настоящее время заводской способ получения молоди устрицы широко распространен во многих странах мира. При этом повсеместно используется экстенсивный способ культивирования устрицы, основу которого составляет сбор спата на искусственные субстраты. Дальнейшее товарное выращивание устрицы осуществляется в толще воды, различными методами, зависимыми от естественных условий — это глубины и наличие приливно-отливных зон. На больших глубинах используются подвесные и плавающие устройства, и на небольших глубинах в приливно-отливных зонах — донные и придонные.

В настоящее время в Приморье наступил благоприятный период для воспроизводства тихоокеанской устрицы. В последние годы плотность личинок в Амурском заливе, особенно в его северной части и в районе п-ова Песчаный, в том числе и на стадии оседания, была достаточно высокой для сбора спата в промышленном масштабе. Следовательно, можно рекомендовать эти районы для сбора спата устрицы. Дальнейшее подращивание устрицы можно проводить и в тех районах, где устрица обычно встречается редко и не оседает на коллекторы. В прибрежье Приморья биотехнология культивирования тихоокеанской устрицы основана на сборе спата на коллекторы в районах естественных скоплений и дальнейшем ее выращивании в подвесных садках до товарных размеров в течение 15–22 мес. Однако районов с гарантированным сбором личинок меньше, чем районов для товарного выращивания устрицы. Это обуславливает в будущем использование заводского способа получения устрицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баранов А.Ю., Викторовская Г.И., Дзизюров В.Д. 2016. Перспективы культивирования тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в Дальневосточном регионе / Морские биологические исследования: достижения и перспективы: Сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.). Под общ. ред. А.В. Гаевской. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика. Т. 3. С. 460–463.

Викторовская Г.И., Сухин И.Ю. 2015. Современное состояние и перспективы развития марикультуры на Дальнем Востоке / Сб. науч. тр. «Междун. морск. научн. школы по искусств. разведен.». Южно-Сахалинск. С. 20–25.

Виноградов А.К. 1978. Как пополнить кладовые Нептуна? М.: Пищ. пром-сть. 208 с.

Временная инструкция по биотехнологии культивирования тихоокеанской устрицы. 1984. В.А. Раков, Л.А. Золотова. Владивосток: ТИНРО. 25 с.

Вялова О.Ю. 2009. Первые результаты выращивания триплоидной тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в Черном море // Экология моря. Вып. 79. С. 37–43.

Вялова О.Ю. 2010. Выращивание триплоидной тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в Черном море // Матер. III Междунар. конф. «Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов» (22–26 июня 2010 г., Петрозаводск). Петрозаводск. С. 26–28.

Жилякова И.Г. 2004. Промышленное разведение мидий и устриц. Донецк: Сталкер. 110 с.

Инструкция по культивированию тихоокеанской устрицы. 2011. Сост.: А.В. Кучерявенко, А.П. Жук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 27 с.

Ляшенко С.А. 2012. Отчет о командировке сотрудников лаборатории воспроизводства беспозвоночных в рамках обмена учеными рыбохозяйственных институтов на основании плана научно-технического сотрудничества в области рыбного хозяйства между Российской Федерацией (ТИНРО-Центр) и Республикой Корея (NFRDI) в Республику Корея (15–27 апреля 2012 г.). Архив ФГБНУ ТИНРО. 27 с.

Методические рекомендации по получению личинки и спата тихоокеанской устрицы, акклиматизируемой в Черном море. 1990.

Отчет ЮгНИРО. Авторы: Золотницкий А.П., Орленко А.Н. и др. Керчь. 57 с.

Орленко А.Н. 2005. Основные результаты работ по акклиматизации и культивированию гигантской устрицы *Crassostrea gigas* (Th.) в Черном море за период 1985–2004 гг. // Рыбное хозяйство Украины (спец. выпуск). Керчь: КГМТУ. № 6. С. 178–180.

Пиркова А.В., Холодов В.И, Ладыгина Л.В. 2013. Биотехника выращивания гигантской устрицы Crassostrea gigas Thunberg (Bivalvia) в Черном море // Рыбное хоз-во Украины. № 2. С. 36–42.

Раков В.А., Золотова Л.А. 1986. Многолетние изменения в динамике численности личинок тихоокеанской устрицы в заливе Посьета / Марикультура на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО. С. 48–57.

Таупек Н.Ю., Габаев Д.Д. 1999. О периоде низкого воспроизводства тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg) в Приморье / Биомониторинг и рац. использ. мор. и пресновод. гидробионтов: Тез. докл. конф. мол. ученых (Владивосток, 24–26 мая 1999 г.). С. 99–101.

Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. 2010. Выращивание мидий и устриц в Черном море / Под. ред. В.Н. Еремеева. Нац. академия наук Украины, Ин-т биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. Севастополь. 424 с.

Cultured Aquatic Species Information Programme – *Crassostrea giga, http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/en.*

Mallet Andre, Doiron Sylvio. 2009. Evaluation of growth of oysters reared using glued and floating bag methods / Évaluation de la croissance des huîtres collées et en poches flottantes: Докл. [26 Annual Meeting – Aquaculture Association of Canada, Nanaimo, 2009] // Spec. Publ. Aquacult. Assoc. Can. № 15. С. 87.

Liu Qingyu. 1994. О результатах выращивания тихоокеанской устрицы в заливе Бохай // Shuichan kexue = Fish. Sci. 13, № 3. С. 27–29.

Guo Ximing, Zhang Guofan, Qian Lumin, Wang Haiyan, Liu Xiao, Wang Aimin. 2006. Oysters and oyster farming in China: a review / The Journal of Shellfish Research (formerly Proceedings of the National Shellfisheries Association) is the official publication of the National Shellfisheries Association. Res. 25:734.

http://www.fao.org/fishery/statistics/en, 2015.

Shellfish culture. 2008. The project for capacity building for shellfish farming in Tunisia // South see mariculture research center, NFDI

Seki Tetsuo. 1992. A better method for oyster farming in Japan: [Pap.] 18th US-Jap. Meet. Aquacult. “Mar. Ranching”, Port Ludlow, Wash., 18–19 Sept. 1989 // NOAA Techn. Rept NMFS. № 106. С. 85–87.

Sui Xilin. 1996. Изучение смертности культивируемой на плотах *Crassostrea gigas* в Даляне // Shuichan kexue = Fish. Sci. 15. № 5. С. 3–7.

Wang Xubo. 2016. Evaluation of mass selective breeding lines of blackshell and whiteshell Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) for fast growth, Journal of Fishery Sciences of China. V. 23. No 5.

Wang Zhi-song, Sun Jingwei, Liu Zhongying, Li Dacheng, Wang Jun, Wang Xiaoyue, Sui Xilin, Liu Lu. 2000. Рост двухлетних тихоокеанских устриц *Crassostrea gigas* // Shuichan kexue = Fish. Sci. 19. № 6. С. 17–18.

УДК 639.55.043.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДБОРА КОМПОНЕНТОВ КОРМОВ ДЛЯ МОЛОДИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА, ВЫРАЩИВАЕМОЙ В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Н.Д. Мокрецова, И.А. Кадникова, Е.А. Евсеева*

Вед. н. с., к. б. н.; вед. н. с., д. т. н.; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Тел., факс: (423) 240-08-33
E-mail: mokretsova@tinro.ru, kadnikova@tinro.ru
**Исп. директор, приморский ЭМ-центр*
690091, Владивосток, ул. Мордовцева, 8Д
Тел./факс: (423) 220-58-64.
E-mail: em-center@em-dv.ru

КОРМ, МОЛОДЬ ТРЕПАНГА, ЭМ-ВИТА, ФЕРМЕНТИРОВАННЫЕ ОТРУБИ, ПРИРОСТ

Представлены результаты по подбору альтернативных компонентов кормов, производство которых осуществляется в промышленных масштабах. Установлено, что ферментированные отруби могут использоваться в качестве альтернативы рыбной муки. Предварительные данные по использованию ЭМ-Вита для обработки *Saccharina japonica* дают основание для продолжения исследований в этом направлении.

RESULTS OF SELECTION OF FOOD COMPONENTS FOR REARING OF JUVENILE SEA CUCUMBER IN ARTIFICIAL CONDITIONS

N.D. Mokretsova, I.A. Kadnikova, E.A. Evseeva*

Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Leading Scientist, Dr. Sc. (Engineering); Pacific Research Fisheries Center
690091, Vladivostok, Shevchenko Alley, 4
Tel., fax: (423) 240-08-33
E-mail: mokretsova@tinro.ru, kadnikova@tinro.ru
**Executive Director, Primorsky EM-center*
690091, Vladivostok, Mordovtseva Str., 8D
Tel., fax: (423) 220-58-64.
E-mail: em-center@em-dv.ru

FOOD, JUVENILE SEA CUCUMBER, EM-VITA, FERMENTED BRAN, GROWTH

Results of selection of the components of alternative food, which have been produced in commercial scale, are demonstrated. It is figured out, that fermented bran can be used as an alternative to fish flour. Preliminary data on the use of EM-Vita for treatment of *Saccharina japonica* provide basis to develop researches in this direction.

В настоящее время на предприятиях Приморья заводское выращивание жизнестойкой молоди трепанга, из-за отсутствия отечественных кормов, осуществляется с использованием кормов, закупаемых в Китае.

В последние годы ТИНРО-Центр активно занимается разработкой стартовых, продукционных и универсальных кормов. Основная цель проводимых в этом направлении исследований заключается в разработке эффективных кормов, обеспечивающих высокие показатели роста и выживаемости молоди, доступных по компонентному составу и себестоимости производства. При этом особое внимание уделяется белковой составляющей источников (компонентов) рецептур, поскольку белки являются наиболее биологически ценными компонентами корма на этапе активного роста животных. Основными источниками белков растительного происхождения в рецептурах являются морские водоросли и травы, соя; животного — мягкие ткани отходов переработки моллюсков и рыбная мука.

Всего за истекший период разработано и испытано порядка 20 вариантов рецептур кормов, что вполне объяснимо, поскольку работа была поисковой. Экспериментально было показано, что большая часть разработанных кормов обеспечивает увеличение массы животных в 1,5–3 раза от исходной и 100%-ю

выживаемость. Однако, несмотря на эффективность значительной части разработанных кормов для роста и выживаемости молоди, в настоящее время проводятся исследования по подбору компонентов, альтернативных по пищевой ценности ранее применяемым. Проведение этих работ связано с расширением возможности использовать доступные по наличию компоненты, производство которых осуществляется в промышленных масштабах. Кроме того, не исключается, что использование таких компонентов позволит снизить себестоимость производства кормов для молоди.

Исследования, связанные с разработкой кормов и оценкой их эффективности, осуществлялись с молодью трепанга массой от 40 до 50 мг, на базе цеха НПЦМ «Заповедное», расположенного на побережье бух. Киевка (Приморский край, Японское море). Для этой цели были разработаны и апробированы рецептуры кормов на основе зостеры морской и сахарины японской с использованием ферментированных отрубей и препарата ЭМ-Вита.

В состав одного образца корма на основе зостеры в качестве альтернативы рыбной муки вводили отруби, ферментированные эффективными микроорганизмами (ТУ 9291-007-80909463-2014), где содержание белка составляет 18,4%. Данный компонент использовался в качестве дополнительного поставщика белка. Доля отрубей в корме составляла 5% от общей массы корма. Другой образец корма на основе зостеры обрабатывали кормовой добавкой ЭМ-Вита, состоящей из штаммов молочнокислых бактерий, дрожжей, патоки и воды (СТО 88266042-0001-2010). Раствор ЭМ-Вита для обработки корма готовили из расчета: 1 мл ЭМ-Вита растворяли в 1000 мл воды. Затем корм заливали раствором с гидромодулем 1:15 (корм:вода) и выдерживали при температуре 35 ºС 24 ч. Препарат ЭМ-Вита использовали для повышения усвояемости корма.

Другим направлением исследований было использование добавки ЭМ-Вита для обработки водорослей, в частности сахарины. Для этого 4–5 мл препарата ЭМ-Вита растворяли в 100 мл воды, заливали 10 г предварительно измельченной сахарины, гидромодуль 1:10. Смесь выдерживали при температуре 40 ºС в течение 8 ч.

Биологические испытания проводили с соблюдением нормативов, изложенных в «Инструкции по технологии получения жизнестойкой молоди трепанга в заводских условиях» (2011). Контролем служил корм на основе зостеры, приготовленный по ТУ 9283-369-00472012-2015. Корм содержит порошок створок морских моллюсков с добавлением листьев элеутерококка, соевого мяса, отходов мягких тканей моллюсков, рыбной муки. Экспозиция биологических испытаний составляла 20 суток.

Анализ полученных результатов показал, что при замене рыбной муки в корме (основным компонентом которого была зостера) ферментированными отрубями, увеличения доли белка не наблюдалось. Содержание белка в корме находилось практически на одном уровне с контролем: 16,5 и 17,3% соответственно. Среднесуточный прирост молоди в экспериментальном корме № 2 был незначительно выше, чем в контроле — в 1,2 раза. Выживаемость молоди не отличалась от контроля и составила 100%.

При обработке корма на основе зостеры препаратом ЭМ-Вита происходит увеличение доли белка в нем в 1,5 раза по сравнению с контролем: 25,7% и 17,3% соответственно. Увеличение белка в корме № 1 после обработки повышает показатель среднесуточного прироста молоди в 1,5 раза по сравнению с контролем. Выживаемость молоди была 100%.

Использование натуральной сахарины японской в кормах обеспечивает самый низкий прирост молоди трепанга по сравнению с саргассумом, цистозирой, анфельцией, зостерой (Кадникова и др., 2014, 2015). Поэтому параллельно с обработкой кормов на основе зостеры проводили эксперименты по обработке сахарины. Анализ данных показал, что содержание белка в кормах № 3, 4 увеличивается до 22% при использовании в нем сахарины, обработанной ЭМ-Вита. При кормлении молоди трепанга кормом № 3 на основе обработанной сахарины показатель прироста молоди был на уровне контроля. Среднесуточный прирост молоди трепанга при кормлении на основе сахарины, проваренной и обработанной препаратом ЭМ–Вита (корм № 4), составил 3,5 мг, что несколько выше контроля (2,9 мг). Выживаемость молоди была равной 100%.

На основании полученных результатов можно сделать заключение, что ферментированные отруби могут использоваться в качестве альтернативы рыбной муки в корме на основе зостеры. Обработка корма на основе зостеры препаратом ЭМ-Вита увеличивает долю белка в нем. Изменение в содержании белка в корме приводит к увеличению показателя среднесуточного прироста. Полученные предварительные данные по использованию ЭМ-Вита для обработки сахарины японской дают основание для продолжения исследований в этом направлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кадникова И.А., Аминина Н.М., Мокрецова Н.Д. 2014. Использование *Laminaria (Saccharina*) *japonica* в составе кормов для молоди трепанга, полученной в искусственных условиях // Рыбоводство и рыбное хозяйство. № 9. С. 41–48.

Кадникова И.А., Аминина Н.М., Мокрецова Н.Д., Рогов А.М. 2015. Применение разных видов водорослей в составе кормов для молоди трепанга // Вестник АГТУ. № 4. С. 62–68.

Инструкция по технологии получения жизнестойкой молоди трепанга в заводских условиях. 2011. Владивосток: ТИНРО-Центр. 104 с.

СТО 88266042-0001-2010. 2010. Кормовая добавка для животных «ЭМ-ВИТА». 15 с.

ТУ 9201-007-80909463-2014. 2014. Удобрение органическое универсальное «ОФЭМ». 17 с.

ТУ 9283-369-00472012-2015. 2015. Комбикорм на основе зостеры для молоди трепанга. 14 с.

УДК 639.2.03

ОПЫТ ИСКУССТВЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ ЧУКУЧАНА *CATOSTOMUS CATOSTOMUS ROSTRATUS* (TILESIUS, 1814) Р. КОЛЫМА

Ю.Н. Чекалдин, С.И. Чебыкин, А.А. Смирнов*

И. о. начальника; ведущий рыбовод; Охотскрыбвод
685000, Магадан, Портовая, 13
Тел.: 8 908 227 7390. E-mail: magchek@mail.ru
**Проф., д. б. н.; Северо-Восточный государственный университет*
685000, Магадан, Портовая, 13
Тел.: 8 914 853 7119. E-mail: andrsmir@mail.ru

ЧУКУЧАН, КОЛЫМА, НЕРЕСТ, ТЕМПЕРАТУРА, САМКИ, ИНКУБАЦИЯ

На реке Колыме в пределах Магаданской области образованы Колымское и Усть-Среднеканское водохранилища. Образование водохранилищ значительно влияет на условия обитания и воспроизводства рыб, вызывая снижение их численности. Одним из массовых видов р. Колымы является чукучан, который может быть перспективным объектом для искусственного разведения. Его нерест происходит в первой декаде июня при температуре воды 11–12 ºС. По данным 1994 г., при искусственной инкубации выклев происходит на 13-е сутки при 143–159 градусоднях. Эмбриональное развитие — за 14 дней при 160 градусоднях. Переход к активному питанию происходит через 12 дней после выклева.

EXPERIENCE OF ARTIFICIAL REARING OF CHUKUCHAN *CATOSTOMUS CATOSTOMUS ROSTRATUS* (TILESIUS, 1814) OF KOLYMA RIVER

Yu.N. Chekaldin, S.I. Chebykin, A.A. Smirnov*

Deputu Chief, Leading fish breeder; Okhotskrybvod
685000, Magadan, Portovaya, 13
Tel.: 8 908 227 7390. E-mail: magchek@mail.ru
**Professor, Dr. Sc. (Biology); North-Eastern State University;*
685000, Magadan, Portovaya, 13
Tel.: 8 914 853 7119. E-mail: andrsmir@mail.ru

CHUKUCHAN, KOLYMA, SPAWNING, TEMPERATURE, FEMALES, INCUBATION

The Kolymskoye and Ust-Srednekanskoye reservoirs were constructed in the Magadan Region on the Kolyma. The reservoirs brougt extensive negative effects for local fish fauna and condition of the fish reproduction habitats, resulted in stock abundance decline. Chukuchan is one of the mass species of the Kolyma, and it can be promising for artificial rearing. It spawns in the first decade of June, when the water temperature is 11–12 °C. According to the data for 1994, the emergence after artificial incubation takes place on the 13 day, and the development requires 143–159 degree-days. Embryonic development occurs within 14 days at 160 degrees. The change to active feeding takes place in 12 days since the emergence.

На реке Колыме в пределах Магаданской области в настоящее время построены две гидроэлектростанции (ГЭС) и образованы Колымское и Усть-Среднеканское водохранилища. Известно, что образование водохранилищ приводит к зарегулированию стока рек и значительно влияет на условия обитания и воспроизводства рыб (Гетманенко и др., 2010), часто вызывая снижение их численности в водоемах.

Ввиду этого необходимо проведение мероприятий по компенсации ущерба от строительства ГЭС посредством искусственного воспроизводства водных биоресурсов.

В Магаданской области одним из перспективных объектов компенсационных мероприятий, а также промысла и товарной аквакультуры, является сибирский чукучан (Чекалдин, Смирнов, 2017).

Основной ареал распространения чукучана находится в реках Северной Америки. В России этот вид встречается в бассейнах рек Индигирка и Колыма, где представлен сибирским чукучаном *Catostomus catostomus rostratus* (Tilesius, 1814) (Черешнев и др., 2001).

Известно (Новиков, 1966; Кириллов, 1972; Кириллов, 2002), что сибирский чукучан относится к среднеразмерным видам рыб, предельная длина которого в реках Северо-Востока России достигает 60 см, масса тела — 2,5 кг, а продолжительность жизни доходит до 13 лет. Доля самок в среднем составляет около 50%. В водоемах Северной Америки он несколько крупнее, его максимальные показатели составляют соответственно 64,3 см и 3,3 кг. Созревает сибирский чукучан на 4–8 году жизни, причем более мелкие самцы — на год раньше, чем самки. Нерестовая миграция половозрелых особей к местам нереста начинается в период ледохода, а сам процесс икрометания проходит во время и после весеннего половодья (конец мая – начало июня) на участках с быстрым течением и галечно-песчаным грунтом. Нерестится чукучан как в самой Колыме, так и в притоках, по которым он может подниматься довольно высоко (Чекалдин, Смирнов, 2017).

Опытные работы по перспективе использования сибирского чукучана в качестве объекта искусственного воспроизводства осуществлялись лабораторией рыболовства ГосНИОРХ в 1977–1978 гг. Было организовано две экспедиции на р. Колыму для изучения биологических особенностей и рыбохозяйственных качеств чукучана. В 1977 г. в верховьях Колымы собран материал для изучения размерно-возрастного состава, питания и других биологических особенностей чукучана. Проводился отлов производителей и выдерживание их в садках. На ЦЭС ГосНИОРХ «Ропша» было доставлено несколько экземпляров. В 1978 г. работы проводились в верхнем и среднем течении р. Колымы. На р. Березовке (правый приток Колымы) были обнаружены нерестилища чукучана, где взяли икру для рыбоводных целей. Она была без отходов перевезена в Ленинград. Одновременно было доставлено 40 производителей чукучана (самки и самцы) для наблюдения за их созреванием в заводских условиях (Величко и др., 1979).

Цель настоящей работы — получение данных об особенностях нереста, эмбриональном развитии и отработка методики искусственного разведения сибирского чукучана в условиях Магаданской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В 1994 г. сотрудниками управления «Охотскрыбвод», с 1 по 30 июня, проводили практические работы по отработке методов и способов искусственного разведения сибирского чукучана. Была сделана попытка обобщить и дополнить данные об особенностях нереста, эмбриональном развитии и личиночных стадиях чукучана. Весь полученный материал фиксировался. Производителей чукучана отлавливали с помощью стандартных сетей ячеей 36–50 мм, длиной 22–25 м и русловыми ловушками. Участок р. Колымы, где проводился отлов производителей чукучана, находится в ее среднем течении в 230 км ниже п. Сеймчан. В районе отлова (местное название «Сугойский кривун») в р. Колыму впадают два крупных притока, р. Нагаин и р. Сугой, а в 30 км выше по течению впадает р. Балыгычан. Местность, где находится участок, имеет горный характер. Скорость течения на участке имеет различные значения. В районе «Сугойского кривуна» р. Колыма протекает одним руслом, а на входе и выходе имеет от двух до четырех протоков. Во время работ наблюдалось значительное колебание температуры воздуха, как следствие, происходило понижение температуры воды во второй декаде июня на 5 ºС относительно первых чисел июня (с 12 до 7,2 ºС).

Отбор половых продуктов проводился двумя партиями. Первая партия икры была получена от производителей, которых раздельно выдерживали в плавучих садках из неводной дели. Размер садков: 1,5×1,5×1,2 м.

Садки были установлены в непроточном затоне в 200 м от основного места лова. Берег затона — наносной песчаный, дно покрыто мягкой водной растительностью. Глубина затона — до 2,5 м. Наблюдалась значительная разница температуры воды на различных глубинах. Верхние 1,5 м прогревались до 1–12 ºС, а температура нижних слоев не превышала 7 ºС. Производителей выдерживали 12 дней при температуре от 10 до 15 ºС.

Оплодотворение осуществлялось «сухим» способом. При отмывке икры применялся следующий состав: 100 грамм талька, 10 грамм поваренной соли и 10 литров воды. Время промывки — 30 минут. Оплодотворенную икру инкубировали на рамках, обтянутых газом, в бассейне ИЦА-2. Выдерживание личинок производилось в плавучей рамке размером 0,5×0,5×0,2 м. Зарисовка икры осуществлялась боковым микроскопированием. На стадиях подвижного эмбриона и личиночных этапах для обездвиживания применялся раствор спирта. Материал по личинкам фиксировался в растворе формалина. При сборе и обработке данных применялись общепринятые методики (Плохинский, 1961; Правдин, 1966).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За период выдерживания чукучана в садках лишь одна из 18 самок достигла 5-й, «текучей» стадии зрелости. Остальные самки, не переходя в 5-ю стадию, резорбировали икру.

Вторая партия икры была получена непосредственно на месте лова, в сетях. Как в первом, так и во втором случаях при оплодотворении было применено соотношение полов 1:1. Температура воды при отборе икры была 12 ºС (табл. 1, 2).

Процент оплодотворения для первой партии составил 18%, для второй — 59%. Объем эякулята от одного самца составил 5 мл, цвет эякулята — белый с желтым оттенком, консистенция густых сливок (табл. 3).

Оплодотворенную икру инкубировали на рамках, обтянутых газом. Рамки с икрой свободно плавали по поверхности бассейна ИЦА-2. Расход воды в бассейне составил 3 л/мин. Температура в бассейне незначительно отличалась от температуры в реке. Выклев произошел на 13-е сутки при 143–159 градусоднях (далее — гр.дн.). Наиболее критические стадии наблюдались при 48 гр.дн. (начало гаструляции) и при 94 гр.дн. (начало обособления хвостового отдела). Общий процент икры, погибшей при инкубации, составил около 70%.

Выклев произошел на 13–14-е сутки при 160 гр.дн. Выдерживание личинок проводилось в плавучей рамке размером 0,5×0,5×0,2 м. Расход воды был увеличен до 8 л/мин. Выдерживание производилось 12 суток до перехода личинки на активное питание. На стадиях подвижного эмбриона и личиночных этапах для обездвиживания применялся раствор спирта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Места массового нереста чукучана расположены в притоках первого порядка в среднем и верхнем течении реки Колымы. Небольшая часть чукучана нерестится в реке Колыме. Нерест происходит в первой декаде июня при температуре воды 11–12 ºС. Эмбриональное развитие чукучана происходит за 14 дней (160 гр.дн.). Переход к активному питанию наблюдается через 12 дней после выклева. Чукучан является перспективным объектом для искусственного разведения. Необходимо продолжить изучение биологии, эмбрионального, личиночного, малькового этапов развития чукучана.

Таблица 1. Температура воды при отлове и выдерживании производителей, июнь 1994 г.

Дата	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура в р. Колыме, ºС	8,7	9,8	11	12	13	14	12	11,2	10,4	7,2	7,5
Температура в садке, ºС	10,0	13,4	13,5	12,2	15,1	15,2	9,6	9,1	6,5	7,2	8,0

Таблица 2. Температура воды при инкубации икры и выдерживании личинок, июнь 1994 г.

Дата	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Температура, ºС	12,0	15,1	13,2	11,5	12,0	9,3	8,5	9,0	9,8	10,0	12,0	10,5	12,0

Дата	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Температура, ºС	12,0	13,0	14,1	15,0	15,2	13,5	12,5	13,0	14,2	15,1	15,0	15,0	14,0

Таблица 3. Характеристика половых продуктов чукучана, 1994 г.

Показатели	Ед. изм.	Количество
Икра		
Диаметр неоводненной икры	мм	1,9–2,1
Диаметр оплодотворенной икры	мм	3
Объем, $V_{ик}$	$см^3$	0,113
Объем желтка, $V_ж$	$см^3$	0,034
Отношение объемов, $V_{ик}/V_ж$		2,296
Цвет		Серый, матовый, без крупных жировых капель
Молоки		
Цвет		Белый с желтым оттенком
Консистенция		Густых сливок
Объем эякулята от одного самца	мл	5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Величко А.М., Волошенко Б.Б., Буланов Д.П., Салазкин А.А. 1979. Результаты сбора и перевозки икры колымского чукучана и выращивания его сеголетков в Ленинградской области. Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. Вып. 147. С. 47–52.

Гетманенко В.А., Губанов Е.П., Изергин Л.В. 2010. Оценка влияния зарегулирования рек на сохранение и воспроизводство ресурсов Азовского моря // Тр. Южного науч.-исслед. ин-та рыбн. хоз-ва и океаногр. Керчь. Т. 48. С. 52–58.

Кириллов Ф.Н. 1972. Рыбы Якутии. М.: Наука. 360 с.

Кириллов А.Ф. 2002. Промысловые рыбы Якутии. М.: Научный мир. 194 с.

Новиков А.С. 1966. Рыбы реки Колымы. М.: Наука. 135 с.

Плохинский Н.А. 1961. Биометрия. Новосибирск: АН СССР. 362 с.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть. 374 с.

Черешнев И.А., Шестаков А.В., Скопец М.Б. 2001. Определитель пресноводных рыб Северо-Востока России. Владивосток. Дальнаука. 129 с.

Чекалдин Ю.Н., Смирнов А.А. 2017. Некоторые данные по экологии и биологическим показателям чукучана (*Catostomus catostomus rostratus* (Tilesius)) верхнего и среднего течения реки Колымы // Рыбное хозяйство. № 1. С. 33–37.

УДК 639.3.03

ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО РЫБ В ЕНИСЕЙСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ РАЙОНЕ

Е.В. Дербинева (Иванова)

Н. с., к. б. н.; ФГБНУ «Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоемов»
660097, Красноярск, а/я 17292
Тел., факс: (391) 227-23-48. E-mail: nii_erv@mail.ru, ivelva@list.ru

ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО, ЕНИСЕЙСКИЙ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ РАЙОН, ОБЪЕКТЫ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА, ОБЪЕМЫ ВЫПУСКА

В работе проанализировано состояние искусственного воспроизводства в Енисейском рыбохозяйственном районе. Приведены основные поставщики молоди объектов искусственного воспроизводства и показатели объемов выпуска за последний пятилетний период. Показано, что выпуск молоди в компенсационных целях осуществляется по десяти ценным в рыбохозяйственном отношении для региона видам рыб из 15 рекомендованных, что, в свою очередь, способствует сохранению биологического разнообразия. Предложены варианты решений, способствующих развитию воспроизводственного комплекса в регионе.

ARTIFICIAL REPRODUCTION OF FISH IN THE YENISEY FISHERY AREA

E.V. Derbineva (Ivanova)

Researcher, Ph. D. (Biology); FSBSE "Scientific Research Institute of Ecology of Fishery Reservoirs"
660097, Krasnoyarsk, a/я 17292
Tel., fax: (391) 227-23-48. E-mail: nii_erv@mail.ru, ivelva@list.ru

ARTIFICIAL REPRODUCTION, YENISEY FISH INDUSTRY REGION, OBJECTS OF ARTIFICIAL REPRODUCTION, RESEALSE VALUES

The article provides analysis of the state of artificial reproduction of fish in the Yenisey fishery area. Principal donors to obtain new generations on the objects of artificial reproduction and data about releases for the last five years are given. Compensatory releases of juvenile fish of 10 valuable for the region fishery species among 15 recommended and their role in conservation of fish biodiversity are described. Variants of decisions helping to develop the reproduction complex in the region are proposed.

Енисейский рыбохозяйственный район занимает около 15% (2,5 млн км^2) площади Российской Федерации и включает в себя: моря Карское и Лаптевых с заливами, впадающими в них реками; реки Енисей, Пясина, Таймыра, Хатанга, Вилюй (бассейн реки Лена), Обь (Чулым и Кеть) с притоками, заливами, рукавами, протоками, водохранилищами, озерами; а также акватории других водных объектов рыбохозяйственного значения, расположенные на территориях Республики Тыва, Республики Хакасия и Красноярского края. Большинство рыбохозяйственных водных объектов на всей его территории в настоящее время подвержено мощному антропогенному воздействию. Добыча и транспортировка углеводородов, интенсивное гидростроительство (создание каскадов гидроэлектростанций на основных магистральных водотоках — реках Енисей и Ангара), загрязнение водных объектов промышленными и бытовыми стоками и иная хозяйственная деятельность, несанкционированный вылов водных биоресурсов — приводят к сокращению запасов и снижению естественного воспроизводства представителей аборигенной ихтиофауны (Космаков и др., 2011; Заделенов, Шадрин, 2015; Соромотин, 2010). Восполнение биологических ресурсов в сложившихся условиях только за счет естественного воспроизводства становится уже невозможным.

Мероприятия по искусственному воспроизводству водных биоресурсов на территории Енисейского рыбохозяйственного района проводятся Енисейским филиалом ФГБУ «Главрыбвод», в состав которого входят структурные подразделения: Норильский рыбоводно-инкубационный завод (Норильск, Красноярский край) и Белоярский рыбоводный завод (пос. Изыхские Копи, Республика

Хакасия). Выпуск молоди рыб искусственного воспроизводства осуществляется в водные объекты Норило-Пясинской озерно-речной системы и бассейна р. Енисей, в том числе в Красноярское водохранилище. Помимо вышеперечисленных государственных учреждений, в собственности Красноярского края находится ремонтно-маточное стадо осетровых рыб. Под контролем Министерства природных ресурсов и экологии Красноярского края ежегодно выпускается подращенная молодь осетровых в р. Енисей и с 2015 г. — в правобережный приток р. Енисей (р. Мана).

Помимо государственных учреждений, группа компаний ООО «Малтат» с 2013 г. запустила 1-ю очередь рыбоводного завода, расположенного в Балахтинском районе Красноярского края вблизи Красноярского водохранилища. Построенный завод работает по технологии замкнутого водоснабжения. Выпуск объектов искусственного воспроизводства осуществляется в пределах бассейна р. Енисей.

Следует отметить, что с 2009 г. в регионе ежегодно проводятся работы по воспроизводству рыб в условиях временных рыбоводных комплексов, обустраиваемых непосредственно на водотоках (Заделенов и др., 2010; Шадрин, Иванова, 2012). Мероприятия осуществляются Енисейским филиалом ФГБУ «Главрыбвод» и ФГБНУ «НИИЭРВ». Подращенную молодь тайменя, ленка, хариуса выпускают в р. Енисей и его правобережные притоки.

Согласно официальным сведениям, предоставленным Енисейским территориальным управлением Росрыболовства по объемам выпуска молоди и личинок рыб в Енисейском рыбохозяйственном районе, за последние пять лет (с 2012 по 2016 гг.) выпущено около 29 млн шт. молоди. В среднем ежегодно выпускается 5,8 млн шт. Лидирующие позиции по выпуску искусственно выращенной молоди занимают осетровые (осетр, стерлядь) и хариус. К объектам искусственного воспроизводства также относятся таймень, ленок, пелядь, сиг, голец, щука, сазан. Выпуск сазана прекращен с 2014 г., а выпуск молоди пеляди, после непродолжительного 5-летнего перерыва, возобновлен с 2015 г. В настоящее время проводится в основном выпуск подращенной молоди.

Исходя из современного состояния популяций различных видов рыб в Енисейском рыбохозяйственном районе, рекомендованные ежегодные объемы вселения молоди рыб по предварительной оценке на 2017 г. составляют около 400 млн экз. (Рекомендации ФГБНУ «НИИЭРВ» по предельно допустимым объемам выпуска молоди водных биологических ресурсов). Фактические объемы выпуска не превышают 5% от необходимых объемов искусственного воспроизводства рыб в регионе. В основном низкие объемы воспроизводства обусловлены сложным материально-техническим положением заводов, а в случае с временными комплексами — их низкой рыбоводной мощностью и сезонностью выполняемых работ.

Для целей искусственного воспроизводства разработан рейтинговый список видов рыб, учитывающий специфику рыбохозяйственного бассейна. Его применение позволяет наиболее рационально подходить к вопросам проведения мероприятий по искусственному воспроизводству. Подобные мероприятия рекомендуется осуществлять в первую очередь в отношении тех видов водных биоресурсов и в те водные объекты, которые наиболее подвержены антропогенному воздействию. В этот список вошли 15 видов рыб. Первые места по приоритетности, в зависимости от водного объекта, занимают осетр сибирский, ленок, стерлядь, таймень, нельма, сиг. Следует отметить, что для двух видов не разработаны биотехнические нормативы. Разработка биотехнических показателей требуется для чира (пресноводная форма) и популяции валька бассейна р. Тубы (занесена в Красные книги Красноярского края, Республики Хакасия).

Важными составляющими успешного осуществления мероприятий по искусственному воспроизводству является изучение современного состояния водных объектов и оценка их приемной емкости. Получение фактических данных по приемной емкости с учетом комплексного и системного подходов к управлению позволяет восстанавливать запасы водных биологически ресурсов в тех водных объектах, где это действительно необходимо.

Резюмируя вышесказанное, улучшение состояния искусственного воспроизводства в Енисейском рыбохозяйственном возможно при реализации следующих направлений: увеличения объемов финансирования государственных учреждений, занимающихся воспроизводством водных биоресурсов с целью оснащения их современным оборудованием, и как следствие, увеличение объемов производств; переориентирование существующих рыбоводных предприятий на воспроизводство приоритетных видов рыб, в соответствии с географическим положением; создание (строительство) рыбоводного завода в бассейне Енисея, который должен быть привязан к урбанизированным территориям (наличие инфраструктуры, обслуживающего персонала и т. д.); проведение работ по оценке приемной емкости; усиление мер по охране и защите водных ресурсов (в том числе и пропаганда бережного отношения и сохранения водных биоресурсов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Заделенов В.А., Белов М.А., Будин Ю.В., Иванова Е.В., Лешта С.С., Мельников И.И., Кривцов М.И, Курбатский А.А., Перепелин Ю.В., Шадрин Е.Н., Швингер В. 2010. К воспроизводству весенне-нерестующих лососевидных рыб в бассейне р. Енисей // Современное состояние водных биоресурсов: Матер. II Междунар. конф. Новосибирск. С. 240–243.

Заделенов В.А., Шадрин Е.Н. 2015. Любительское и спортивное рыболовство в Енисейском рыбохозяйственном районе // Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов. Сб. матер. Всерос. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. И.И. Куренкова (7–9 октября 2015 г., Петропавловск-Камчатский). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 227–232.

Космаков И.В., Петров В.М., Заделенов В.А. 2011. Воздействие изменения ледового режима Енисея ниже плотины Красноярской ГЭС на ихтиофауну реки // Геориск. № 1. С. 32–36.

Соромотин А.В. 2010. Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири. Тюмень: Тюменский гос. ун-т. 320 с.

Шадрин Е.Н., Иванова Е.В. 2012. Искусственное воспроизводство хариуса сибирского *Thymallus arcticus* (Pallas, 1776) в условиях временных рыбоводных комплексов, установленных на реках Енисей и Мана // Рыбное хозяйство. № 5. С. 83–88.

ISBN 978-5-902210-51-1

Сборник научных трудов

ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РОССИИ: СОСТОЯНИЕ, МОНИТОРИНГ, УПРАВЛЕНИЕ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (3–6 октября 2017 г., Петропавловск-Камчатский)

Главный редактор Ю.П. Дьяков
Ответственный редактор Т.В. Борисова
Ответственный секретарь М.В. Варкентин
Перевод на английский А.А. Шурыгина
Корректор Т.В. Борисова

Дата подписания к использованию 03.10.2017

Научное электронное издание сетевого распространения

Издатель:
Камчатский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии
683000 Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18
Тел./факс: (4152) 41-27-01
E-mail: kamniro@kamniro.ru, pressa@kamniro.ru