Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
I Всероссийской научной конференции, посвященной
100-летию со дня рождения Игоря Ивановича Куренкова
(7–9 октября 2015 г., Петропавловск-Камчатский)

Камчатский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии
Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography

Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
I Всероссийской научной конференции, посвященной
100-летию со дня рождения Игоря Ивановича Куренкова
(7–9 октября 2015 г., Петропавловск-Камчатский)

Научное электронное издание комбинированного распространения

УДК 574.5(28)
ББК 28.69+47.2
С56

С56 **Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов.** Сборник материалов I Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Ивановича Куренкова (7–9 октября 2015 г., г. Петропавловск-Камчатский), 37 Мб, Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2015. — 235 с. — Научное электронное издательство комбинированного распространения: 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). — Систем. требования: Intel; Microsoft Windows (XP, Vista, Windows 7,8, Mac OS); дисковод CD-ROM, 256 Мб ОЗУ; разрешение экрана не ниже 1024x768; PDF Reader, мышь.
URL: http://www.kamniro.ru/files/KamchatNIRO2015.pdf

ISBN 978-5-902210-45-0

Сборник трудов I Всероссийской научной конференции «Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов», посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Ивановича Куренкова, содержит материалы по следующим основным направлениям: методы изучения внутренних водоемов; результаты применения методов прямого учета численности и математического моделирования в исследованиях пресноводных биоресурсов; условия обитания гидробионтов в экосистемах внутренних водоемов: гидрология, гидрохимия и геоморфология; сезонная и многолетняя динамика функционирования сообществ внутренних водоемов; биоразнообразие и продуктивность экосистем внутренних водоемов; антропогенное воздействие и проблемы сохранения экосистем внутренних водоемов; рыбохозяйственное использование внутренних водоемов для целей промышленного и любительского (спортивного) рыболовства, акклиматизации и аквакультуры. Материалы будут интересны специалистам различных направлений биологической науки, а также студентам профильных вузов, работникам рыбохозяйственных организаций и всем, кто связан с освоением, охраной и воспроизводством биологических ресурсов.

УДК 574.5(28)
ББК 28.69+47.2

Редакционная коллегия:

Главный редактор: Светлана Леонидовна Рудакова, к.б.н., зам. директора КамчатНИРО
Члены редколлегии: Алексей Михайлович Токранов, д.б.н., директор КФ ТИГ ДВО РАН
Виталий Дмитриевич Никитин, к.б.н., зам. начальника отдела СахНИРО
Евгений Иванович Барабанщиков, к.б.н., зав. лабораторией ТИНРО-Центра
Екатерина Викторовна Лепская, к.б.н., вед. н. с. КамчатНИРО
Татьяна Леонидовна Введенская, к.б.н., вед. н. с. КамчатНИРО
Нина Григорьевна Клочкова, д.б.н., проректор КГТУ
Людмила Власовна Миловская, к.б.н., доцент кафедры экологии КГТУ

Ответственный редактор: Т.В. Борисова
Ответственный секретарь: М.В. Варкентин
Перевод на английский: А.А. Шурыгина
Корректор: Т.В. Борисова

Автор фото на обложке: Игорь Шпиленок (www.shpilenok.ru)

ISBN 978-5-902210-45-0 © КамчатНИРО, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие

М.Я. Жилин Он шел навстречу неизвестному. *К 100-летию со дня рождения И.И. Куренкова*..... 7

Секция 1. Методы изучения внутренних водоемов

О.М. Запорожец, Г.В. Запорожец Оценка численности лососей, зашедших в реку на нерест, методом контрольной ихтиологической съемки 21

Секция 2. Результаты применения методов прямого учета численности и математического моделирования в исследованиях пресноводных биоресурсов

В.В. Меншуткин, Н.А. Егорова Применение метода нечеткой классификации к исследованию рыбопродуктивности малых озер Ленинградской области 25

Л.В. Коржова, Ю.С. Чуниховская Зеленые водоросли из планктона старичных озер Омской области 32

Секция 3. Условия обитания гидробионтов в экосистемах внутренних водоемов: гидрология, гидрохимия и геоморфология

Д.С. Виноградова, Д.П. Погорелова Биогенный режим нижнего течения реки Коль в летний период 2011 г. 35

Н.М. Вецлер. Гидрологическая характеристика озера Саранного (Командоры) 40

Секция 4. Сезонная и многолетняя динамика функционирования сообществ внутренних водоемов

Е.В. Лепская, Т.В. Бонк, Г.Н. Маркевич, Л.А. Анисимова Планктон мета-гиполимниона Кроноцкого озера (Камчатка) в летне-осенний период 2014 г. 45

Л.В. Миловская Формирование численности *Daphnia longiremis* Sars в оз. Курильском (Южная Камчатка) 51

Е.А. Кириллова, П.И. Кириллов, Д.С. Павлов Особенности освоения нагульного водоема молодью нерки *Oncorhynchus nerka* в первый год жизни в бассейне Курильского озера..... 59

Ю.В. Перепелин Динамика среднего возраста нерестовой части популяции омуля арктического *Coregonus autumnalis* (Pallas, 1776) реки Енисей 66

Т.С. Вшивкова, С.К. Холин, К.А. Дроздов Биоразнообразие и распределение ручейников (Insecta: Trichoptera) в пределах Дальнего Востока России..... 71

Я.И. Гульченко, О.П. Баженова Современное состояние фитопланктона реки Иртыш в районе г. Омска..... 80

Секция 5. Биоразнообразие и продуктивность экосистем внутренних водоемов

В.П. Семерной, Т.Л. Введенская, А.В. Улатов Новые данные по фауне Oligochaeta водоемов Камчатки по материалам 2009, 2010 и 2014 годов..... 86

А.Л. Сенчукова, С.Д. Павлов, Е.В. Есин, Г.Н. Маркевич, Н.С. Мюге Гольцы рода *Salvelinus* из озера Начикинского (Камчатка) и их положение в филогенетической системе *s. Alpinus – s. Malma* complex 93

Т.Л. Введенская, А.А. Бонк, Т.В. Бонк Результаты гидробиологических исследований озера Налычево 97

Т.В. Никулина, Е.Г. Калитина, Е.А. Вах, Н.А. Харитонова Бактерии и диатомовые водоросли Малкинских, Начикинских и Верхне-Паратунских термальных источников (Камчатка, Россия) 104

Т.Л. Введенская, А.В. Улатов Результаты эколого-рыбохозяйственного мониторинга бассейна озера Микижа (реки Паратунка, Камчатка)..... 111

А.М. Токранов, А.А. Бонк Сибирский усатый голец *Barbatula toni* в бассейне р. Камчатки 119

Е.М. Саенко Особенности морфологии глохидиев *Beringiana* и *Kunashiria* 124

Н.М. Яворская Зообентос рек Эльбан и Маглой бассейна реки Амур (Хабаровский край) 128

И.А. Тыркин, Ю.Н. Лукина, Л.А. Беличева Состояние естественного воспроизводства кумжи в малых притоках Онежского озера (Нелукса, Орзега, Большая Уя) 132

Н.Г. Шевелева, Н.И. Шабурова, О.Г. Пенькова Особенности видового состава и количественных показателей зоопланктона внутренних водоемов острова Ольхон (Байкал) 137
В.К. Часовников, О.Н. Ясакова, В.С. Бердников Параметры гидрохимического режима и состояние фитопланктона в акватории Новороссийского порта (Черное море) в 2009 г. 143
О.Н. Ясакова Фитопланктон открытой северо-восточной части Черного моря в летний период 2011 г. 151
О.М. Исаева, В.А. Заделенов, Д.В. Политов Популяционная изменчивость нельмы р. Енисей 157
А.А. Лукин, Д.С. Беляев Рыбохозяйственное использование пресноводных водоемов Северо-Запада России и проблемы рыболовства 162

Секция 6. Антропогенное воздействие и проблемы сохранения экосистем внутренних водоемов

Т.В. Гаврюсева Патоморфологические изменения и оценка состояния здоровья у молоди нерки (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) Курильского озера (Камчатка) 167
А.Е. Копосов Биологические особенности ленка *Brachymystax lenok* (Pallas, 1773) бассейна реки Колымы (в пределах Магаданской области) 174
Н.В. Ильмаст, С.И. Иванов, Я.А. Кучко Экосистема озера Мунозеро (Южная Карелия) в условиях антропогенного воздействия 181
А.В. Войкина, Л.А. Бугаев, И.Л. Левина, Е.А. Федорова, Н.И. Щербакова, Л.М. Бесчетнова Комплексное воздействие пестицидов на трофические звенья пресноводной экосистемы 185
Р.В. Бабуева, В.П. Ходырев Использование мелких туводных рыб против кровососущих комаров 194
Г.В. Ким, В.А. Золотарев Микроорганизмы в экосистемах разнотипных водных объектов как индикаторы качества воды 199

Секция 7. Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов для целей промышленного и любительского (спортивного) рыболовства, акклиматизации и аквакультуры

А.С. Тишина Бентофауна в базовых водоемах лососевых рыбоводных заводов в период перед выпуском молоди 2014 года 204
С.Б. Городовская, А.С. Сушкевич Гистологическая картина яичников производителей озерновской нерки в 2010–2011 гг. 208
К.А. Мягких Акклиматизация и промысел серебряного карася *Carassius auratus gibelio* во внутренних водоемах Камчатки 213
С.В. Липнягов Сравнительная характеристика биологических показателей азиатской зубастой корюшки *Osmerus mordax dentex* озер Нерпичье и Большой Калыгирь Петропавловско-Командорской подзоны 219
В.Г. Марковцев Особенности культивирования кеты *Oncorhynchus keta* с использованием теплых природных источников воды в Приморье 224
В.А. Заделенов, Е.Н. Шадрин Любительское и спортивное рыболовство в Енисейском рыбохозяйственном районе 227

CONTENTS

Preface

M.Ya. Zhilin He strived to deal with unknown. *To the 100th anniversary of I.I. Kurenkov* 7

Section 1. Methods of studying inland waters

O.M. Zaporozhets, G.V. Zaporozhets An assessment of salmon escapement in the river by the method of control ichthyological survey 21

Section 2. Results of studying freshwater bioresources with the methods of the direct stock abundance assessment and of the math simulation

V.V. Menshutkin, N.A. Egorova The use of the fuzzy classification method in the study of fish productivity in small lakes of Leningrad Region 25

L.V. Korzhova, Yu.S. Chunikhovskaya Green algae from the plankton of oxbow lakes, Omsk Region 32

Section 3. Environmental conditions for hydrobionts in ecosystems of inland waters: hydrology, hydrochemistry and geomorphology

D.S. Vinogradova, D.P. Pogorelova Biogenic regime in the lower part of the Kol River in summer 2011 35

N.M. Vetsler Hydrological characterization of Sarannoye Lake (Commander Islands) 40

Section 4. Seasunal and long-term dynamics of functioning of hydrobiont assemblages of inland waters

E.V. Lepskaya, T.V. Bonk, G.N. Markevich, L.A. Anisimova The plankton of the meta-hypolimnion of Kronotskoye Lake (Kamchatka) in summer and fall period in 2014 45

L.V. Milovskaya Formation of the abundance of *Daphnia longiremis* Sars in Kuril Lake (South Kamchatka) 51

E.A. Kirillova, P.I. Kirillov, D.S. Pavlov Peculiarities of the first year dispersion of juvenile sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* in the basin of Kurilskoye Lake 59

Yu.V. Perepelin The dynamics of the average age of arctic cisco *Coregonus autumnalis* (Pallas, 1776) in the spawing part of the Yenisei River population 66

T.S. Vshivkova, S.K. Kholin, K.A. Drozdov Biodiversity and distribution of caddisflies (Insecta: Trichoptera) in Russian Far East 71

Y.I. Gulchenko, O.P. Bazhenova Current state of phytoplankton community in the Irtysh River near Omsk 80

Section 5. Biodiversity and ecosystem production of the inland waters

V.P. Semernoy, T.L. Vvedenskaya, A.V. Ulatov Fauna of oligochaeta of the waterbodies of Kamchatka updated on the analysis for 2009, 2010 and 2014 86

A.L. Senchukova, S.D. Pavlov, E.V. Esin, G.N. Markevich, N.S. Mugue Charrs of the genus *Salvelinus* from Nachikinskoe Lake (Kamchatka Peninsula) and their position in the phylogenetic system of the *s. Alpinus – s. Malma* complex 93

T.L. Vvedenskaya, A.A. Bonk, T.V. Bonk Results of hydrobiological researches of Nalychevo Lake 97

T.V. Nikulina, E.G. Kalitina, E.A. Vakh, N.A. Kharitonova Bacteria and diatoms of Malkinskiye, Nachikinskiye and Verkhne-Paratunskiye hot springs (Kamchatka, Russia) 104

T.L. Vvedenskaya, A.V. Ulatov Results of ecological and fishery monitoring of Mikizha Lake (Paratunka River, Kamchatka) 111

A.M. Tokranov, A.A. Bonk Siberian stone loach *Barbatula toni* in the Kamchatka River watershed 119

E.M. Sayenko Morphology of the glochidia of *Beringiana* and *Kunashiria* 124

N.M. Yavorskaya Zoobenthos of the Elban and Magloi tributaries of the Amur River (Khabarovsk territory) 128

I.A. Tyrkin, Yu.N. Lukina, L.A. Belicheva State of natural reproduction of salmon trout in small tributaries of Onega Lake (Neluksa, Orzega, Big Uya) 132
N.G. Sheveleva, N.I. Shaburova, O.G. Pen'kova Specifics of species composition and quantitative indices of zooplankton in the inland water bodies of the Olkhon Island (Baikal) 137
V.K. Chasovnikov, O.N. Yasakova, V.S. Berdnikov Parameters of hydro-chemical regime and state of phytoplankton in the waters of the port of Novorossiysk (the Black Sea) in 2009 143
O.N. Yasakova Phytoplankton in the northeastern open part of the Black Sea in summer 2011 151
O.M. Isaeva, V.A. Zadelenov, D.V. Politov Siberian white salmon population variability in the Enisey River 157
A.A. Lukin, D.S. Belyaev Fishery utilization freshwater bodies of north-west Russia and problems of fishery 162

Section 6. Anthropogenic impact and issues of ecosystem conservation in the inland waters

T.V. Gavruseva Pathomorphological changes and assessment of the health of juvenile sockeye salmon *(Oncorhynchus nerka* Walbaum) of Kurilskoe Lake (Kamchatka) 167
A.E. Koposov Biological characteristics of the lenok *Brachymystax lenok* (Pallas, 1773) of the Kolyma River basin (the Magadan Region) 174
N.V. Ilmast, S.I. Ivanov, Ya.A. Kuchko The Munozero Lake ecosystem respond to the anthropogenic impact 181
A.V. Voikina, L.A. Bugaev, I.L. Levina, E.A. Fedorova, N.I. Shcherbakova, L.M. Beschetnova Complex effect of pesticides on the trophic chains of freshwater ecosystem 185
R.V. Babueva, V.P. Khodyrev The use of small riverine residential fish against mosquitoes 194
G.V. Kim, V.A. Zolotarev Microorganisms of different aquatic ecosystems as indicators of water quality 199

Section 7. Options of commercial and sport fishery, acclimatization and aquaculture in the inland waters

A.S. Tishina The benthic fauna of the basic reservoir of salmon hatcheries in the period before the release of juveniles 2014 204
S.B. Gorodovskaya, A.S. Sushkevich Histological look of female gonads of Ozernaya River sockeye salmon in 2010–2011 208
K.A. Myagkikh Acclimatization and fisheries of prussian carp *Carassius auratus gibelio* in the inland waterbodies of Kamchatka 213
S.V. Lipnyagov Comparative characterization of biological parameters of toothed smelt *Osmerus mordax dentex* in Nerpichye and Bolshoy Kalygir Lakes of the Petropavlovsk-Commanred subzone 219
V.G. Markovtsev Features of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) cultivation with the use of hot spring waters in Primorie 224
V.A. Zadelenov, E.N. Shadrin Recreational and sport fishing in the Yenisei district fisheries 227

Игорь Иванович Куренков (1915–1989)

Один из основоположников пресноводной гидробиологии на Дальнем Востоке. В 1950 году, окончив очную аспирантуру в Мосрыбвтузе (Московское высшее техническое училище рыбного хозяйства), защитил кандидатскую диссертацию, был направлен на Камчатку, где с 1955 г. и до конца своей жизни (11.10.1989) бессменно заведовал лабораторией кормовой базы и промысловой океанологии, впоследствии преобразованной в лабораторию фертилизации и мониторинга внутренних водоемов. Игорь Иванович был признанным ведущим специалистом в области изучения фаунистики лососевых нерестово-выростных водоемов. Он исследовал множество озер полуострова, и результатом стала уникальная работа — «Зоопланктон озер Камчатки». Изучение влияния вулканического пепла на биологическую продуктивность водных объектов воплотилось в идею фертилизации камчатских водоемов, которая затем была с успехом реализована, он также был «первооткрывателем» использования геотермальных вод при искусственном воспроизводстве лососей. Занимаясь проблемами реконструкции пресноводной ихтиофауны, Игорь Иванович разработал научные основы акклиматизации некоторых видов рыб и беспозвоночных. Большое внимание уделялось им охране биоресурсов Камчатского края. Игорь Иванович с первых лет создания Советско-Японской рыболовной комиссии долгие годы был его участником, отстаивая интересы лососевого хозяйства Дальнего Востока. В честь И.И. Куренкова назван один из видов веслоногих ракообразных (*Eurytemora kurenkovi*), встречающихся в устьях камчатских рек и прибрежных озерах и малощетинковый червь (*Spirosperma kurenkovi*), обитающий в озерах полуострова Камчатка. В окрестностях оз. Кроноцкого высокогорное бессточное озеро Крокур увековечило имена двух известных ученых — Е.М. Крохина и И.И. Куренкова.

ОН ШЁЛ НАВСТРЕЧУ НЕИЗВЕСТНОМУ

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ УЧЁНОГО-ГИДРОБИОЛОГА И КРАЕВЕДА И.И. КУРЕНКОВА

Что означает слово Крокур, название маленького озера в воронке, образованной при вулканическом взрыве?

Я задавал этот вопрос знакомым краеведам и знатокам топонимики, и их рассуждения шли по привычному пути сопоставления имени озера с названием территории, на которой оно расположено.

А расположено озеро вблизи Кроноцкого озера, у Кроноцкой реки. Следовательно, говорили краеведы, первая часть слова происходит от старинного ительменского названия Крода-кыг («кро» — лиственница, «кыг» — река). Ну а вторая часть названия, наверняка, связана с вулканами, вершины которых время от времени курятся.

Я и сам так думал, когда впервые побывал на этом озере. И только позже узнал от учёных КамчатНИРО: название Крокур состоит из первых частей фамилий двух известных камчатских исследователей — КРОхина Евгения Михайловича и КУРенкова Игоря Ивановича (А.Г. Остроумов «По Камчатке — от мыса Лопатка до реки Халактырка». П.-Камч., 37 с.).

С Камчаткой Игорь Иванович связал свою судьбу в 1950 году, будучи уже зрелым человеком. За его плечами был ихтиологический факультет Мосрыбвтуза, курсы Высшего военного гидрометеорологического института и годы Великой Отечественной войны, учёба в аспирантуре и успешная защита кандидатской диссертации. Выбору Камчатки способствовали два обстоятельства. Ещё во время студенческой практики на озере Ханка в Приморье его романтическую душу покорила необычная природа дальневосточной земли, а участие в экспедиции на научно-исследовательском судне «Витязь» в Японском море укрепило стремление связать свою жизнь с далёким краем, где открывался широкий простор для исследований.

Игорь Куренков. Краков, 1945 г.

Изучение внутренних водоёмов — рыб и кормовой базы, определяющей воспроизводство лососей, стало главным направлением в его работе. Особенно привлекали озёра, которые были не исследованы или мало исследованы из-за труднодоступности. Романтик в душе, он шёл навстречу неизвестности. На лошадях и собачьей упряжке, на лодках и пешком, с рюкзаком за плечами, он добирался в отдалённые места. В 1951 году он стал первопроходцем в исследовании озера Двухюрточного — одного из крупнейших нерестилищ нерки (И.И. Куренков «Двухюрточное озеро». Вопросы географии Камчатки, 1964. Вып. 2. С. 63–69). Расположенное в предгорьях Срединного хребта, оно недоступно водным путём и труднодостижимо по суше. В поход Игорь Иванович отправился с жителем тогдашнего села Еловки К.А. Поповым. «Выехав из Еловки на лошадях, мы по тропе добрались до р. Двухюрточной и вдоль неё поднялись до истока из озера. Последние 5–7 км пути

оказались очень трудны. Холмы и гряды, образованные мореной, подходят к самому урезу воды в реке, образуя непропуски. Возвышенности густо поросли кедровым стланцем, препятствующим продвижению на лошадях. Некоторое время мы пытались пробираться по узкой галечной полосе вдоль берега, переезжая с берега на берег, но стремительное течение и крупные валуны, по которым бежит вспененная река, делают переправу очень трудной, лошади скользят на камнях и падают в воду. Пришлось подняться на левый берег и продвигаться там, прорубаясь через полосы кедрача», — пишет И.И. Куренков.

«Река Двухюрточная, в бассейне которой находится озеро, по численности красной, заходящей в неё на нерест, может считаться одной из самых богатых рек в бассейне р. Камчатки», — сделал он заключение. Нет сомнения, что для молоди красной, вышедшей не только из озёрных, но и, в значительной мере, речных нерестилищ, озеро с его весьма богатым кормовым планктоном служит отличным выростным водоёмом». «С резиновой надувной лодки был сделан разрез по большой оси озера. Были взяты пробы планктона, бентоса и воды на гидрохимический анализ». В озере были отмечены гольцы и колюшка, в истоках реки — микижа, а позже (по наблюдению А. Остроумова) — чавыча.

Игорь Иванович сделал географическое описание озера и реки. «Морена, а также крупные валуны не оставляют сомнения в ледниковом происхождении озера», — пишет он. Расположено озеро на высоте 171 м над уровнем моря. На одном из северных склонов долины реки обнаружен горячий источник с температурой около 50 градусов, представляющий собой слабое проточное озерко 10 м в диаметре, глубиной 0,5 м.

Так сложились обстоятельства, что с бассейном реки Камчатки Игорь Иванович познакомился в первый год приезда на полуостров. Здесь ему пришлось заняться неожиданной для него проблемой. В реке Камчатке отмечалась тенденция к сокращению численности нерки. Виновником этого посчитали карасей, переселённых в бассейн реки в 1930 году из Приморья. Дескать, караси, расплодившись, стали конкурентами нерки, истребляя её мальков в водоёмах. Молодому специалисту, у которого кандидатская диссертация была посвящена биологии речных раков, а морская экспедиция на «Витязе» — исследованию планктона, поручили

заняться проблемой, далёкой от его предыдущих занятий. Игорь Иванович со свойственной ему дотошностью окунулся в изучение неожиданной проблемы. Он разыскал одного из старейших исследователей тихоокеанских лососей И.И. Кузнецова, который в 1930 году проводил акклиматизацию карасей в водоёмах полуострова (И.И. Куренков «Иван Иванович Кузнецов». Известия ТИНРО, 1974. Т. 90. С. 205–209). К тому времени учёный по состоянию здоровья переехал жить в Белгород-Днестровский. Из переписки с ним выяснилось: переселение карасей проводилось по рекомендации ихтиологов, при тщательном изучении рыб аборигенов и новосёлов. Когда в уловах стали появляться первые экземпляры карасей, жители посчитали их «поганой рыбой». Но в конце сороковых – начале пятидесятых годов карась стал не только важной пищей местного населения, но и заменил собой лососей для кормления ездовых собак.

Игорь Куренков.
1979 г.

Исследования подтвердили: у карася и нерки разные корма и разные места нагула, их экологические ниши не соприкасаются (С.И. Вахрин «Логика случая». Камчатский комсомолец, 1998, 1 февраля).

Новосёл камчатских вод был реабилитирован. Более того, отметили: условия в некоторых водоёмах полуострова позволяют акклиматизировать в них ряд пресноводных рыб. Статья И.И. Куренкова «Характеристика гидрологического режима внутренних водоёмов Камчатки в связи с возможностью их зарыбления», вышедшая в 1958 году, послужила основой для обогащения их новыми видами рыб. Что и сделали во второй половине пятидесятых годов. В бассейн реки Камчатки были завезены амурский сазан в 1955 году и обская стерлядь — в период 1957–1960 годов, продолжены работы по заселению озёр карасём.

Летом 1961 года в бассейне р. Облуковиной в одном из пойменных озёр была обнаружена неизвестная рыба. И.И. Куренков и его коллега по институту А.Г. Остроумов определили: это ряпушка из рода сигов. В литературе не было никаких сведений о нахождении такой рыбы не только на Камчатке, но и вообще в бассейне всего Охотского моря. Авторы, описавшие находку, выделили её в подвид сибирской ряпушки. Какими путями проникла она на охотское побережье, неизвестно. Находка нового вида подтолкнула к сбору материалов о пресноводных рыбах на полуострове. В обстоятельной сводке Игорь Иванович обобщил данные о распространении на полуострове пресноводной фауны (И.И. Куренков «Зоогеография пресноводных рыб Камчатки». Вопросы географии Камчатки, 1965. Вып. 3. С. 25–34).

В статье «Зоогеография пресноводных рыб Камчатки» он проследил пути проникновения на полуостров вселенцев, в особенности в послеледниковый период, систематизировал их по группам. В реках и озёрах Камчатки было отмечено 30 видов рыб. В одну из групп выделили пресноводных рыб, которые, однако, не чураются солоноватых вод. Это микижа, нельма, ряпушка, валёк. Ещё одна группа — типично пресноводные рыбы. Их четыре вида: хариус, щука, налим и подкаменщик. «Таким образом, ареал типично пресноводных рыб Камчатки в основном занимает бассейны северо-восточных рек полуострова. По-видимому, этот географический район явился плацдармом для дальнейшего

проникновения рыб на юг, что удалось пока сделать хариусу и подкаменщику, а также, вероятно, вальку, если считать, что последний не выходит в море. Проникновение пресноводных рыб во внутренние водоёмы полуострова является хорошим примером заселения своеобразных ареалов континентальной фауной», — такой вывод сделал учёный. И потому группа пресноводных рыб — карась, сазан и стерлядь, завезённая человеком для акклиматизации, является закономерным заполнением экологических ниш рек и озёр полуострова (И.И. Куренков «Есть камчатский сазан (из истории акклиматизации пресноводных рыб в водоёмах Камчатки». Камчатская правда, 1977, 8 июля; И.И. Куренков «К акклиматизации стерляди на Камчатке». Вопросы географии Камчатки, 1977. Вып. 7. С. 50–52).

Что же касается значительного снижения численности камчатских лососей, то, как удалось установить, главной причиной стал хищнический японский промысел в море, интенсивность которого с каждым годом возрастала (И.И. Куренков «О причинах значительного снижения численности камчатских лососей». Природа, 1959. № 2. С. 123).

Ю.С. Басов и И.И. Куренков в лаборатории

На нерест в реки и озёра полуострова заходило всё меньше рыбы. Это привело к депрессии стад лососей, особенно нерки — самой ценной из лососевых рыб. Потребовалось вмешательство на государственном уровне. Была заключена советско-японская рыболовная конвенция по регламентации морского промысла. Игорю Ивановичу Куренкову, как специалисту, обладающему широкими знаниями в разных сферах, было поручено возглавить научно-техническую часть в советско-японской комиссии по лососю (И.И. Куренков «На охране рыбных богатств (к итогам работы советско-японской комиссии по рыболовству в северо-западной части Тихого океана)». Камчатская правда, 1973, 16 июня; С.И. Вахрин «Логика случая». Камчатский комсомолец, 1998, 1 февраля).

В течение двадцати лет он, вооружённый неопровержимыми фактами, в дискуссиях с японскими представителями отстаивал вопросы регулирования промысла. По каждому виду лососевых рыб определялись квоты вылова, регламентировалось количество судов в районах концентрации рыбы. Меры по регулированию и контролю благотворно повлияли на восстановление стад лососей. Со временем это признали даже японские учёные.

Игорь Иванович был участником многих экспедиций по обследованию водоёмов, имеющих рыбохозяйственную ценность (озёра Нерпичье, Азабачье), среднее течение реки Камчатки и её притоков (Толбачик, Еловка и другие).

В озере Дальнем он проследил биологические циклы развития планктонного рачка, которым в основном питается молодь нерки, и на его основе предложил

методику определения в озёрах первичной продукции, на базе которой развивается новое поколение лососей (И.И. Лагунов «Развитие рыбохозяйственной науки на Камчатке». Вопросы географии Камчатки, 1967. Вып. 5. С. 17–21).

Гидробиологические исследования показали: лишь в глубоких озёрах возможно обеспечить воспроизводство нерки в большом количестве. В таких водоёмах круглый год развивается зоопланктон, которым питается молодь нерки.

В 1952 году Игорь Иванович впервые встретился с озером Кроноцким (И.И. Куренков «Где стоял великан». Уникумы Камчатки, 1966. С. 21–26).

Тогда вместе с Е.М. Крохиным, лимнологом и географом, который ещё в 1935 году проводил здесь исследования, они на маленьком гидросамолёте «Ша-2» приводнились на озере. Этот самый крупный на полуострове водоём интересен тем, что в нём обитает пресноводная форма нерки, которая не уходит для нагула в океан. В древности продукты извержений вулканов перегородили долину реки Кроноцкой, образовав озеро. Оказавшись в западне, нерка и гольцы приспособились к новым условиям жизни. Но, потеряв возможность нагула на богатых пастбищах в морях, нерка значительно уменьшилась в размерах. Учёные называют её жилая красная или кокани, как именуют её индейцы Аляски. Из океана же нерка не может проникнуть в озеро на нерест из-за крутых водопадов и быстрого течения в верховьях реки Кроноцкой.

Учёными была высказана идея о возможности создания в озере проходного стада красной рыбы. «Для этого необходимо построить рыбоходы через водопады и акклиматизировать здесь новое стадо проходных рыб», — писал И.И. Куренков. Последовали новые экспедиции. Был проведён большой комплекс ихти-

ологических и гидробиологических исследований на озере, реке и безымянном озерке, получившем название Крокур. По расчётам учёных, Кроноцкое озеро может воспроизводить стадо лососей, способное конкурировать с озерновским стадом нерки. Этим предложением заинтересовались в рыбных организациях. Рассматривались различные варианты осуществления проекта (С.И. Куренков «История одной проблемы (о развитии лососей в озере Кроноцком». Камчатский комсомолец, 1978, 3 июня).

С конца семидесятых годов «кроноцким проектом» занимался сын Игоря Ивановича — С.И. Куренков, кандидат биологических наук, изучавший в озере жилую форму нерки (кокани) и расселивший её в различные озёра полуострова. Но, по разным причинам, этот проект так и не был реализован.

Игорь Иванович чутко воспринимал экологические связи в природе. В период пробуждения и активного действия вулкана Безымянного в 1956 году он обратил внимание на огромное количество пепла, попавшего в реки и озёра долины Камчатки. Оказывает ли он влияние на лососей? Прошло много времени, прежде чем стала ясна картина (И.И. Куренков «Вулканы, пеплы, лососи». Камчатская правда, 1982, 6 февраля). Исследования в озере Азабачьем показали: продукты извержений, содержащие минеральные соли, оказывают огромное влияние на биологические процессы. Было подсчитано: в бассейн озера с продуктами извержений попало более одной тысячи тонн различных солей, в том числе так называемых биогенных, вызывающих удобрение водоёма, отмечал И.И. Куренков («Вулканы и рыба». Сб. «Плавать по морю необходимо». С. 472–474).

КоТИНРО
(оз. Дальнее, 1983 г.)

В результате, в течение нескольких лет в озере резко (в несколько сотен раз) повысилась численность диатомовых водорослей. Эти водоросли являются основным кормом мелких рачков — циклопов и дафний, которые, в свою очередь, служат пищей молоди красной, обитающей в озере. Изменения были прослежены по всей цепочке биологических процессов.

«В первые четыре года после пеплопада численность рачков была подавлена, но затем она начала расти и ещё через четыре года достигла небывалых размеров (в 20–30 раз выше обычной). Такое богатое развитие корма не могло не отразиться на урожайности молоди красной, нагуливавшейся в эти годы в озере», — отмечает И.И. Куренков в статье «Вулканы и рыба». Через пять–шесть лет нерка этого поколения пришла в озеро в таком большом количестве, какого не помнили старожилы.

Полученные результаты, а также обследование нерестовых рек после извержения вулкана Толбачик в 1975 году, стали серьёзным доказательством

в пользу удобрения нерестилищ (И.И. Куренков «Истоки биологической продуктивности». Камчатская правда, 1986, 9 июля).

Сама природа подсказывала путь к увеличению воспроизводства лососей. Первопроходцу исследований И.И. Куренкову поручили возглавить новое направление в институте. Лаборатория кормовой базы и промысловой океанографии, которой он заведовал с 1955 года в КоТИНРО (нынешнее КамчатНИРО), была преобразована в лабораторию фертилизации и мониторинга внутренних водоёмов. По рекомендации учёного, удобрения были внесены сначала в нерестовое озеро Лиственничное, а затем в озеро Курильское. Эксперименты показали высокую эффективность: численность нерки в них возросла в несколько раз (В. Антонов «Расти, нерка!». Беседа с заведующим лабораторией фертилизации и мониторинга КоТИНРО, кандидатом биологических наук И.И. Куренковым. Камчатская правда, 1987, 14 октября).

Жизнь в экспедициях, вдали от населённых пунктов, не раз преподносила сюрпризы, порой очень опасные. А.Г. Остроумов, коллега Игоря Ивановича по институту, вспоминает: «Однажды зимой мы остановились на озере Кроноцком, чтобы взять гидрологические пробы. Часа через два разыгралась сильная пурга. Ветер ураганный. Поставили с Игорем Ивановичем палатку. Но и в ней было неуютно. Мы везли на соседнюю метеостанцию журналы. Пришлось расстелить их под себя. Палатка содрогалась от ветра. С пушечным гулом стал лопаться лёд. Мы опасались: вдруг под нами возникнут трещины? Так продолжалось двое суток. Когда успокоилось, вылезли из палатки и пошли долбить метровый лёд, надо было взять запланированные пробы планктона. Уложили снаряжение на «импровизированные санки» и потащили по застругам. У Игоря Ивановича в рюкзаке что-то начало с грохотом взрываться. Он повернулся ко мне и возмущённо сказал: «Зачем палкой бьёшь по спине?» Оказалось, стеклянная посуда, в которой находились пробы, стали лопаться от мороза».

Летом, спускаясь по рекам на батах и сконструированных катамаранах, часто попадали под опасные заломы деревьев. Не обходилось без травм и ушибов. А однажды лишь чудом уцелел от гибели. В августе 1955 года маленький самолёт «По-2», на котором Игорь Иванович совершал полёт в качестве наблюдателя нерестилищ на притоках реки Камчатки, потерпел катастрофу (И.И. Куренков «Об авторе». Предисловие к книге А.Г. Остроумова «Записки камчадала». С. 3–7). «Через неделю, похудевшего и ободранного, украшенного синяками, меня доставили в Козыревск, откуда на лодке я отправился продолжать исследования», — вспоминал он.

В апреле 1957 года, совершая с каюром из Жупанова П.Т. Юшковым поход на собачьей упряжке на озеро Кроноцкое, они по пути сделали остановки в

кальдере Узона и Долине гейзеров (И.И. Куренков «В долине гейзеров». Дальний Восток, 1960. № 1. С. 160–167).

Заметим, это был первый зимний поход в Долину гейзеров, в которой в те годы побывало считанное количество людей.

В кальдере Узона он провёл исследование термальных озёр. «Меня интересовало Фумарольное озеро. Я извлёк из нартового груза резиновую лодку, надул её и перетащил к озеру. Вместо вёсел приспособил лыжи. Вооружившись родниковым термометром, шкалой для определения степени кислотности воды, гидробиологическим сачком и планктонной сеткой, я оттолкнулся от берега. Глубина постепенно увеличивается: два, три, четыре метра… И вдруг обрыв до 12 метров. Здесь вода кипит, крупные и мелкие пузыри с шипением лопаются вокруг лодки. Но вода и здесь всего плюс 12,5 градусов.

Есть ли что-нибудь живое в этой пахнущей серой воде? Не сохранилось ли где каких-нибудь животных с третичного времени, когда на Камчатке качались пальмы, и небо дышало зноем? Ведь горячие ключи находили выход через толщи ледников, покрывших землю, и в своём постоянном тепле могли сохранить ракообразных, насекомых или червей?

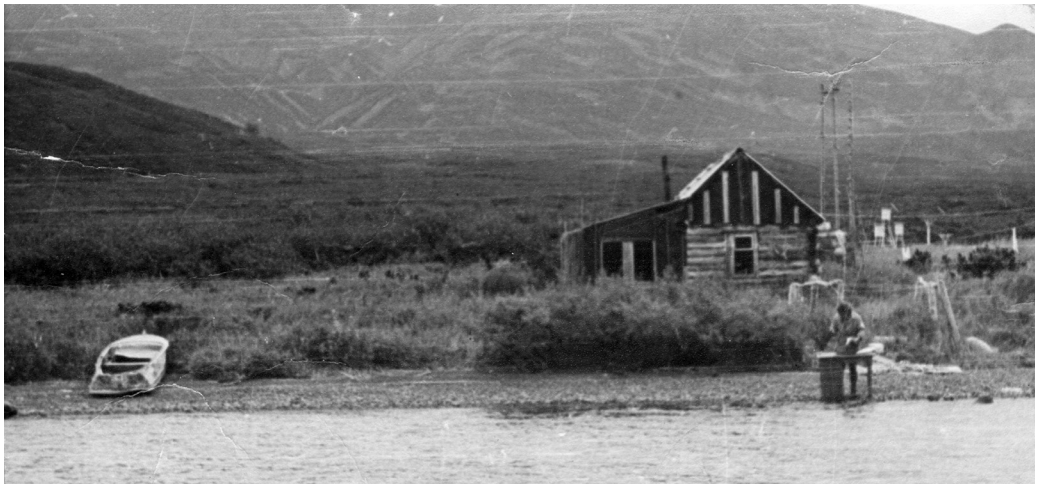
Нет, напрасно я рассматриваю содержимое планктонной сетки — в прозрачной склянке не видно никаких организмов. Только подняв сачком ил, я нашёл в нём крупных красных личинок комаров-звонцов. Но это обычные жители всех водоёмов, где вода слабо насыщена кислородом».

Рассказывая о впечатляющем извержении горячих фонтанов в Долине гейзеров, Игорь Иванович обращает внимание на окружающие озерца. «На небольшой глинистой террасе, куда мы спустились, блестело несколько маленьких озёр. Одни из них были чуть теплыми, и в них кипела жизнь: бегали водяные клопы — кориксы, извивались личинки комаров; в других водоёмах горячая вода была окрашена в опаловый цвет. Здесь не было заметно признаков жизни». Однако в реке Гейзерной он отмечает весьма богатую фауну беспозвоночных, главным образом ручейников.

Примечательно, что когда в 1975 году стало известно о Долине смерти у истоков реки Гейзерной, И.И. Куренков вспомнил, что во время зимнего похода они с П.Т. Юшковым ночевали там и провели беспокойную ночь из-за удушливых газов (И.И. Куренков «Ночёвка в долине смерти». Камчатская правда,1980, 11 октября).

Сохранившиеся снимки подтвердили, что это именно то место.

Дом, построенный собственными силами С.И. Куренкова (сын) и Т.Л. Введенской на оз. Кроноцком



Будучи признанным гидробиологом, известным в стране и за рубежом, Игорь Иванович отдавал много сил и энергии популяризации научных знаний, экологическому образованию и краеведению. На страницах газет и сборников он опубликовал ряд очерков и корреспонденций о своеобразии озёр полуострова, их происхождении, водных обитателях. В очерке «Где стоял великан» (сборник «Уникумы природы», 1966) подробно рассказал об озере Кроноцком — самом большом на полуострове.

Объяснил загадки озера Нерпичьего, которое из пресного стало солёным. Из его публикаций стали известны данные о максимальных глубинах озёр: Двухюрточного (25,6 м), Авачинского (39 м), Начикинского (36 м), Медвежьего в бассейне Авачи (40 м), Лиственничного (28 м).

Игорь Иванович с любовью рассказывал о людях, внёсших большой вклад в исследование рыбных богатств Камчатки — о старейшем ихтиологе И.И. Кузнецове, о своих коллегах Е.М. Крохине, Ф.В. Крогиус, И.И. Лагунове, А.Г. Остроумове. С ними вместе он неоднократно выступал в печати в защиту своеобразной и легко ранимой природы Камчатки и её главного богатства — лососей (Ф.В. Крогиус, И.Б. Бирман, И.И. Куренков, И.И. Лагунов «Уникальна на планете». Камчатская правда, 1979, 26 мая).

С И.А. Полутовым и И.И. Лагуновым участвовал в создании научно-популярной книги «Промысловые рыбы и беспозвоночные Тихого океана», которая стала пособием для капитанов судов и технологов. Раздел о промысловых беспозвоночных написал И.И. Куренков (И.А. Полутов, И.И. Лагунов, И.И. Куренков «Промысловые рыбы и беспозвоночные Тихого океана». Петропавловск-Камчатский, ДВ кн. изд-во, 1980. 96 с).

О чём бы он ни писал — о рыбах, находках жемчужницы на полуострове, памятниках природы или защите лесопарковой зоны на Петровской сопке, — его статьи находили широкий отклик у читателей.

Но мало кто знает, что Игорь Иванович ещё в начале своей работы на полуострове совершил научный подвиг — спас результаты труда ботаников, собравших гербарий растительности во время Камчатской экспедиции 1908–1909 гг. под руководством В.Л. Комарова. Было это в 1951 году. Об этом рассказал его друг и коллега Анатолий Георгиевич Остроумов в статье «Как был спасён гербарий Комарова». Однажды проходя мимо краеведческого музея, который находился вблизи нынешнего здания КамчатНИРО, Игорь Иванович заинтересовался кипами старых книг и газет, которые сжигали на костре работники музея. Среди обгоревших связок бумаг он обнаружил книги участников известной Камчатской экспедиции Русского географического общества 1908–1909 гг. Куренков попытался вмешаться и приостановить очевидное варварство. Но работники музея попросили его не препятствовать избавляться от ненужного хлама.

— А что это за многочисленные, туго перевязанные кипы бумаг? — спросил Игорь Иванович.

— Какие-то цветочки, листочки да веточки. Давно хотели их сжечь, столько места у нас занимали, а его и так не хватает.

Игорь Иванович прочитал некоторые надписи на пачках бумаг, и догадка буквально пронзила его, пишет А.Г. Остроумов. Скрывая охватившее волнение, безразличным тоном он попросил отдать ему эти никому не нужные пачки. И услышал в ответ:

— Забирайте, если вам делать нечего.

Игорь Иванович погрузил на попутную машину все пачки и привёз в Камчатское отделение ТИНРО в свой кабинет. С трудом удалось разместить их в большом шкафу.

Прошло несколько лет. Однажды в кабинет к Игорю Ивановичу зашли женщина и мужчина. «Мы из Ленинграда, из Академии наук, — представились они. — Разыскиваем старые материалы Камчатской экспедиции 1908–1909 годов. Была слабая надежда отыскать какие-то следы замечательного гербария Комарова. Но вряд ли он сохранился, мы везде спрашивали — всё напрасно».

Поговорили о бывшем президенте Академии наук СССР В.Л. Комарове, о значении этого гербария для науки, для познания растительности Камчатки, о важности сохранения реликвий прошлого и бездумном уничтожении бесценного наследия знаменитой экспедиции.

Когда приехавшие собрались уходить, хозяин кабинета попросил их на минуту задержаться, открыл дверцу шкафа и предложил взглянуть на содержимое толстых пачек, плотно уложенных на полках.

С одного взгляда приезжие ботаники всё поняли и оценили. Не сговариваясь, они опустились на колени перед Игорем Ивановичем, спасшим бесценный гербарий.

Являясь действительным членом Географического общества СССР, председателем секции биогеографии Камчатского отделения этого общества, Игорь Иванович Куренков много энергии отдавал выпуску журнала «Вопросы географии Камчатки», членом редколлегии которого он состоял.

Верный принципам точности во всём, он докапывался до истоков в любых вопросах. В корреспонденции «Топонимические закавыки» (И.И. Куренков «Топонимические закавыки». Камчатская правда, 1975, 6 сентября) обратил внимание на разночтение некоторых географических названий, которые встречаются в отчётах исследователей, на страницах газет и путеводителей. Как писать: Семячик или Семлячик. Это название носят два вулкана, две реки, лиман и другие объекты. Знаток истории Камчатки, Игорь Иванович убедительно показал: название происходит от имени тойона Шемеча, жившего на побережье океана. В другом случае произошла «ломка» русского языка: пишут Корякское нагорье и Коряцкое нагорье. «Все эти, казалось бы, пустяковые мелочи, могут служить источником серьёзных недоразумений и ошибок. На топографических картах области существует много гор, рек, озёр, урочищ, не имеющих названий. Это часто затрудняет работу геологов, гидрографов, работников рыбного и лесного хозяйства. Зачастую приходится давать свои, тут же выдуманные названия, что вносит ещё большую путаницу». Он предложил топонимической комиссии закреплять за географическими объектами старинные названия коренных жителей, а безымянные называть именами исследователей-первопро-

И.И. Куренков, М.Г. Иванова (супруга Игоря Ивановича), И.Б. Бирман (август, 1983 г.)

ходцев. Таким первопроходцем в науке был И.И. Куренков. Один из его воспитанников, кандидат биологических наук А.С. Николаев, рассказывая об озёрах Камчатки, пишет об обнаруженной на дне Двухюрточного озера подводной морене вблизи истока Еловки. «Это крайне причудливая неоднородность дна водоёма справедливо будет носить имя известного гидробиолога Камчатки Игоря Ивановича Куренкова» (А.С. Николаев «Чудо каждого дня». Петропавловск-Камчатский, 1995. С. 82).

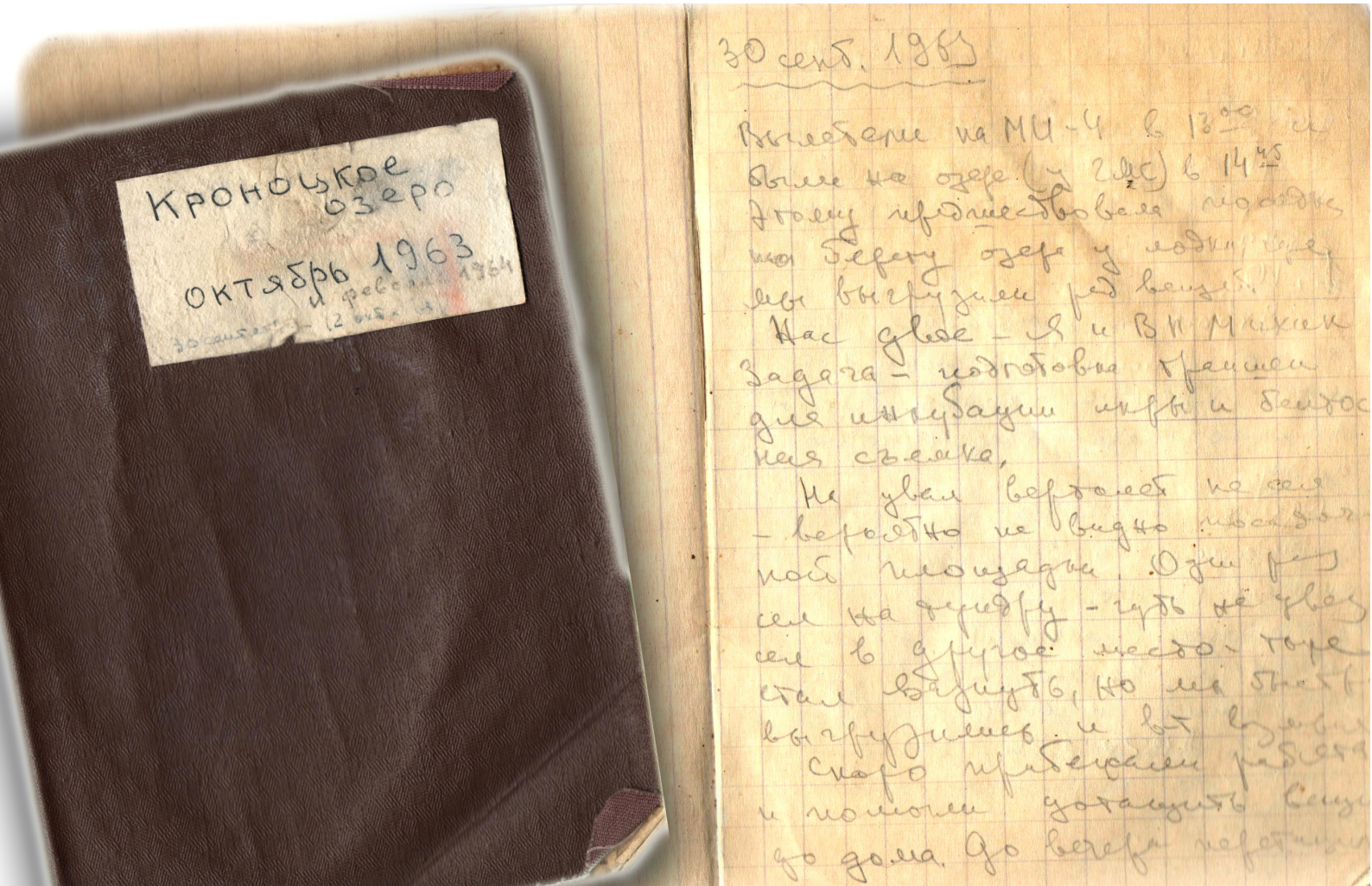
Игорь Иванович был человеком широкого кругозора и разных увлечений. Он прекрасно фотографировал. Помнится, однажды в институте был устроен конкурс слайдов. Его цветные снимки по общему признанию были лучшими. Выступая, Игорь Иванович рассказал так много интересного об истории фотографии и о технике обработки фотоплёнки, что я поразился. Оказалось, в юности он работал препаратором и лаборантом-химиком в кинофотоинституте, что потом, естественно, пригодилось в научной работе.

Последнее интервью с И.И. Куренковым было опубликовано в «Камчатской правде» 10 октября 1989 года под названием «Дерзкое озеро». В нем он рассказывал о продолжении работ по удобрению Курильского озера с целью увеличения стада нерки. А 11 октября он скоропостижно скончался (Памяти Игоря Ивановича Куренкова. Вопросы географии Камчатки, 1989. Вып. 10. С. 204–205).

По желанию его прах развеян в бассейне реки Камчатки, исследованию которой Игорь Иванович посвятил лучшие свои годы.

Влюблённый в Камчатку, он навсегда остался здесь.

М.Я. Жилин,
член Русского географического общества



МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

1 Методы изучения внутренних водоемов

2 Результаты применения методов прямого учета численности и математического моделирования в исследованиях пресноводных биоресурсов

3 Условия обитания гидробионтов в экосистемах внутренних водоемов: гидрология, гидрохимия и геоморфология

4 Сезонная и многолетняя динамика функционирования сообществ внутренних водоемов

5 Биоразнообразие и продуктивность экосистем внутренних водоемов

6 Антропогенное воздействие и проблемы сохранения экосистем внутренних водоемов

7 Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов для целей промышленного и любительского (спортивного) рыболовства, акклиматизации и аквакультуры

УДК 597.553.2-152.6 DOI 10.15853/978-5-902210-45-01

ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ ЛОСОСЕЙ, ЗАШЕДШИХ В РЕКУ НА НЕРЕСТ, МЕТОДОМ КОНТРОЛЬНОЙ ИХТИОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

О.М. Запорожец, Г.В. Запорожец

Вед. н. с., д. б. н.; вед. н. с., к. б. н.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683003, Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: zaporozhets.o.m@kamniro.ru, zaporozhets.g.v@kamniro.ru

ЛОСОСИ, ЧИСЛЕННОСТЬ, ИХТИОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

С помощью регулярных (контрольных) ихтиологических съемок в среднем течении р. Паратунки (Юго-Восточная Камчатка) оценена численность лососей разных видов, прошедших на нерест в верховья реки. Выделены суточные и сезонные максимумы для каждого из видов, показаны различия и сходные моменты в динамике хода. Приведена методика расчетов. Проведено сравнение по одному из видов с другими учетными данными.

AN ASSESSMENT OF SALMON ESCAPEMENT IN THE RIVER BY THE METHOD OF CONTROL ICHTHYOLOGICAL SURVEY

O.M. Zaporozhets, G.V. Zaporozhets

Leading scientist, Dr. Sc.; leading scientist, Ph. D.; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683003, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya Str., 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: zaporozhets.o.m@kamniro.ru, zaporozhets.g.v@kamniro.ru

SALMON, ABUNDANCE, ICHYOLOGICAL SURVEY

Using regular (control) ichthyological surveys in the mid part of the Paratunka River (Southeast Kamchatka) is applied in order to estimate adult escapement of different Pacific salmon species to the upper part of the river. Daily and seasonal maximal escapement and similar and different traits in the dynamics of spawning run are figured out for every species. Method of figuring out is demonstrated. Comparison to the other monitoring data is made for one of species.

Оценка состояния нерестовой части стада лососей является основой для разработки прогноза их подходов в последующий период. Одним из методов учета численности лососей, зашедших в реку на нерест, служит ихтиологическая съемка, с помощью которой можно исследовать динамику хода и структуру нерестовых стад всех видов, обитающих в конкретном водоеме, определять доли каждого из них в сетных уловах в разное время и на различных участках реки, оценивать такие важные параметры, как соотношение полов, и другие биологические характеристики производителей.

Подсчет численности производителей тихоокеанских лососей, идущих на нерест в реки Камчатки, начиная с 1950-х гг., проводят аэровизуальным методом (Крогиус, 1955; Остроумов, 1964; Маслов, Бугаев, 2010; и др.). Однако невозможно облетать все реки регулярно и ежегодно (Шевляков, Маслов, 2011), поскольку это влечет большие финансовые затраты. В частности, авиаучеты на реках Юго-Восточной Камчатки в последние годы проводят эпизодически. В связи с этим, актуальность других методов, позволяющих определить количество зашедших в реки лососей, возрастает.

Цель настоящей работы — оценить численность лососей разных видов, прошедших на нерест в р. Паратунку, по данным регулярных (контрольных) ихтиологических съемок.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В 1994–2003 гг. в среднем течении р. Паратунки на одном и том же участке (выше устья р. Хайковой) проводили контрольный лов плавной сетью (Запорожец, За-

порожец, 2000, 2007, 2008) длиной 30 м («эффективная» длина свободно плывущей сети ~20 м), высотой 3 м. Ширина реки на контрольном участке, длиной в 1 км, составляла ~ 60 м, глубина — 2–2,5 м. Уловистость используемой жаберной сети, в среднем, по нашим расчетам, близка к 0,4. Общее время траления обычно составляло около 40 мин. Интенсивность хода лососей (*I*, экз./час) через сечение реки считали по формуле:

$$I = C * \frac{W}{Le} * \frac{60}{Ttr} * \frac{1}{Kce},$$

где: *C* — улов за траление, *W* — ширина реки (м), *Le* — («эффективная» длина свободно плывущей сети (м), *Ttr* — время траления (мин), *Kce* — коэффициент уловистости сети.

Ихтиологические съемки выполняли 2–3 раза в неделю с 9 до 10 часов утра в течение всего хода лососей (с июня по октябрь).

В 2000 г. кроме обычной утренней съемки нами был проведен ряд круглосуточных тралений (раз в 4 ч). Данные, полученные в результате этой работы, были обсчитаны с помощью достаточно простой математической модели. Суть процедуры заключается в численной интерполяции промежуточных значений и получении суммарной оценки пропуска. Графически модель пропуска можно представить как фигуру, ограниченную плоскостью X0У и поверхностью отклика функции, аппроксимирующей массив полученных данных. Неплохое приближение дают сплайн-аппроксимация и метод взвешенных относительно расстояния наименьших квадратов (рис. 1а), но они с трудом поддаются переводу с графического языка на аналитический. Вполне возможен подбор подходящей функции с помощью программного модуля «Нелинейное оценивание» (в программе STATISTICA или иной). Более простой (но грубый) метод — аппроксимация полиномом второго порядка, позволяющий быстро получить формулу для расчета объема фигуры, численно равного пропуску производителей конкретного вида или всех, учтенных путем съемки (рис. 1б).

Объем (V) полученной фигуры можно вычислить по формуле:

$$V = \iint_D f(x, y)dxdy,$$

где двойной интеграл численно равен объему V вертикального цилиндрического тела, построенного на основании D и ограниченного сверху соответствующим куском поверхности $Z = f(x, y)$.

Один из самых грубых (оценочных) методов — расчет по средним значениям параметра в час: его умножают на количество часов в сутках и дней за период хода.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как видно на рис. 1а, суммарная динамика хода всех присутствовавших в данной реке видов тихоокеанских лососей (кеты, нерки, горбуши, кижуча и гольцов) имеет сложную форму, в структуре которой можно выделить два максимума: в начале суток — 3–4 августа (массовый ход летней кеты, нерки и горбуши) и в конце суток — 5–15 августа (массовый ход

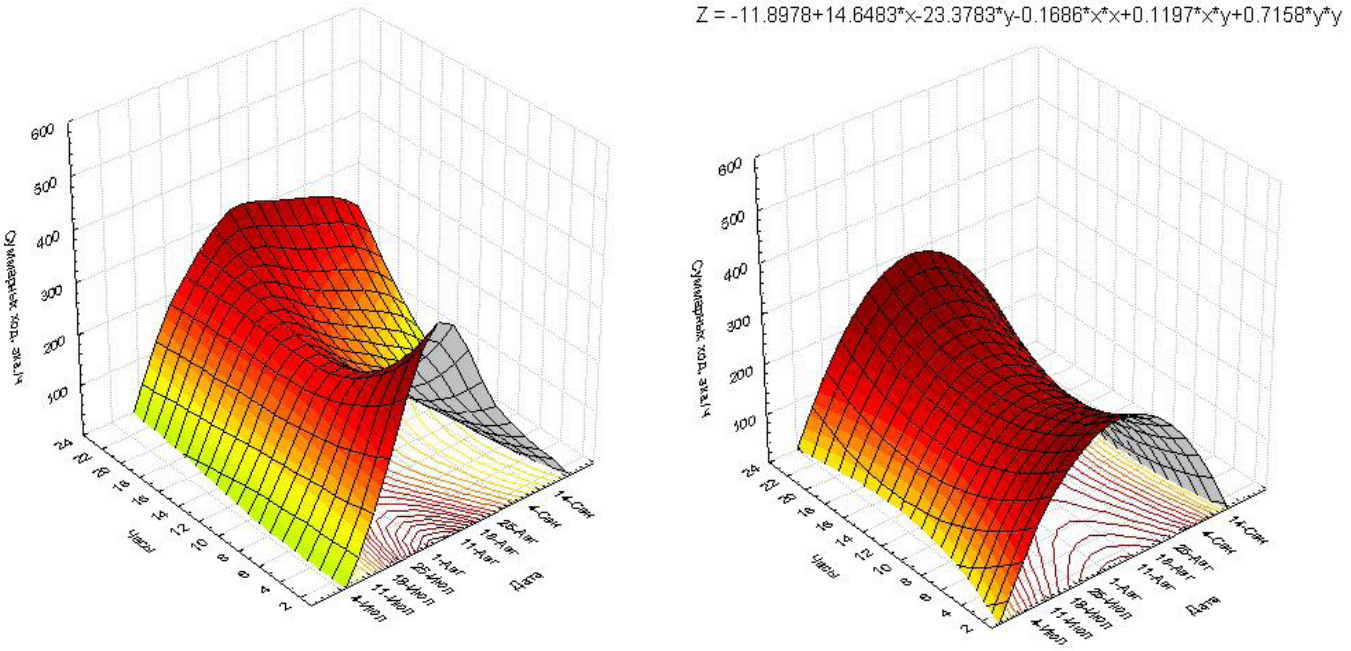


Рис. 1. Поверхности отклика функции, аппроксимирующей зависимость суммарного хода лососей в 2000 г. (z) через сечение реки от даты (x) и времени суток (y): а) — методом взвешенных наименьших квадратов, б) — с помощью квадратичной интерполяции

осенней кеты и начало хода кижуча). Продолжение отрога второго пика до середины сентября связано с массовым ходом кижуча. В дневные часы (особенно в ясные дни), как и следовало ожидать, интенсивность хода лососей обычно снижается.

В обсуждаемых аспектах были проанализированы не только суммарные данные по всем присутствовавшим в реке видам лососей, но и отдельно по каждому из них. В частности, рассчитанный нами пропуск кеты в верховья р. Паратунки в 2000 г. превысил 63 тыс. экз. В тот год к Паратунскому лососевому заводу (ПЛРЗ) подошло 9,8 тыс. экз. кеты, а на нерестилищах, по данным авиаучетов КамчатНИРО, было обнаружено 39 тыс. экз. рыб этого вида, что в сумме составляет ~49 тыс. рыб. Учитывая тот факт (Запорожец, Запорожец, 2007), что на нерестилищах доля самок составила всего 33% (но 42% из них были распороты браконьерами), а у ПЛРЗ самок было всего 17%, можно считать, что наша оценка пропуска кеты, выполненная по данным ихтиологических съемок (рис. 2а), достаточно близка к реальности.

Рисунки 2 и 3 демонстрируют различия в структуре хода кеты и нерки, горбуши и кижуча, в частности: выраженные максимумы к концу суток у кеты

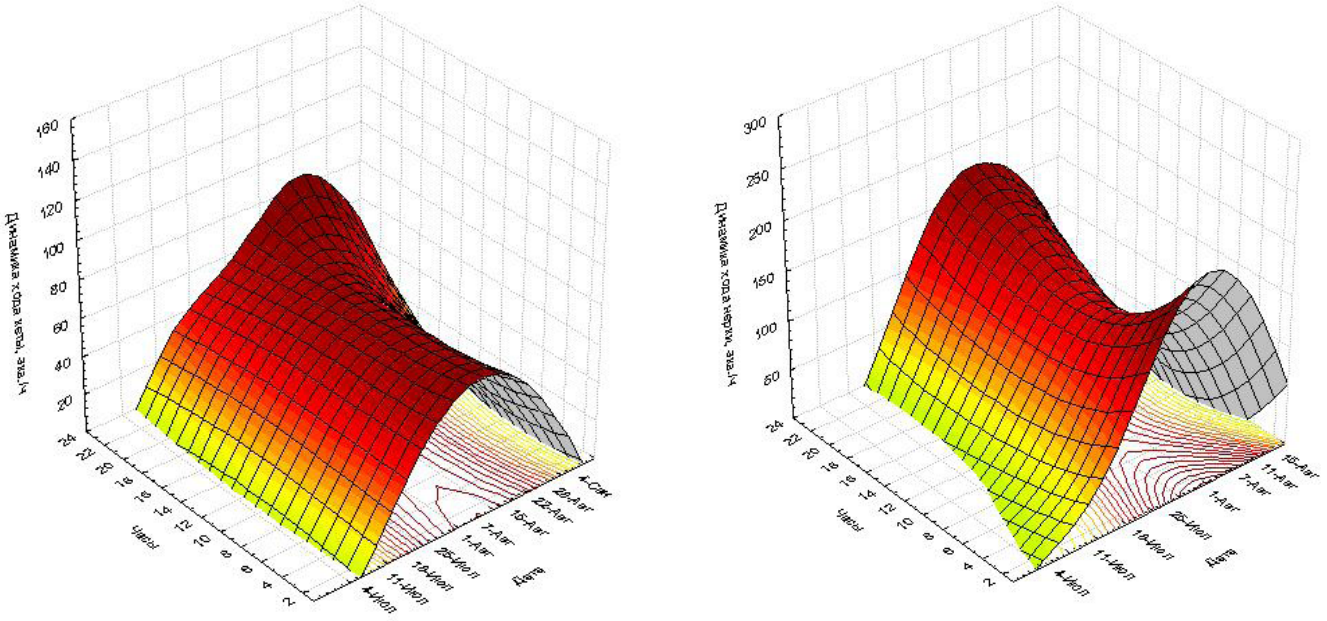


Рис. 2. Поверхности отклика функции, аппроксимирующей зависимость интенсивности хода лососей в 2000 г. (z) через сечение реки от даты (x) и времени суток (y): а) — кеты, б) — нерки

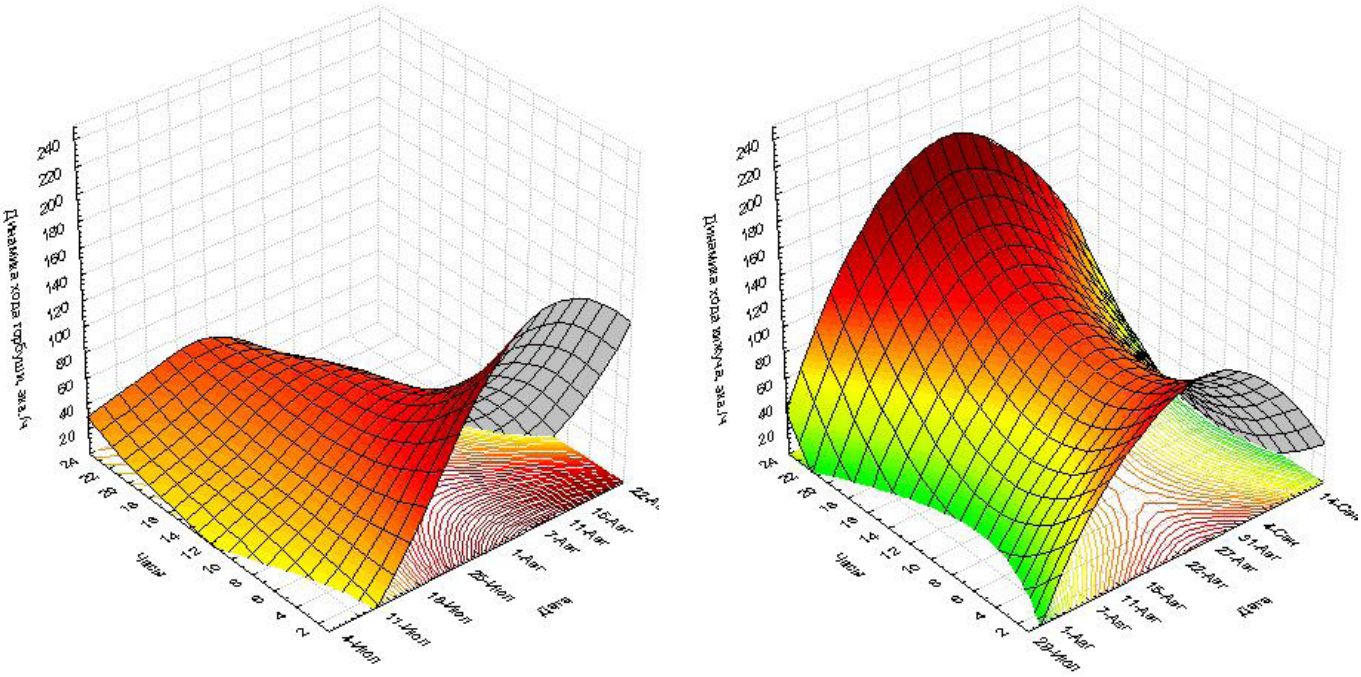


Рис. 3. Поверхности отклика функции, аппроксимирующей зависимость интенсивности хода лососей в 2000 г. (z) через сечение реки от даты (x) и времени суток (y): а — горбуши, б — кижуча

и кижуча, в отличие от горбуши, с явным максимумом хода в начале суток, почти симметричный (по осям) ход нерки и весьма растянутый и ассиметричный — горбуши.

Расчетные оценки пропуска (по данным ихтиологических съемок) в верховья р. Паратунки у трех последних видов лососей в 2000 г. были следующими: нерка ~ 80 тыс. экз., горбуша ~ 46 тыс. экз. и кижуч ~ 75 тыс. экз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по данным регулярных (контрольных) ихтиологических съемок была оценена численность лососей разных видов, прошедших на нерест в р. Паратунку. Полагаем, что предложенный метод может быть использован для расчета пропуска и в реку другого размера. Необходима калибровка уловистости сети при разной интенсивности хода рыб, скорости течения и высоте уровня воды.

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодарим за самоотверженный труд нашего моториста Владимира Семеновича Волохова. И за помощь в этой работе — Михаила Олеговича Запорожца и Андрея Олеговича Запорожца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2000. Влияние искусственного разведения на структуру стада кеты р. Паратунки и проблемы сохранения естественных популяций тихоокеанских лососей // Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки: Доклады обл. науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский. С. 56–60.

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.

Крогиус Ф.В. 1955. Опыт применения самолета для обследования состояния и оценки заполнения нерестилищ камчатских лососей // Рыбн. хоз-во. № 11. С. 32–34.

Маслов А.В., Бугаев В.Ф. 2010. Полет над гнездом нерки. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 72 с.

Остроумов А.Г. 1964. Опыт применения аэрометодов для оценки заполнения нерестилищ лососями // Лососевое хозяйство Дальнего Востока. М.: Наука. С. 90–99.

Шевляков Е.А., Маслов А.В. 2011. Реки, определяющие воспроизводство тихоокеанских лососей на Камчатке, как реперы для оценки заполнения нерестового фонда // Известия ТИНРО. Т. 164. С. 114–139.

УДК 556.55:639.312.03 DOI 10.15853/978-5-902210-45-02

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НЕЧЕТКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ К ИССЛЕДОВАНИЮ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ МАЛЫХ ОЗЕР ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Меншуткин, Н.А. Егорова

Ст. н. с., д. б. н.; н. с., Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства
199053, Санкт-Петербург, Набережная Макарова, 26
Тел.: (812) 400-01-91. E-mail: menshutkina.n@gmail.com, egorovanet@gmail.com

НЕЧЕТКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ, КЛАСТЕР, ФУНКЦИЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ, РЫБОПРОДУКТИВНОСТЬ

На основе кадастровых исследований озер Карельского перешейка в Ленинградской области проведена классификация 36 озер с использованием метода нечеткого представления кластеров и вычисления функций принадлежности. В процессе исследования использовано 11 характеристик озер, а не одна или две, как при обычных классификационных построениях. На основе базы данных была создана модель распределения озер по кластерам. Проверка модели проводилась по экспертным оценкам, полученным специалистами ГосНИОРХ. Результаты позволяют сделать вывод о рыбопродуктивности малых озер методом нечеткой классификации по их 9–10 характеристикам.

THE USE OF THE FUZZY CLASSIFICATION METHOD IN THE STUDY OF FISH PRODUCTIVITY IN SMALL LAKES OF LENINGRAD REGION

V.V. Menshutkin, N.A. Egorova

Senior scientist, Ph. D.; scientist; State Research Institute on Lake and River Fisheries
199053, St.-Petersburg, Naberedzhnaya Makarova, 26
Tel.: (812) 400-01-91. E-mail: menshutkina.n@gmail.com, egorovanet@gmail.com

FUZZY CLASSIFICATION, CLUSTER, MEMBERSHIP FUNCTION, FISH PRODUCTIVITY

Classification of 36 lakes has been provided on the base of cadastral examination of the lakes on the Karelian Isthmus in Leningrad region with the use of the method of fuzzy representation of clusters and results of membership function calculations. 11 characteristics (instead one or two in the classic method) of the lakes were used in the course of creation of the classification. Cluster distribution of the lakes based on the data pool was simulated. Expert testing of the model was made by specialists from GosNIORKH. The results of the use of the fuzzy classification method on analyzing 9–10 characteristics work good to give an insight about the fish productivity of small lakes.

Проблема определения рыбопродуктивности озер по их лимнологическим характеристикам является одной из главных задач рыбохозяйственной науки. Примером решения этой задачи могут служить работы Китаева (1984, 2007), в которых применяются математические методы многомерного линейного регрессионного анализа. Несмотря на обилие исходного материала, в этих исследованиях много громоздких эмпирических формул, связывающих ихтиомассы и уловы с отдельными характеристиками озер (от морфологии озерной котловины до продукции фитопланктона, зоопланктона и бентоса). В настоящей работе делается попытка решения той же задачи, но вместо методов многомерного статистического анализа применяются технологии искусственного интеллекта (Рутковский, 2010). Подобный подход не использует гипотезы линейности связей и жесткой детерминированности классического кластерного анализа, как свойства, не характерные для сложных биологических систем. Из обширного арсенала технологий искусственного интеллекта в данной работе рассматривается только метод нечеткой классификации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Фактической основой настоящей работы послужили обширные кадастровые исследования, проведенные ГосНИОРХом на озерах Карельского перешейка Ленинградской области в разные годы.

Расчеты были выполнены в два этапа. Этап 1 — для данных 1977 г. (Рыбохозяйственный кадастр.., 1977), и для более современного этапа (этап 2) — по исследованиям специалистов ГосНИОРХа (Терешенков, 1987; Руденко, 2000) и фондовым материалам ГосНИОРХа (Руденко, 1990; Мицкевич, 2006, 2009; Костюничев, 2008, 2009).

Из 50 описанных в кадастре озер было выбрано 36 по принципу полноты описания. Анализ изменения экологического состояния этих водоемов проводился по 14 озерам, исследованным в последнее десятилетие специалистами ГосНИОРХ, все озера отбирались по принципу полноты описания.

Использовались 11 характеристик каждого озера: площадь озера (S, м); средняя глубина (HA, м); прозрачность воды (TRANS, м); общая минерализация (MIN, мг/л); биомасса зоопланктона (BZ, г/м^3); биомасса бентоса (BB, г/м^2); оценка гумидности (HUM); трофический статус озера (TRO); тип сообщества рыб (FISH); число видов рыб (NF); рыбопродуктивность (YM). Все характеристики подвергались нормализации, т. е. представлялись числами в диапазоне от 0 до 1. Это относится и к качественным характеристикам степени гумификации, трофического статуса и типа сообщества рыб (например, окуневый, лещево-судачный и т. п.).

Для реализации метода нечеткой классификация была создана компьютерная модель, написанная на языке Visual Basic. В модели учтены все выбранные характеристики.

Идея нечеткой классификации заключается в том, что каждый объект может относиться не к одному, а сразу к нескольким кластерам. Степень близости объекта к каждому кластеру определяется функцией принадлежности. В данном исследовании предполагается, что сумма всех значений принадлежностей для каждого объекта должна равняться единице, хотя возможны и другие подходы.

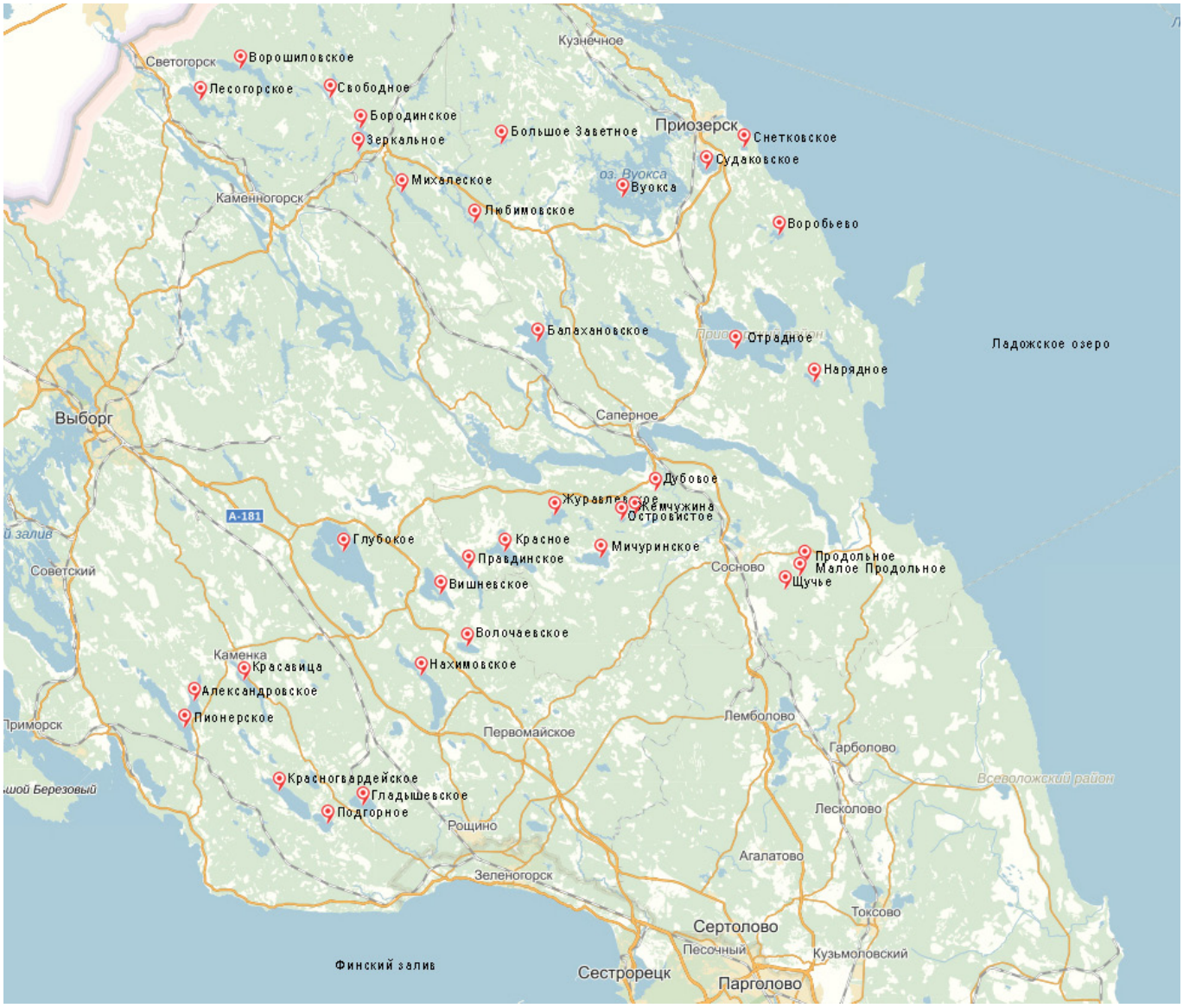


Рис. 1. Исследуемые озера Карельского перешейка (этап 1 и этап 2)

Каждый кластер характеризуется центром тяжести, координаты которого в многомерном пространстве признаков определяются как:

$$V(i,j)=\frac{\sum_{k=1}^{m}P(j,k)U(i,k)}{\sum_{k=1}^{m}U(i,k)}, \quad (1)$$

где $V(i,j)$ — j-я координата i-го кластера, $U(i,k)$ — функция принадлежности k-го объекта к i-му кластеру, $P(j,k)$ — j-я характеристика k-го объекта, m — число классифицируемых объектов. Евклидово расстояние от центра кластера до j-го объекта определяется как:

$$D(i,k)=\sum_{j=1}^{n}(V(i,j)-P(j.k))^2, \quad (2)$$

где n — число характеристик озера.

Процедура определения значений функций принадлежности сводится к минимизации суммы расстояний всех объектов до центров кластеров. Процесс этой минимизации производился при помощи генетического алгоритма, достаточно подробно описанного в литературе (Гладков и др., 2006).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все выбранные озера расположены в Ленинградской области на Карельском перешейке (рис. 1). Для исследования выбраны разнотипные озера, как по лимнологическим, так и по ихтиологическим характеристикам.

Использованные в первом эксперименте характеристики 36 озер представлены в таблице 1, использованные во втором эксперименте характеристики 14 озер показаны в таблице 2.

При построении модели выбор количества кластеров обуславливался небольшим количеством исследуемых озер.

К первому кластеру (U1) относятся озера с малой площадью, слабой минерализацией воды, низкой трофностью, малым числом видов рыб и небольшими

Таблица 1. Характеристики озер Карельского перешейка. Этап 1 (Рыбохозяйственный кадастр.., 1977)

Озеро	S, га	HA, ср. глубина, м	TRANS, прозрач-ность, м	MIN, минера-лизация, мг/л	BZ, биомасса зоопланк-то-на, г/м3	BB, биомасса бентоса, г/м2	HUM, степень гумидности: 1 — олиго-, 2 — мезо-, 3 — полигумозное	TRO, класс трофности: 1 — олиго-, 2 — мезо-, 3 — эвтрофное	FISH, тип сообщества рыб: 1 — окунь, 2 — плотва, 3 — окунь–плотва, 4 — лещ–плотва, 5 — лещ–судак, 6 — пелядь–карп, 7 — сиг	Y, реальный вылов, кг/га	YM, макс. вылов, кг/га	NF, кол-во видов
Ворошиловское	850		4	33,2	0,72	0,27	1	1	3	6	30	12
Лесогорское	900		2	40,6	0,87	1,78	1	1	3	5	35	10
Свободное	160	3,5		45	2,6	1	1	2	3		30	7
Бородинское	250	7,4		46	1,3	1,79	2	2	3	–	40	6
Михалевское	890	7		40	1,17	3,1	2	2	3	–	35	15
Глубокое	3740	4,7	4,5	43	5,42		2	2	7	1	55	11
Вишневское	1050	1,7	0,5	66	5,29	30	2	3	3	40	30	8
Волочаевское	350	0,9	0,5	108	3,56	1	2	3	3	7,5	100	6
Правдинское	680	9,4	1,5	55	5,5	7,1	2	2	5	17	60	12
Пионерское	1350	7,5	1,9	44	2,7	1,14	2	2	5	5,1	50	9
Александровское	480	5		42	8	8	2	2,5	5	9,4	80	8
Красавица	560	2,7	0,8	45	6	1,1	1	2,5	5	–	60	8
Красногвардейское	1150	3,5	0,8		1,6	1,9	1	2	5	–	50	10
Зеркальное	334	3,7	2,6	41	0,98	1,5	1	2	5	–	30	7
Подгорное	400	3,8	1	53	4,7	2,34	1	2	5		50	9
Нахимовское	1420	7,5	7	60	12,5	0,7	2	2,5	3	10	60	9
Гладышевское	510	4,7	2,5	37	0,6	0,6	1	2	5		50	11
Воробьево	166,8	4,9		33,5			2	2	1	–	14,5	4
Отрадное	6960	70,5	5,5	100	2,8	2,95	2	1	6	–	30	26
Судаковское	580	4	2	59	2,6	3,6	1	2	5	8	50	17
Вуокса	9250	5,1	2	50	2,53	1,8	2	2	5	1,1	30	29
Балахановское	1820	2,9		45	1,33	1,28	2	2	5	17,9	30	17

Окончание таблицы 1. Характеристики озер Карельского перешейка. Этап 1 (Рыбохозяйственный кадастр.., 1977)

Озеро	S, га	HA, ср. глубина, м	TRANS, прозрач-ность, м	MIN, минера-лизация, мг/л	BZ, биомасса зоопланк-то-на, г/м3	BB, биомасса бентоса, г/м2	HUM, степень гумидности: 1 — олиго-, 2 — мезо-, 3 — полигумозное	TRO, класс трофности: 1 — олиго-, 2 — мезо-, 3 — эвтрофное	FISH, тип сообщества рыб: 1 — окунь, 2 — плотва, 3 — окунь–плотва, 4 — лещ–плотва, 5 — лещ–су-дак, 6 — пелядь–карп, 7 — сиг	Y, реальный вылов, кг/га	YM, макс. вылов, кг/га	NF, кол-во видов
Любимовское	1330		2,2	38	0,97	1,73	2	1,5	4	–	25	14
Большое Заветное	106	5,7			1,1	7,04	2	2	3	58,6	70	10
Снетковское	58	4,2		75	1	1	2	2	3	55	100	8
Нарядное	136	2,3	3		1,1	10	2	2	3	37	100	8
Журавлевское	330	1,5	0,6	36,5			3	1	3	10	130	10
Островистое	110	1,5	0,7	44,9	6	3,5	2	2		41	100	7
Светлое	21,2	5,4	5	25,7	0,9	0,8	2	3	3	–	–	3
Жемчужина	68,8	1,5	3	21	0,9	1,7	2	1	3	20	130	5
Мичуринское	585	7,2	4	44,9	9,36	6	1	2	3	7	60	6
Дубовое	9,7	5,9	5	35,9	2	2,5	1	1	1	0	0	1
Красное	960	7	3	50	2,3	6	1	2,5	3	6	50	17
Щучье	7,9	7,7	1	40	1,9	0,9	1	1	1	0	0	1
Продольное	10,4	5,2	2,8	51	10,5	2	3	2	3	0	0	4
Продольное Малое	3,7	4,9	2,2	20,8	0,55	2,7	2	1	1	0	0	2
Нижнее Продольное	3,4	3,4	2	43,7	10,1	2,5	3	2	3	0	0	3

Таблица 2. Характеристики озер Карельского перешейка. Этап 2 (Руденко, 1990, 2000; Мицкевич, 2006, 2009; Костюничев, 2008, 2009; Терешенков, 1987)

Озеро	S, га	HA, ср. глубина, м	TRANS, прозрач-ность, м	MIN, минера-лизация, мг/л	BZ, биомасса зоопланк-то-на, г/м3	BB, биомасса бентоса, г/м2	HUM, степень гумидности: 1 — олиго-, 2 — мезо-, 3 — полигумозное	TRO, класс трофности: 1 — олиго-, 2 — мезо-, 3 — эвтрофное	FISH, тип сообщества рыб: 1 — окунь, 2 — плотва, 3 — окунь–плотва, 4 — лещ–плотва, 5 — лещ–су-дак, 6 — пелядь–карп, 7 — сиг	Y, реальный вылов, кг/га	YM, макс. вылов, кг/га	NF, кол-во видов
Глубокое	450	12	5	45	0,29	3,43	1	2	3	60	30	11
Вишневское	792,5	2,4	0,3	64	3,4	23,5	2	3	3	60	47,5	7
Волочаевское	350	0,9	0,2	108,8	3,56	1,3	3	2	3	–	7,5	10
Правдинское	680	9,4	0,5	55	5,0	7,1	3	3	2	1,9	45,7	10
Пионерское	1360	7,5	2	44	1,7	12,0	3	3	2	–	–	9
Красногвардейское	1150	3,5	1,2	50	1,6	6,0	2	2	3	–	–	9
Нахимовское	1420	7,5	3,5	60	10,9	1,0	2	2	2	29,0	52,5	9
Отрадное	6960	7,5	5	100	2,8	4,61	2	2	3	–	–	27
Вуокса	10 780	5,1	2,6	50	2,5	1,8	2	2	3	11,63	–	20
Нарядное	136	2,3	3,0	33	2,3	5,4	3	2	3	90,3	40,2	4
Журавлевское	330	1,5	0,5	36	0,9		2	2	3	–	–	5
Жемчужина	68,8	1,5	3,0	40	0,9	1,7	1	1	3	74,9	–	9
Мичуринское	585	7,2	4	44,1	9,6	6,3	2	2	3	–	29,2	10
Красное	960	7,0	3,0	63	2,3	5,0	2	2	3	–	60	20

уловами. К озерам второго кластера (U2) относятся озера хотя и с малой площадью, но с высокой биомассой зоопланктона и бентоса, большим числом видов рыб и высокими удельными выловами. К озерам третьего кластера (U3) относятся озера с относительно большой площадью водного зеркала, сложной структурой сообщества рыб, часто в результате вселения новых видов.

Результаты нечеткой классификации исследованных озер представлены на рисунках 2 и 3.

Трехмерное пространство распределения озер по кластерам удается представить в виде плоского изображения благодаря равенству единице сумме принадлежностей каждого объекта ко всем кластерам. Характеристики озер в каждом кластере можно установить по положению их центров тяжести.

Для первого этапа типичными представителями озер, принадлежащих к первому кластеру, являются Щучье, Дубовое, Ворошиловское, для второго кластера это озера Нарядное, Жемчужина, Островистое, а для третьего — Красное, Вуокса, Красавица. Для второго этапа распределение озер по кластерам произошло следующим образом. К первому кластеру относятся Нарядное, Жемчужина, Журавлевское, ко второму — Мичуринское, Правдинское, Пионерское, и к третьему кластеру — Глубокое, Отрадное, Вуокса (рис. 4).

Произошедшие изменения можно объяснить влиянием ихтиоцидов, ранее применявшихся в озерах, вселением новых видов рыб, не характерных для того или иного озера и т. п.

Оценка рыбопродуктивности озер проводилась в два шага: первый шаг — из базы данных изымалась информация о числе видов рыб в озерах, результаты сравнивались с ранее полученными. Второй шаг — вместе с числом видов рыб из модели удалялась информация и о максимально возможных уловах в озерах. Полученные результаты представлены на рисунках 5 и 6.

Анализ полученных данных показал, что без введения в модель данных о количестве видов рыб и

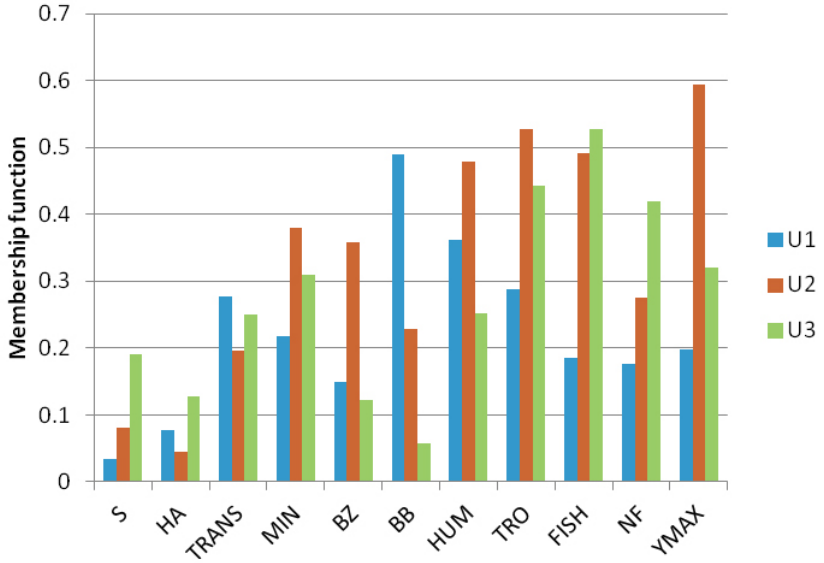


Рис. 2. Характеристика центров тяжести кластеров озер Карельского перешейка. Этап 1. S — площадь озера, м; HA — средняя глубина, м; TRANS — прозрачность воды, м; MIN — общая минерализация, мг/л; BZ — биомасса зоопланктона, г/м^3; BB — биомасса бентоса, г/м^2; HUM — оценка гумидности; TRO — трофический статус озера; FISH — тип сообщества рыб; NF — число видов рыб; YM — рыбопродуктивность. U1, U2, U3 — кластеры

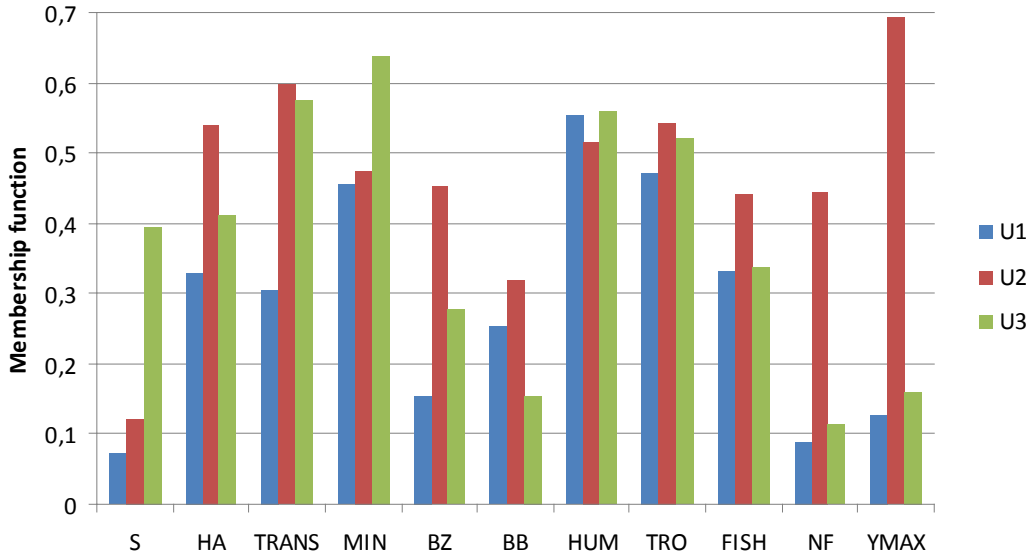
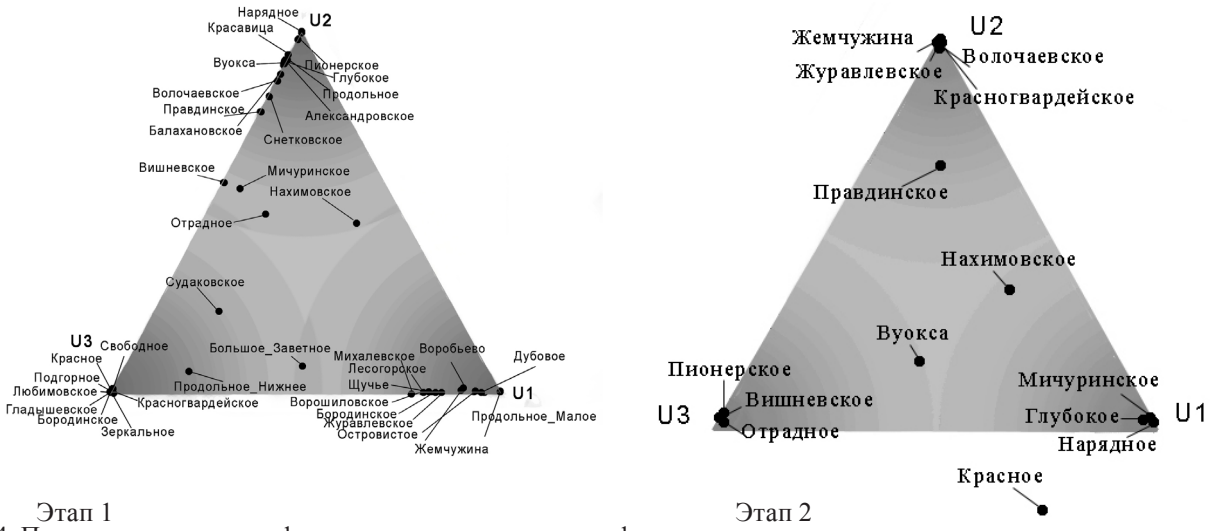


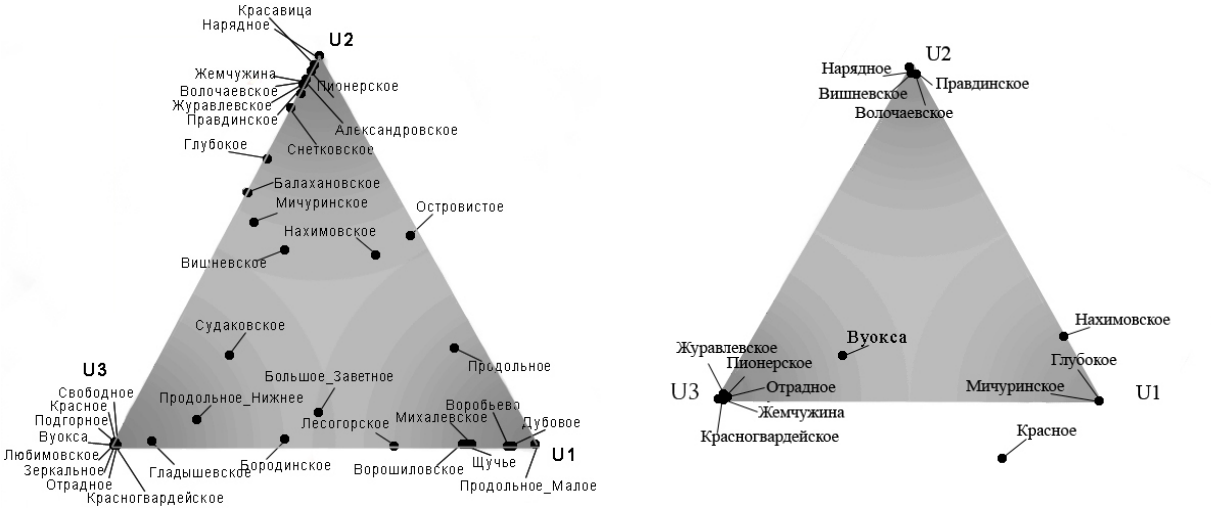
Рис. 3. Характеристика центров тяжести кластеров озер Карельского перешейка. Этап 2, обозначения см. рис. 2

максимально возможных выловах рыб распределение озер по кластерам проходит более размыто. В некоторых случаях озера даже переходят из одного кластера в другой; например (этап 1) озеро Нарядное из третьего кластера со средними и не постоянными выловами попало во второй кластер, который харак-



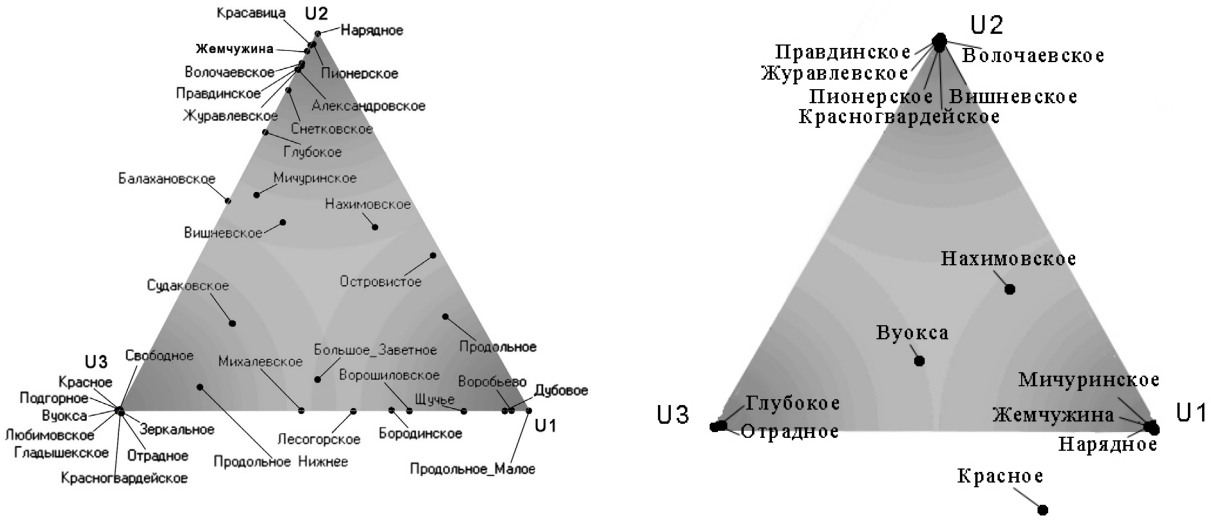
Этап 1 Этап 2

Рис. 4. Представление классификации озер в координатах функции принадлежности каждого озера к трем кластерам (U1, U2, U3). Вершины равностороннего треугольника соответствуют единичному значению функции. Положение каждой точки определяется расстоянием до этих вершин, причем сумма этих расстояний равна единице.



Этап 1 Этап 2

Рис. 5. Классификации озер, модель реализована без ввода числа видов рыб



Этап 1 Этап 2

Рис. 6. Классификации озер, реализация модели без ввода числа видов рыб и их максимальных уловах

теризуется большими уловами, а Красногвардейское озеро, наоборот, попало в третий кластер из второго. Во втором этапе озером с неявными характеристиками оказалось Журавлевское, которое каждый раз с изменением количества информации меняло кластер, пройдя путь от первого до третьего.

В большинстве случаев озера оставались в тех же кластерах, в которых были при сохранении данных об уловистости, что показывает, что примененный метод показал себя эффективно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате применения метода нечеткой классификации для 36 озер Карельского перешейка с использованием 11 характеристик каждого озера, была создана классификация этих озер. Применение метода нечеткого представления кластеров позволяет отойти от однозначной системы классификации озер, которая не всегда позволяет точно определить тип озера, что давно было отмечено. Например, Андронникова и Мокиевский (1984) указывают, что при описании озера Красного в нем встречались черты как олиготрофного, так и мезотрофного и эвтрофного водоемов.

Сравнение экологического состояния озер за прошедший 30–40-летний период показал, что внесение удобрений и вселение новых видов рыб дает положительный, но не долгосрочный результат. При прекращении антропогенного воздействия результаты воздействия нивелируются.

Результаты проведенной работы показывают, что метод нечеткой классификации для определения рыбопродуктивности озер можно использовать, не зная таких параметров, как число видов рыб в озерах и их максимально возможный вылов.

Сравнение результатов при максимально полной информации и отсутствии данных по рыбным выловам показывает, что для некоторых озер отсутствие таких параметров может оказаться существенным при определении его рыбопродутивности. В большинстве же случаев полученные результаты с учетом неполной информации подтверждаются раннее проведенными экспериментами, полученными при полном наборе характеристик.

Данный метод показан как возможный способ определения рыбопродуктивности озер, для которых не известны количество видов рыб, обитающих в том или ином озере, а также максимально возможные выловы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андронникова И.Н., Мокиевский К.А. 1984. Особенности формирования качества воды в озерах различного типа. Л.: Наука. 198 с.

Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. 2006. Генетический алгоритм. М.: Физматгиз. 320 с.

Китаев С.П. 1984. Экологические основы биопродуктивности озер различных природных зон. М.: Наука. 207 с.

Китаев С.П. 2007. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Кар. НЦ РАН. 395 с.

Костюничев В.В. 2008. Рыбоводно-биологическое обоснование на рыбохозяйственное использование озер Липовское, Глубокое, Копанское Кингисеппского района Ленинградской области и заключение по рыбохозяйственному использованию озера Белого и Поддубского Лужского района Ленинградской области. Отчет о НИР / СПб.: Фонды ГосНИОРХ. 147 с.

Костюничев В.В. 2009. Рыбоводно-биологическое обоснование на рыбохозяйственное освоение озера Вишневского (Выборский район Ленинградской области). Отчет о НИР / СПб.: Фонды ГосНИОРХ. 25 с.

Мицкевич О.И. 2006. Оценка ущерба рыбным запасам при строительстве 2-х причалов на оз. Красногвардейское. Отчет о НИР / СПб.: Фонды ГосНИОРХ. 20 с.

Мицкевич О.И. 2009. Оценка негативного воздействия на водные биоресурсы и расчет ущерба рыбным запасам строительства пирса на оз. Пионерское Выборского района Ленинградской области Отчет о НИР / СПб.: Фонды ГосНИОРХ. 21 с.

Руденко Г.П. 1990. Определить оптимальный уровень биопродуктивности озер для их эффективного рыбохозяйственного использования. I Биопродуктивность озер Северо-Запада и центральных областей Европейской части РСФСР и величина допустимого улова. Отчет о НИР / СПб.: Фонды ГосНИОРХ. 88 с.

Руденко Г.П. 2000. Продукционные особенности ихтиоценозов малых и средних озер Северо-Запада и их классификация. Санкт-Петербург: ГосНИОРХ. 223 с.

Рутковский Л. 2010. Методы и технологии искусственного интеллекта. М.:Телеком. 520 с.

Рыбохозяйственный кадастр малых озер Ленинградской области. 1977. Озера Карельского перешейка // Изв. ГосНИОРХ. Том 124. 166 с.

Терешенков И.И. 1987. Перспективы рыбохозяйственного использования озера Отрадного (Ленинградская область) // Рыбные запасы и промысел в водоемах Северо-Запада. Сб. научн. тр. ГосНИОРХ. Вып. 266. С. 95–100.

УДК 574.583(571.13):581 DOI 10.15853/978-5-902210-45-03

ЗЕЛЕНЫЕ ВОДОРОСЛИ ИЗ ПЛАНКТОНА СТАРИЧНЫХ ОЗЕР ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.В. Коржова, Ю.С. Чуниховская

Ст. преп., к. б. н.; аспирантка; Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина
644008, Омск, ул. Физкультурная, 2
Тел., факс: (3812) 65-46-27. E-mail: germanluda@mail.ru, julija_26@inbox.ru

ФИТОПЛАНКТОН, CHLOROPHYTA, ВИДОВОЙ СОСТАВ, ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, РЕДКИЕ ВИДЫ, ФЛОРИСТИЧЕСКОЕ СХОДСТВО

Изучен видовой состав зеленых водорослей (*Chlorophyta*) трех старичных озер Омской области. Приведена их эколого-географическая характеристика, рассчитан коэффициент сходства таксономического состава.

GREEN ALGAE FROM THE PLANKTON OF OXBOW LAKES, OMSK REGION

L.V. Korzhova, Yu.S. Chunikhovskaya

Senior Lecturer, Ph. D.; graduate student; P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University
644008, Omsk, Fizkulturnaya, 2
Tel., fax: (3812) 65-46-27. E-mail: germanluda@mail.ru, julija_26@inbox.ru

PHYTOPLANKTON, CHLOROPHYTA, SPECIES COMPOSITION, ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL CHARACTERISTICS, RARE SPECIES, FLORISTIC SIMILARITY

Species composition of green algae (*Chlorophyta*) is examined in three oxbow lakes of Omsk region. Ecological and geographical characterization of the algae is provided, and factor of similarity is estimated for the taxonomic composition.

Омская область расположена на юге Западно-Сибирской равнины, в среднем течении реки Иртыш. Территория богата естественными водоемами, в том числе озерами, различными по величине и происхождению. Многие озера интенсивно используются населением для рыбной ловли, водопоя скота, рекреации и других хозяйственно-бытовых нужд.

Старичные озера — это водоемы речного происхождения, замкнутые, удлиненной формы, которые располагаются в долинах рек, сообщающиеся или нет с рекой во время паводков и половодий (Липин, 1950).

Представители зеленых водорослей (отдел Chlorophyta) являются неотъемлемым компонентом биоразнообразия различных водных экосистем и обладают быстрой ответной реакцией на изменение экологической ситуации. В планктоне озер Омской области водоросли отдела Chlorophyta в большинстве случаев занимают первое место по видовому богатству и лидирующие позиции по обилию (Баженова, 2005).

Объектом исследования являлись старичные озера Омской области.

Оз. Старица (55°13′15.8″ с. ш., 72°57′32.0″ в. д.) находится на территории ООПТ регионального значения «Пойма Любинская». Заказник располагается на левобережной пойме Иртыша, в границах оз. Старица, примыкая к северо-восточной части села Любино-Малороссы и южной части поселка Красный Яр. Площадь водного зеркала 14,14 км^2. Котловина озера имеет неправильную форму, длина озера около 8 км, ширина до 400 м, глубина 1,5–6,5 м.

Оз. Петровское (56°56′25″ с. ш., 74°11′29″ в. д.) находится в Тарском районе Омской области, имеет подковообразную форму. Площадь 2,09 км^2. Длина озера около 4 км, ширина около 100 м. Глубина озера не превышает 1,5 м, прозрачность по диску Секки — до дна. Озеро глубоко эвтрофированное. Берега обильно заросли жесткой надводной растительностью (Баженова и др., 2011) .

Оз. Калач (55°03′00.9″ с. ш., 74°35′28.0″ в. д.) — это водоем природно-антропогенного происхождения с замкнутым водообменом, расположенный в

центре города Калачинска (Омская область). Площадь водного зеркала озера составляет 0,02 км^2, длина береговой линии — 6150 м, средняя ширина — 76 м, средняя глубина — 1,5–1,8 м, максимальная глубина достигает 4 м. Согласно классификации А.Г. Поползина (1987), по морфометрии и морфологии озерной впадины оз. Калач относится к водоемам сложной формы.

Водоемы отличаются друг от друга размерами, степенью зарастаемости высшей водной растительностью и значением. Кроме того, они находятся в разных районах Омской области и испытывают на себе антропогенную нагрузку различной степени. Так, например, оз. Старица, как отмечено выше, находится на территории ООПТ регионального значения «Пойма Любинская» (Перечень особо охраняемых.., 2014), а оз. Калач расположено в центре г. Калачинска (Коржова, 2013).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Отбор и обработку проб фитопланктона проводили общепринятыми в гидробиологии методами (Федоров, 1979). Качественные пробы объемом несколько литров отбирали зачерпыванием из поверхностного слоя воды на станциях, регулярно расположенных по акватории озер. Пробы фиксировали 40%-м формалином до появления слабого запаха, концентрировали осадочным методом и обрабатывали путем микроскопирования. При микроскопировании использовали световые микроскопы EULER Professor 770T (увеличение ×1000) и Микмед-1 (увеличение ×900). Из-за отсутствия жгутиковых форм зеленых водорослей (порядок Volvocales) в исследовании использовали только фиксированные пробы. При определении видового состава зеленых водорослей использовали отечественные и зарубежные определители (Коршиков, 1953; Определитель пресноводных водорослей.., 1959; Царенко, 1990). Для уточнения современных данных по систематике отдела Chlorophyta использовали базу данных и определитель (Algae of Ukraine.., 2011; сайт AlgaeBase). Для эколого-географической характеристики идентифицированных видов использовали данные определителей (Царенко, 1990; Определитель пресноводных водорослей…, 1959; Определитель пресноводных.., 1986; Коршиков, 1953; Hindak, 1988) и публикаций последних лет (Баринова и др., 2006).

Эколого-географический анализ позволил выявить индикаторные организмы по отношению к местообитанию, солености воды, ацидификации среды и географическому распространению: по отношению к солености воды использовали систему галобности, основанную на классификации Р. Кольбе, дополненную А.И. Прошкиной-Лавренко (Прошкина-Лавренко, 1953), по отношению к активной реакции среды (pH) использовали шкалу, разработанную Ф. Хустедтом, с учетом современных сведений (Баринова и др., 2006).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным наших исследований, флору зеленых водорослей исследованных нами старичных озер Омской области составляют 163 видовых и внутривидовых таксонов (далее ВВТ), относящихся к 3 классам (*Ulvophyceae, Trebouxiophyceae, Chlorophyceae*), 7 порядкам (*Ulotrichales, Chlorellales, Trebouxiales, Chlamydomonadales, Volvocales, Chlorococcales, Sphaeropleales*), 17 семействам (*Ulotrichaceae, Chlorellaceae, Oocystaceae, Elakatotrichaceae, Botryococcaceae, Choricystidaceae, Chlamydomonadaceae, Volvocaceae, Chlorococcaceae, Sphaerocystidaceae, Treubariaceae, Neochloridaceae, Radiococcaceae, Choraciaceae, Hydradictyaceae, Selenastraceae, Scenedesmaceae*) и 60 родам (табл. 1).

Географическое распространение известно для 112 ВВТ, что составляет 68,71% от общего числа идентифицированных видов. Доминируют космополиты: 90 ВВТ (80,36% от числа ВВТ с известным географическим распространением). Гораздо меньше голарктических видов: 20 ВВТ (17,86%). Найдено два бореальных вида: *Raphidocelis subcapitata* (Korsch.) Nyg. и *Coenocystis subcylindrica* Korsch. Как установлено ранее (Баженова, 2005; Игошкина, Баженова, 2014; Герман, 2012), преобладание в фитопланктоне космополитов связано с высокой степенью эвтрофирования водных объектов Омской области.

Отношение к солености известно для 51 идентифицированных ВВТ. Среди них преобладают индифференты: 45 ВВТ (88,24% от общего числа ВВТ с известным отношением к солености воды). Галофилы — 5 ВВТ (*Oocystis lacustris* Chod., *Volvox aureus* Ehrb., *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs., *Chlorella vulgaris* Beijer. и *Monoraphidium tortile* (West) Kom.-Legn.), из числа олигогалобов найдена только *Ankyra ocellata* (Korsch.) Fott.

Таблица 1. Видовое богатство зеленых водорослей (Chlorophyta) из планктона старичных озер Омской области

Озеро	Число				
	классов	порядков	семейств	родов	видов и внутривидовых таксонов
Петровское	3	4	13	45	100
Калач	2	6	14	44	102
Старица	3	6	15	45	82

Небольшая доля видов с известным отношением к pH воды (6,75% от общего числа ВВТ) снижает значимость этого показателя для характеристики фитопланктона водоема.

Сведения о приуроченности зеленых водорослей к определенному местообитанию известны для 123 ВВТ (75,46% идентифицированных зеленых водорослей). Среди них преобладают планктонно-бентосные организмы (65,04%), второе место занимают истинно планктонные виды (33,33%), эпифиты представлены двумя видами — *Ankyra ocellata* и *Characium ornithocephalum* A. Br.

Среди индикаторов сапробности преобладают β-мезосапробионты (47 ВВТ или 50% от общего числа идентифицированных видов), что указывает на высокий уровень загрязнения водоема органическими веществами. Около половины выявленных индикаторов сапробности (43 ВВТ или 45,74%) обладают широкой толерантностью к загрязнению воды органическими веществами и могут обитать в широком интервале сапробности воды — от олигосапробной зоны до α-мезосапробной. Значительное количество ВВТ зеленых водорослей, обладающих широкой толерантностью, указывает на высокую степень загрязнения исследованных озер органическими веществами.

Для определения степени сходства таксономического состава зеленых водорослей в старичных озерах Омской области использовали коэффициент Чекановского–Серенсена (Кчс). Пределы изменения коэффициента от 0 до 1, причем Кчс =1 означает полное сходство флор (Шмидт, 1980). Анализ полученных значений коэффициента показал значительное сходство исследуемых флор. По значению коэффициента Чекановского–Серенсен, максимальное сходство флоры зеленых водорослей показывает пара озер Петровское и Калач (0,57): данные озера испытывают разную антропогенную нагрузку, но имеют общее происхождение, являются глубоко эвтрофированными. Несколько меньшее сходство выявлено в паре Старица и Петровское (0,56), еще ниже сходство в паре Старица и Калач (0,49).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в фитопланктоне старичных озер Омской области найдены виды, относящиеся к различным эколого-географическим группам. По географической приуроченности преобладают космополиты, по отношению к местообитанию — планктонно-бентосные виды, по отношению к солености и pH воды — индифференты. Наибольшим сходством флоры обладают озера Петровское и Калач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баженова О.П., Вахрушев А.А., Герман Л.В., Завалин А., Кренц О.О., Стренецева И.Ю., Шитикова А., Шаховал В.Е., Яковлев К.А. 2011. Озера Омской области. Омск. 24 с.

Баженова О.П. 2005. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока. Омск: ОмГАУ, 248 с.

Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio. 498 с.

Герман Л.В. 2012. Таксономический состав фитопланктона озера Калач (г. Калачинск, Омская область) // Омский научный вестник. № 1 (108). С. 135–137.

Игошкина И.Ю., Баженова О.П. 2014. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика водорослей и цианобактерий из планктона водоема природного парка «Птичья гавань» (г. Омск) // Вестник АлтГАУ. № 3 (113). С. 44–48.

Коржова Л.В. 2013. Оценка экологического состояния озера Калач (г. Калачинск, Омская область) по показателям развития фитопланктона: Автореф. … канд. биол. наук (03.02.08 – экология, 03.02.10 – Гидробиология). Новосибирск. 19 с.

Липин А.Н. 1950. Пресные воды и их жизнь. М.: Учпедгиз. 348 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР: в 14 вып. 1959 / Вып. 8: Зеленые водоросли. Класс вольвоксовые. М.-Л.: АН СССР. 231 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР: в 14 вып. 1986 / Вып. 10, т. 1: Зеленые водоросли. Класс Улотриксовые. Порядок Улотриксовые. Под ред. К.Л. Виноградовой. Л.: Наука, Ленингр. отд-е. 306 с.

Перечень особо охраняемых природных территорий Омской области на 01.07.2014 г. (по данным Министерства природных ресурсов и экологии Омской области) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.omsktfi.ru/nature/uniqobjects/oopt/618--01102011-.html (дата обращения: 01.12.2014).

Поползин А.Г. 1987. Генетические типы озер юга Западной Сибири и их использование в хозяйстве // Природные ресурсы Западной Сибири, прилегающих горных территорий и ихиспользование. Новосибирск. С. 24–30.

Прошкина-Лавренко А.И. 1953. Диатомовые водоросли — показатели солености воды. Л.: ЛГУ. 617 с.

Федоров В.Д. 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ. 168 с.

Царенко П.М. 1990. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наукова думка. 208 с.

Шмидт В.М. 1980. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 176 с.

Algae of Ukraine: Diversity, Nomenclature, Taxonomy, Ecology and Geography. Vol. 3. Chlorophyta. 2011. (Edited by P.M. Tsarenko, Solomon P. Wasser & Eviatar Nevo). Liechtenstein: Ruggell, A.R.G. Gantner Verlag, 633 p.

Hindak F. 1988. Studies on the Chlorococcal algae (Chlorophyceae). Biol. Prace SAV, 34/1–2.

Коршиков О.А. 1953. Підклас протококові (Protococcineae). (Визначник прісноводних водоростей Української РСР, т. 5). Кїев: Вид-во АН УРСР. 439 с.

AlgaeBase is a database of information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.algaebase.org/ (дата обращения: 12.01.2015).

УДК 502.453:551.482.214 DOI 10.15853/978-5-902210-45-04

БИОГЕННЫЙ РЕЖИМ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ КОЛЬ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2011 Г.

Д.С. Виноградова, Д.П. Погорелова

Мл. н. с., мл. н. с., Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: svd88@list.ru, pogorelova.diana@list.ru

РЕКА КОЛЬ, ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, БИОГЕНЫ

В данной работе представлены динамика минерального и органического азота и фосфора, а также содержания железа и кремния в нижнем течении реки Коль в летний период 2011 г.

BIOGENIC REGIME IN THE LOWER PART OF THE KOL RIVER IN SUMMER 2011

D.S. Vinogradova, D.P. Pogorelova

Researcher, researcher, Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya Str., 18
Tel.: (4152) 41-27-01. E-mail: svd88@list.ru, pogorelova.diana@list.ru

KOL RIVER, HYDROCHEMICAL CONDITIONS, BIOGENS

Dynamics of mineral and organic nitrogen and phosphorus and content of iron and silicon in the lower part of the Kol River in summer 2011 are demonstrated in this work.

Вода в естественных условиях не встречается в химически чистом виде и представляет собой раствор, так как в ней всегда оказывается растворенным то или иное количество различных веществ. При движении по поверхности водосбора и внутри него вода растворяет минеральные и органические вещества. Наряду с этим происходит и частичное их выпадение, связанное с химическими, физико-химическими и биохимическими процессами, специфически протекающими в различных условиях водосборов. В результате формируется тот или иной химический состав вод (Привезенцев, 1987).

Присутствие в воде растворенных и взвешенных веществ, особенно биогенных, определяет условия существования гидробионтов. Биогенные вещества опосредованно, через растительные водные организмы, оказывают воздействие на полноценность кормовой базы молоди рыб, на их выживаемость.

Река Коль является нерестово-выростным водотоком для всех видов тихоокеанских лососей. Ее бассейн расположен на западном побережье Камчатки, в южной части Соболевского района Камчатского края. Река Коль берет начало в отрогах Срединного хребта и впадает в Охотское море. Данный водоток имеет горный и полугорный характер. От верхнего течения и до приустьевых участков уклон русла значительный, составляет более 5 м/км (Павлов и др., 2009). Общая протяженность реки — 122 км, площадь водосбора — 1580 км^2 (Ресурсы.., 1966).

Цель настоящей работы — исследовать биогенный режим нижнего течения р. Коль в летний период 2011 г.

Биогенные вещества — минеральные вещества, наиболее активно участвующие в жизнедеятельности водных организмов (ГОСТ 17403-72). К ним относятся минеральные соединения N, P, Si, Fe.

Источником биогенных веществ в речной воде являются: естественные выделения живых гидробионтов; кровь и слизь, попадающие в воду в ходе их добычи; трупы гидробионтов, в том числе сненка; опад наземной растительности; попавшие в воду воздушные насекомые и трупы наземных живых организмов; поверхностные стоки с территории бассейна реки, содержащие органические вещества, образующиеся в процессе жизнедеятельности наземных живых организмов и в результате их разложения после смерти. Однако пути поступления

в речную воду биогенных веществ неоднозначны. Если соединения азота и фосфора появляются в природных водах главным образом в результате распада органических веществ, то железо и кремний поступают в воду преимущественно из горных пород. Существенным источником соединений азота в речной воде являются окислы азота, образующиеся в воздухе при разряде атмосферного электричества.

Актуальность исследования заключается в том, что знание биогенного режима естественного лососевого водотока дает возможность правильно оценивать значение изменений концентрации биогенов в воде при искусственном выращивании лососевых и при восстановлении водотоков до рыбохозяйственного значения.

В доступных нам источниках нет информации по биогенному режиму р. Коль, что придает нашим исследованиям в данной области бесспорную значимость.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Пробы воды для гидрохимического анализа из нижнего течения р. Коль были взяты в летний период 2011 г. Места отбора проб располагались в устье, основном русле (на расстоянии 8 км от устья) и в притоке (р. Красная) исследуемого водотока (рис. 1).

Определение растворенных в воде биогенных элементов (аммонийного, нитритного и нитратного азота, фосфатов, железа и кремния) проводили по стандартным гидрохимическим методам (Руководство.., 1973). Общий фосфор и азот определяли по методике ВНИРО (Справочник.., 1991).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Минеральный азот. В основном русле реки в конце третьей декады июня, в июле и в первой декаде августа 2011 г. аммонийный азот (рис. 2) присутствовал в количестве от 38 до 58 мкг/л. 20 августа наблюдался резкий скачок концентрации: она увеличилась более чем в три раза и составила 193 мкг/л.

В притоке реки в июле и в первой декаде августа 2011 г. вещество содержалось в концентрациях от 111 до 177 мкг/л (рис. 2). 13 августа был зафиксирован скачок концентрации аммонийного азота до 553 мкг/л. Средняя величина аммонийного азота в основном русле за период наблюдения составила 74,8 мкг/л, в притоке реки — 244,8 мкг/л, в устье — 72,5 мкг/л.

Нитритный азот (рис. 3) в пробах, взятых в основном русле реки в конце третьей декады июня, в июле и в первой декаде августа 2011 г., содержался в количествах от 1,5 до 2,2 мкг/л. 20 августа зафиксировано резкое повышение концентрации вещества до 5,3 мкг/л. В притоке реки (рис. 3) во второй декаде июля мы наблюдали повышение концентрации нитритного азота по сравнению с первой декадой более чем в два раза (2,6 мкг/л). В августе концентрация вещества была близка к исходному значению и изменялась от 1,1 до 1,4 мкг/л. В устье реки содер-

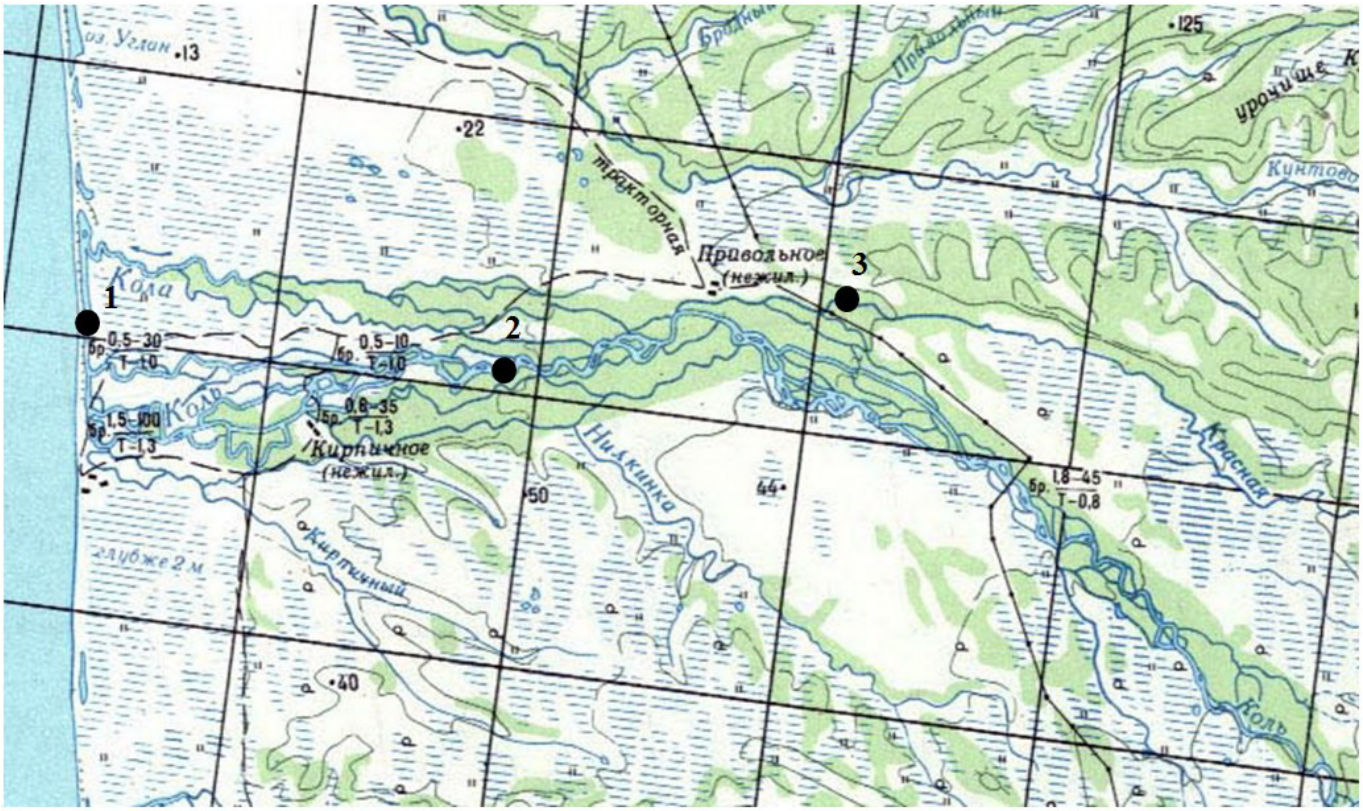


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб в нижнем течении р. Коль в летний период 2011 г. 1 — в устье, 2 — в основном русле, 3 — в притоке

жание вещества было несколько выше, чем на других участках водотока. Средняя величина нитритного азота в основном русле за период наблюдения составила 2,4 мкг/л, в притоке реки — 1,5 мкг/л, а в устье — 3,9 мкг/л.

Нитратный азот. За весь период исследований максимальное количество нитратного азота (рис. 4) зафиксировано 30 июня в основном русле реки (48 мкг/л), минимальное содержание вещества было отмечено в притоке во второй декаде августа (2 мкг/л).

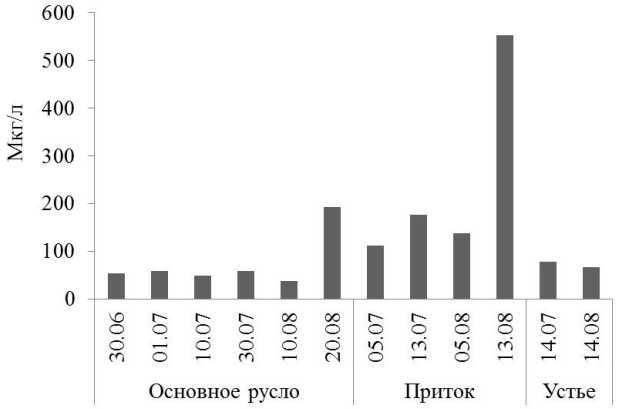


Рис. 2. Содержание аммонийного азота в нижнем течении р. Коль в летний период 2011 г.

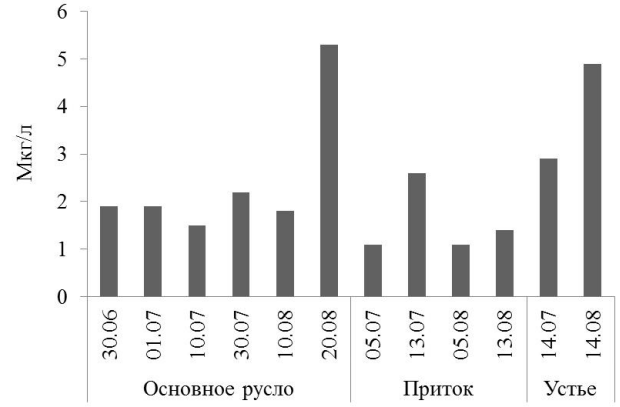


Рис. 3. Содержание нитритного азота в нижнем течении р. Коль в летний период 2011 г.

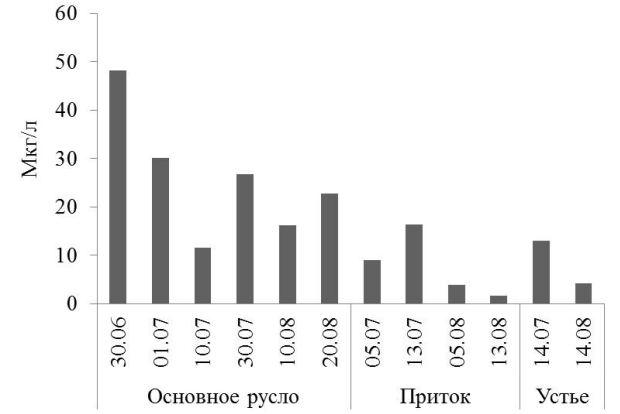


Рис. 4. Содержание нитратного азота в нижнем течении р. Коль в летний период 2011 г.

Нитратный азот в пробах, взятых в основном русле реки в июле и августе 2011 г., содержался в количествах от 12 до 30 мкг/л. В притоке реки (рис. 4) во второй декаде июля мы наблюдали повышение концентрации нитратного азота, по сравнению с первой, более чем в полтора раза (16 мкг/л). В августе концентрация вещества стала снижаться и опустилась 13 числа до 2 мкг/л. Средняя величина нитратного азота в основном русле за период наблюдения составила 26 мкг/л, в притоке реки — 8 мкг/л, а в устье — 9 мкг/л.

Общий азот. В основном русле р. Коль содержание общего азота (рис. 5) изменялось от 539 до 850 мкг/л. Максимальное его количество отмечено в первой декаде июля, минимальное — во второй декаде августа. В притоке с июля по август наблюдалось повышение общего азота, максимум которого пришелся на 13 августа и составил 674 мкг/л, в то время как в основном русле и устье р. Коль зафиксировали его снижение. Средняя величина общего азота в основном русле за период наблюдения составила 676 мкг/л, в притоке реки — 550 мкг/л, а в устье — 569 мкг/л. В течение всего исследуемого периода в основном русле и устье реки преобладала органическая форма азота (рис. 6). В притоке она также пре-

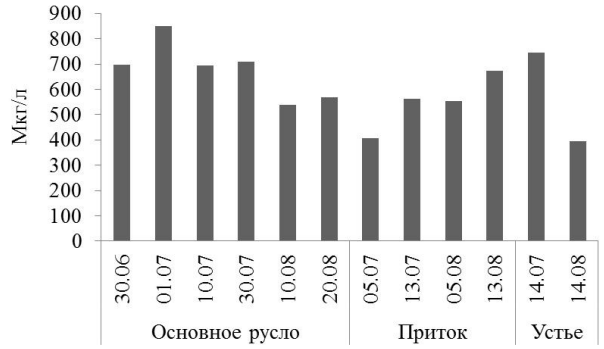


Рис. 5. Содержание общего азота в нижнем течении р. Коль в летний период 2011 г.

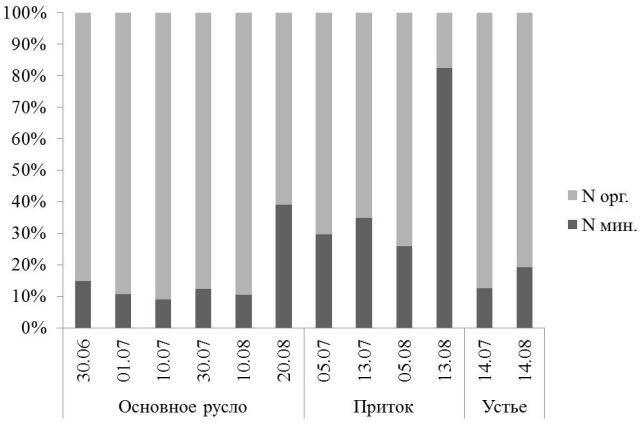


Рис. 6. Соотношение форм азота в нижнем течении р. Коль в летний период 2011 г.

валировала, но уже ко второй декаде августа составляла 18% от общего азота.

Минеральный фосфор. В основном русле реки в конце третьей декады июня, в июле и в первой декаде августа 2011 г. значения минерального фосфора в пробах (рис. 7) варьировали от 14 до 16 мкг/л. 20 августа наблюдалось резкое увеличение концентрации фосфатов более чем в полтора раза — до 25 мкг/л.

В притоке реки в июле и августе 2011 г. вещество содержалось в концентрациях от 25 до 44 мкг/л (рис. 7). Средняя величина минерального фосфора в основном русле за период наблюдения составила 16,5 мкг/л, в притоке реки — 36,5 мкг/л, в устье — 15,5 мкг/л.

Общий фосфор. В основном русле р. Коль содержание общего фосфора (рис. 8) изменялось от 48 до 70 мкг/л. Максимальное количество общего фосфора было отмечено в первой декаде июля, минимальное — во второй декаде августа. В притоке концентрация вещества изменялась от 53 до 83 мкг/л. Максимум был зафиксирован 13 августа. Средняя величина общего фосфора в основном русле за период наблюдения составила 58 мкг/л, в притоке реки — 73 мкг/л, в устье — 55 мкг/л. В течение всего периода исследования в основном русле р. Коль преобладала органическая форма фосфора (рис. 9), в то же время отмечался постепенный рост вещества минеральной формы. В устье и в притоке, за исключением 13 июля, преобладала минеральная форма фосфора.

Железо. Приток р. Коль (р. Красная) очень богат железом, поскольку по своим гидрологическим характеристикам он относится к водотокам тундрового типа (Павлов и др., 2009). В течение всего периода исследования именно там наблюдались максимальные концентрации железа от 146 до 366 мкг/л. В основном русле р. Коль и в ее устье (рис. 10) количество железа было невысоким: от 11 до 45 мкг/л и от 31 до 35 мкг/л соответственно.

Средняя величина железа в основном русле за период наблюдения составила 26,2 мкг/л, в притоке реки — 275,3 мкг/л, в устье — 33 мкг/л.

Кремний. Реки Камчатского края богаты кремнием, и р. Коль не является исключением. В основном русле и устье в период наблюдения в 2011 г. концентрация кремния изменялась от 2600 до 4200 мкг/л и от 3300 до 3900 мкг/л соответственно, тогда как наибольшее содержание вещества наблюдалось в притоке реки (5600–11100 мкг/л) (рис. 11).

Средняя величина кремния в основном русле за период наблюдения составила 3300 мкг/л, в притоке реки — 9600 мкг/л, а в устье — 3600 мкг/л.

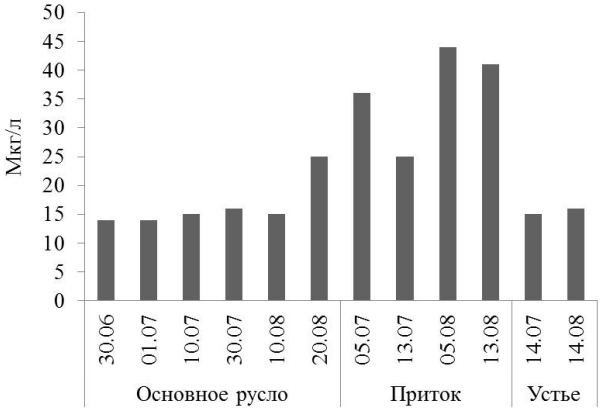


Рис. 7. Содержание минерального фосфора в нижнем течении р. Коль в летний период 2011 г.

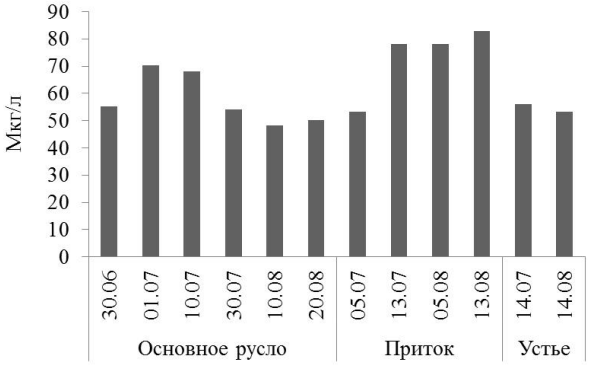


Рис. 8. Содержание общего фосфора в нижнем течении р. Коль в летний период 2011 г.

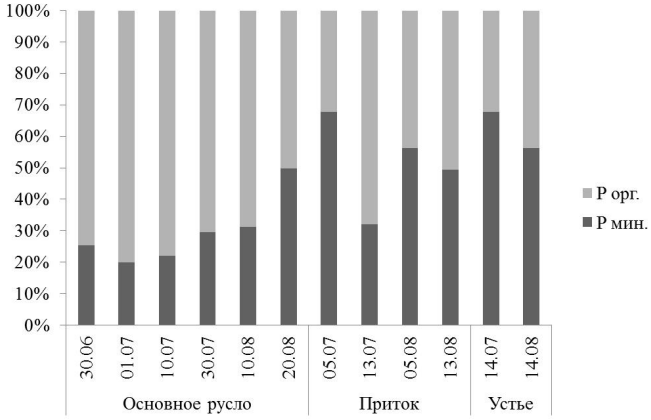


Рис. 9. Соотношение форм фосфора в нижнем течении р. Коль в летний период 2011 г.

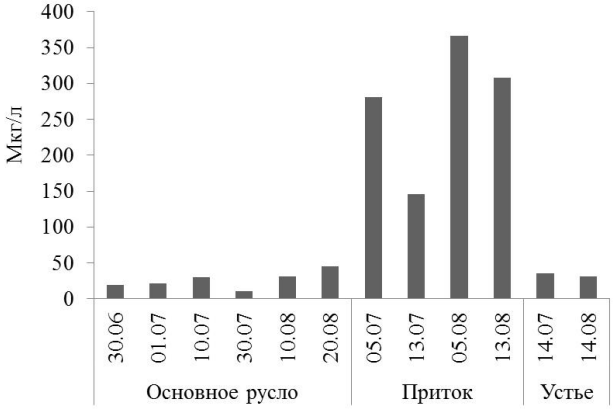


Рис. 10. Содержание железа в нижнем течении р. Коль в летний период 2011 г.

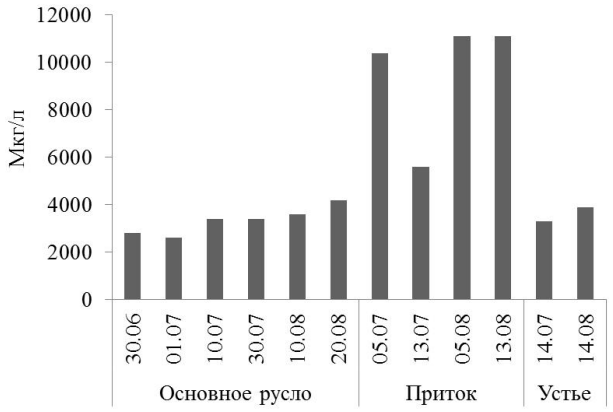


Рис. 11. Содержание кремния в нижнем течении р. Коль в летний период 2011 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено количество и соотношение биогенных веществ в нижнем течении р. Коль в летний период 2011 г.

На протяжении исследуемого периода наблюдались скачкообразные изменения концентрации соединений азота, фосфора, железа и кремния.

По сравнению с основным руслом и устьем р. Коль, в ее притоке (р. Красная), являющемся тундровым водотоком, установлено повышенное содержание кремния, железа и фосфатов.

В основном русле средние величины общего азота, общего фосфора, железа и кремния составили 676, 58, 26,2, 3300 мкг/л соответственно. В устье средние величины концентрации биогенов приняли следующие значения: 569, 55, 33, 3600 мкг/л. А в притоке средние значения: общего азота — 550 мкг/л, общего фосфора — 73 мкг/л, железа — 275,3 мкг/л, кремния — 9600 мкг/л.

Результаты исследований являются фоновыми, что позволяет использовать их в будущем для различных целей, в том числе для выявления антропогенной нагрузки на водоток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ГОСТ 17403-72 Гидрохимия. Основные понятия. Термины и определения.

Павлов Д.С., Савваитова К.А., Кузищин К.В., Груздева М.А., Стэнфорд Д.А. 2009. Состояние и мониторинг биоразнообразия лососевых рыб и среды их обитания на Камчатке. М.: Т-во науч. изданий КМК. 156 с.

Привезенцев Ю.А. 1987. Гидрохимия рыбохозяйственных водоемов комплексного назначения: Учебное пособие. 2-е изд. М.: ТСХА. С. 58.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. 1966. Т. 20. Камчатка. Под. ред. В.Ч. Здановича. Л.: Гидрометеоиздат. 258 с.

Руководство по химическому анализу вод суши. 1973. Под ред. О.А. Алекина. Л.: Гидрометеоиздат. 286 с.

Справочник гидрохимика: рыбное хозяйство. 1991. Под ред. В.В. Сапожникова. М.: Агропромиздат. 224 с.

УДК 556.55 DOI 10.15853/978-5-902210-45-05

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА САРАННОГО (КОМАНДОРЫ)

Н.М. Вецлер

Вед. н. с., к. б. н., Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683003, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: vetsler@kamniro.ru

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ, ЛЕДОСТАВ, ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ЛЕТО, ГОМОТЕРМИЯ, ОЗЕРО САРАННОЕ, ОСТРОВ БЕРИНГА, КОМАНДОРЫ

Проанализированы многолетние изменения гидрологического режима оз. Саранного, являющегося нерестово-нагульным водоемом нерки. Показано определяющее влияние островного климата на термику озера. Интенсивное ветровое перемешивание в осенний период приводит к сильному выхолаживанию водоема перед ледоставом и обуславливает низкую температуру воды в зимний период. Основная особенность термического режима в летние месяцы — гомотермия, или слабовыраженная стратификация, связана с постоянной циркуляцией водных масс, в силу значительной ветровой экспозиции водоема, и с особенностями конфигурации озерного ложа. Климатические изменения на Командорских островах повлияли на динамику гидрологического режима оз. Саранного в 2002–2012 гг., что проявилось в тенденции роста температуры воды во время гидрологического лета.

HYDROLOGICAL CHARACTERIZATION OF SARANNOYE LAKE (COMMANDER ISLANDS)

N.M. Vetsler

Leading scientist, Ph. D., Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683003, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya, 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: vetsler@kamniro.ru

HYDROLOGICAL REGIM, WATER TEMPERATURE, FREEZING-OVER, HYDROLOGICAL SUMMER, HOMOTHERMY, SARANNOYE LAKE, BERING ISLAND, COMMANDER ISLANDS

Long-term dynamics of the hydrological regime of Sarannoye Lake, a spawning and nursery lake for sockeye salmon, has been analyzed. Regulatory role of climate of the archipelago for the temperature regime of the lake has been demonstrated. Intense wind mixing in autumn is demonstrated as a cause of strong cooling of the lake by freezing and a driver of the low water temperature in winter. Homothermy or weak stratification as a result of permanent circulation of water masses due to extensive exposition of the lake to winds and configuration specifics of the lake bed is demonstrated as the main feature of the temperature regime in summer months. Climate change in the Commander Islands led to some changes of the hydrological regime of Sarannoye Lake in 2002–2012, including the water temperature increase during the hydrological summer.

Командоры — западная оконечность Алеутской островной гряды, дугой перекинувшейся между Азией и Северной Америкой. Отсюда до Камчатки — 175 км. Основу Командорского архипелага составляет остров Беринга. Озеро Саранное — самое крупное из расположенных на острове: его длина равна 7,8 км, средняя ширина — 4,6 км, максимальная глубина — 32,5 м (рис. 1). Водоем имеет рыбохозяйственное значение, являясь нерестово-нагульным для тихоокеанского лосося — нерки (*Oncorhynchus nerka* Walb.).

Первые сведения об оз. Саранном приведены в работе Е.К. Суворова (1911), посетившего Командорские острова в 1910 г. Отрывочные данные о термических условиях в озере в летний период представлены в работе С.И. Куренкова (1970). В 1990-е годы изучение водоема проводили сотрудники лаборатории мониторинга озерных экосистем КамчатНИРО. Ежегодные сборы данных в этот период носили эпизодический характер (один–два раза в летне-осенние месяцы), а результаты исследований не были опубликованы. Начиная с 2002 г., отбор материала стали проводить более регулярно, охватывая, по возможности, все се-

зоны года. Цель настоящей работы — обобщить результаты 11-летних наблюдений и охарактеризовать гидрологические условия в оз. Саранном.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований послужили данные гидрологических наблюдений, проведенных на оз. Саранном в 2002–2012 гг. Температуру воды измеряли на постоянной станции, расположенной в глубоководной части пелагиали озера (красный буй) (рис. 1) на горизонтах 0, 5, 10, 20, 30 м при помощи опрокидывающегося батометра с глубоководным термометром. Анализ температурного режима водоема проводили по средневзвешенным величинам, рассчитанным для слоев 0–10 и 0–30 м. Выделение периодов в годовом термическом цикле озера было основано на многолетних данных о продолжительности ледостава.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По гидрологическому режиму оз. Саранное относится к сточно-проточным водоемам. В него впадает множество мелких тундровых рек, которые берут начало на окрестных холмах пологой котловины, в которой расположено озеро. В южной части водоема находятся самые крупные из них: ключи Лошалой и Тундровой падей. На западном побережье расположено несколько небольших, площадью не более 1 га, озер, образованных выходами грунтовых вод и сообщающихся с оз. Саранным мелкими узкими (не шире 1 м) протоками (Куренков, 1970).

Сток воды из озера происходит через р. Саранную, вытекающую из северо-восточной части водоема и соединяющую его с морем. Река впадает в бухту Саранную и имеет протяженность 1,4 км (Куренков, 1970).

Площадь водосбора небольшая, поэтому снеговые зимние накопления в бассейне озера незначительны (Погодаев и др., 2012). Диапазон сезонных колебаний уровня воды невелик и составляет не более 20 см. Пик половодья обычно приходится на середину июня.

Озеро ежегодно покрывается льдом: замерзает в конце ноября или первой половине декабря и вскрывается в конце мая или в начале июня. Ледостав, в среднем, длится около шести месяцев.

Формирование термического режима озера, в значительной степени, происходит под влиянием климатических условий. Климат Командор слагается, главным образом, под воздействием циркуляционных процессов, развивающихся над северной частью Тихого океана. Летом в районе островов устанавливается максимум атмосферного давления, а зимой они оказываются на периферии Алеутской депрессии. На климат Командорских островов также оказывают влияние холодное течение из Берингова моря и относительно «теплый» Алеутский поток. В результате взаимодействия основных климатообразующих фак-

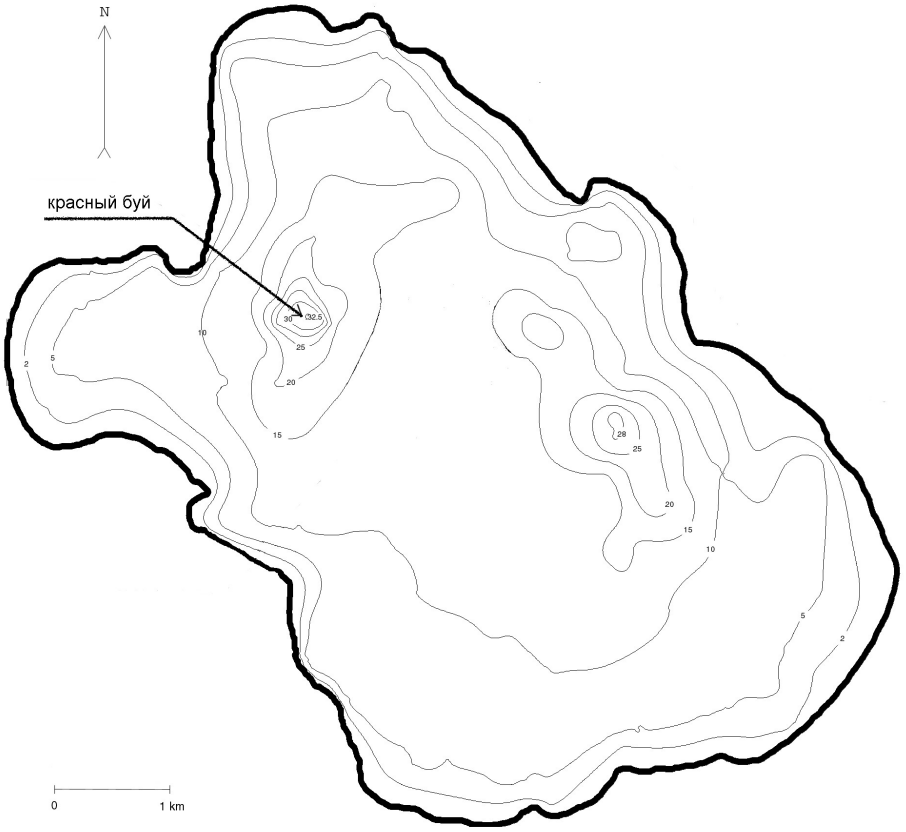


Рис. 1. Карта-схема озера Саранного

торов здесь формируется своеобразный климат с относительно мягкой зимой и прохладным летом. 220–230 дней в году на островах идут осадки. Большая их часть выпадает в теплое время года (Артюхин, 2005). Среднемноголетняя (за 1951–2010 гг.) сумма осадков на о. Беринга составляет 675,6 мм (Иванов, Губанова, 2011). Специфическая особенность местных дождей — небольшая интенсивность при весьма значительной продолжительности. В результате влажность воздуха на Командорах составляет более 80%, и она мало изменяется на протяжении года. Из-за высокой влажности и постоянно ветреной погоды Командорские острова прозвали «краем ветров и туманов» (Мараков, 1972). Средняя скорость ветра на о. Беринга составляет 7,1 м/с, максимальная скорость может достигать ураганной силы (до 40 м/с), а сам ветер, из-за своеобразного рельефа местности, может иметь любое направление (Мочалова, Якубов, 2004).

Интенсивное ветровое перемешивание водной массы в осенний период приводит к сильному охлаждению оз. Саранного перед ледоставом. В результате водоем в зимний период характеризуется низкими температурами водной толщи. В подледный период в пелагиали озера полностью отсутствует изотерма 3 °С. Температура придонных слоев (30 м) варьирует в пределах 1,1–2,1 °С и в среднем составляет всего 1,8 °С (рис. 2).

Холодный слой воды с температурой ниже 1 °С может опускаться до глубины 10–15 м, а в отдельные годы — до 20 м (2011 г.) и даже 30 м (2009 г.) (рис. 3). Учитывая, что большая часть озерного ложа представляет собой террасу с изобатами от 8 до 13 м (60% площади) (Погодаев и др., 2012), температура основной массы озерных вод (слой 0–10 м) в подледный период в среднем равна 0,6 °С (рис. 2).

Диапазон колебаний зимней температуры воды в слое 0–30 м составляет 0,9–1,6 °С. Наибольшее охлаждение оз. Саранного в подледный период происходило в 2009 и 2011 гг., наименьшее — в 2012 г. Зимой в 2003–2006, 2010 и 2012 гг. термический режим водоема характеризовался как теплый, 2008–2009 и 2011 гг. относятся к ряду холодных лет (рис. 4).

Наибольшее охлаждение водных масс в слое 0–30 м происходит в декабре–январе (рис. 5). В феврале–апреле начинается постепенное повышение температуры водной толщи: сначала, вероятно, за счет отдачи тепла донными отложениями, а затем и благодаря усилению солнечной радиации.

Озеро Саранное, как и большинство водоемов умеренной зоны, относится к димиктическому типу, характеризующемуся перемешиванием водной массы от поверхности до дна два раза в год: весной и осенью. Полная циркуляция водоема способствует повыше-

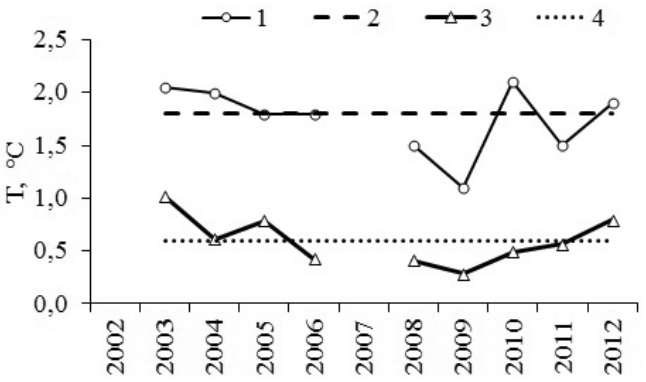


Рис. 2. Межгодовые изменения средней температуры воды (Т °С) в ледостав в слоях (придонном — 30 м (1) и 0–10 м (3)) и их среднемноголетние значения (2 и 4 соответственно) в пелагиали оз. Саранного в 2003–2012 гг.

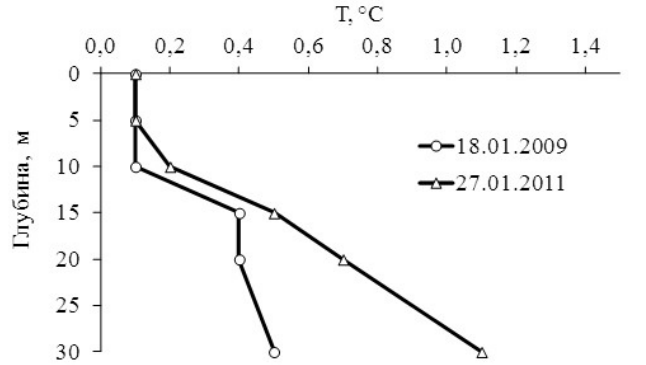


Рис. 3. Вертикальное распределение температуры воды (Т °С) в слое 0–30 м в пелагиали оз. Саранного в январе 2009 и 2011 гг.

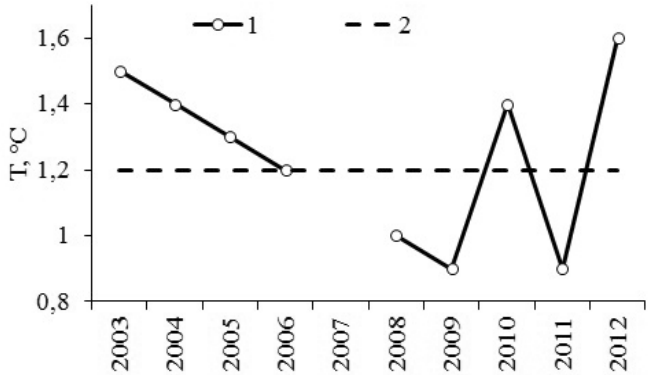


Рис. 4. Межгодовые изменения средней температуры воды (Т °С) в ледостав в слое 0–30 м (1) и ее среднемноголетнее значение (2) в пелагиали оз. Саранного в 2003–2012 гг.

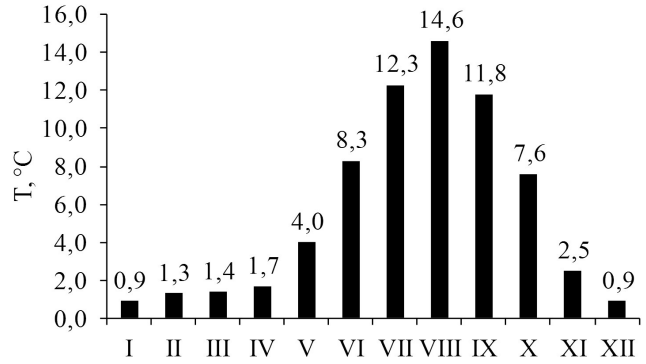


Рис. 5. Сезонные изменения среднемноголетней температуры воды (Т °С) в слое 0–30 м в пелагиали оз. Саранного в 2002–2012 гг.

нию его продуктивности, так как приводит к обогащению придонных слоев озера кислородом, а верхних горизонтов — биогенными элементами.

Основная особенность термического режима озера в летние месяцы — гомотермия, или слабовыраженная стратификация (рис. 6). Влияние постоянных сильных ветров определяет распределение температуры по вертикали и препятствует установлению прямой стратификации с хорошо выраженным металимнионом, где величина вертикального градиента температуры равна 1 °С/м. Термоклин даже если и формируется, то очень неустойчивый и непродолжительный.

Отсутствие термического расслоения вод определяет специфику гидробиологических процессов, протекающих в водоеме в летний период. При постоянной вертикальной циркуляции в общий биологический круговорот вовлекаются накопленные в придонных слоях и поступающие извне биогенные элементы, способствуя, тем самым, увеличению продукции во всех звеньях трофической цепи и обеспечивая высокую кормность водоема.

Наличие гомотермии в летний период в оз. Саранном впервые было отмечено Е.К. Суворовым (1911), в последующие годы это явление наблюдали С.И. Куренков (1970) и Е.Г. Погодаев (Погодаев и др., 2012).

Период гидрологического лета длится с июня по октябрь с максимальным прогревом водоема в августе (рис. 5). Средняя летняя температура воды в слое 0–30 м в 2002–2012 гг. варьирует в пределах 8,6–12,1 °С. Наибольшее повышение температуры воды отмечено в 2012 г., наименьшее — в 2007 г. 2002–2004 и 2006–2007 гг. характеризуются слабым прогревом водоема в летние месяцы, в 2005 и 2008–2012 гг. наблюдался рост температуры воды выше среднемноголетнего значения, равного 10,8 °С. В 2002–2012 гг., в период гидрологического лета, в оз. Саранном четко выражена тенденция повышения температуры воды, а последний пятилетний период (2008–2012 гг.) характеризуется наибольшим прогревом водоема в это время (рис. 7).

Амплитуда колебаний среднегодовых значений температуры воды составляет 5,5–6,2 °С. Наибольшее ее повышение отмечено в 2012 г., наименьшее — в 2004 и 2011 гг. В целом, по показателям среднегодовой температуры воды, 2005–2006, 2008 и 2012 гг. относятся к ряду теплых лет, 2003–2004 и 2009–2011 гг. — к ряду холодных (рис. 8).

Динамика среднегодовой температуры воды в водоеме определяется изменениями термического режима озера за летне-осенние месяцы (VI–IX) (рис. 9) и слабо зависит от средней зимней температуры воды ($R^2 = 0,11$).

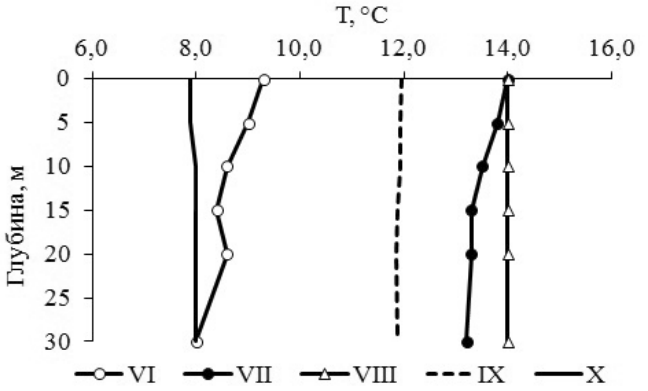


Рис. 6. Вертикальное распределение температуры воды (Т °С) в слое 0–30 м в период гидрологического лета в пелагиали оз. Саранного в 2009 г.

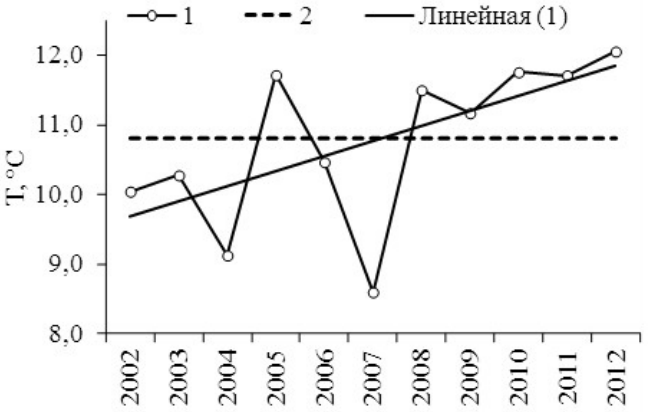


Рис. 7. Межгодовые изменения средней температуры воды (Т °С) в слое 0–30 м в период гидрологического лета в пелагиали оз. Саранного в 2002–2012 гг.

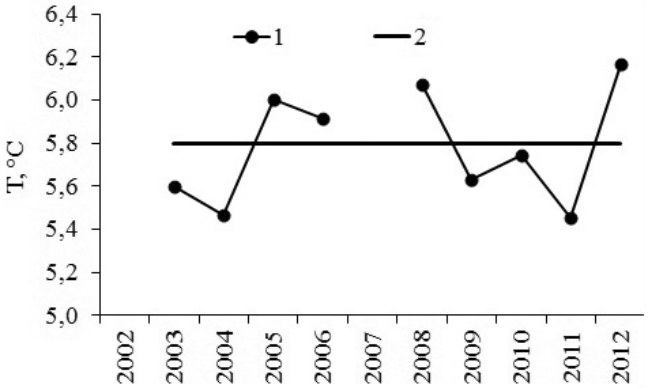


Рис. 8. Межгодовые изменения среднегодовой температуры воды (Т °С) в слое 0–30 м в пелагиали оз. Саранного в 2003–2012 гг.

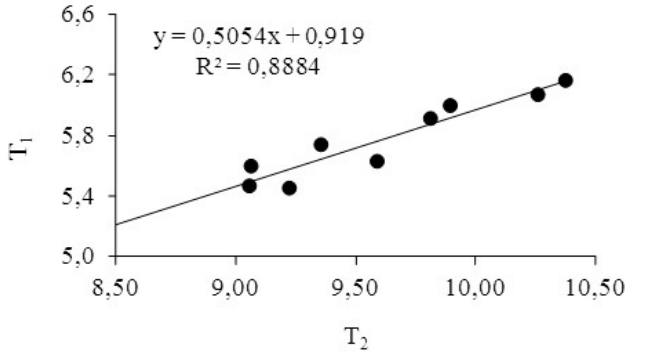


Рис. 9. Связь между среднегодовой (T_1) и средней за летне-осенний период температурой воды (T_2) в пелагиали оз. Саранного в 2003–2012 гг.

По данным А.Н. Иванова, Д.Д. Губановой (2011), изменения климата на Командорских островах заключаются в увеличении среднегодовой температуры воздуха, причем наиболее резкий ее рост отмечен с 2003 г., как за счет потепления зимнего и осеннего сезонов, так и роста летних температур.

Тренд повышения температуры воды в оз. Саранном во время гидрологического лета в 2002–2012 гг. сопряжен с ростом летних температур воздуха на Командорских островах в 2000-е гг. Снижение температуры воды в период ледостава в 2008–2009 и 2011 гг. связано с климатическими изменениями, выразившимися в потеплении осеннего сезона года, что негативно отражается на термическом режиме водоема: приводит к сдвигу даты образования льда на озере на более поздние сроки и усилению выхолаживания озерных вод в предледоставный период.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По гидрологическому режиму оз. Саранное относится к сточно-проточным водоемам. С окрестных холмов в него впадают множество мелких тундровых рек, а из близлежащих мелких озер — небольшие узкие протоки. Сток воды из озера происходит через р. Саранную, соединяющую его с морем. Диапазон сезонных колебаний уровня воды в реке составляет не более 20 см. Пик половодья обычно приходится на середину июня.

Озеро ежегодно покрывается льдом: замерзает в конце ноября или первой половине декабря и вскрывается в конце мая или в начале июня. Ледостав, в среднем, длится около шести месяцев.

Постоянная ветреная погода в условиях островного климата оказывает сильное влияние на термический режим водоема. Интенсивное ветровое перемешивание озера в осенний период приводит к сильному выхолаживанию водных масс перед ледоставом. В результате водоем в зимний период характеризуется низкими температурами водной толщи. В подледный период в пелагиали озера полностью отсутствует изотерма 3 °С. Температура озерных вод в слое 0–10 м опускается ниже 1 °С, а у дна (30 м), в среднем, составляет всего 1,8 °С. Наиболее сильное охлаждение водных масс происходит в декабре–январе, среднемноголетняя температура воды в эти месяцы в слое 0–30 м равна 0,9 °С.

Основная особенность термического режима водоема в летние месяцы — гомотермия, или слабовыраженная стратификация. В основе этого уникального явления лежат две естественные причины: конфигурация озерного ложа и сильное перемешивание водных масс, в силу значительной ветровой экспозиции озера. Наличие гомотермии является положительным фактором, обеспечивающим, благодаря постоянной вертикальной циркуляции вод, увеличение продукции во всех звеньях трофической цепи.

Период гидрологического лета в оз. Саранном длится с июня по октябрь. Максимальный прогрев озерных вод приурочен к августу и достигает в слое 0–30 м 14,6 °С. Среднемноголетняя летняя температура воды составляет 10,8 °С. В 2002–2012 гг. во время гидрологического лета четко выражен тренд повышения температуры воды, что связано с ростом летних температур воздуха на Командорских островах в 2000-е гг.

Снижение температуры воды в зимние месяцы обусловлено потеплением осеннего сезона, что приводит к удлинению предледоставного периода, усилению выхолаживания озерных вод и негативно отражается на термическом режиме водоема подо льдом.

По показателям среднегодовой температуры воды в оз. Саранном, 2005–2006, 2008 и 2012 гг. относятся к ряду теплых лет, 2003–2004 и 2009–2011 гг. — холодных. Определяющее влияние на динамику среднегодовой температуры воды в водоеме оказывает термический режим озера за летне-осенние месяцы (VI–IX).

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает огромную благодарность сотруднику лаборатории морских млекопитающих КамчатНИРО А.П. Семеринову, собравшему и предоставившему материал для данной работы, и Е.Г. Погодаеву, организовавшему гидрологические работы на оз. Саранном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Артюхин Ю.Б. 2005. Командорские острова. Владивосток: Дальпресс, 70 с.

Иванов А.Н., Губанова Д.Д. 2011. Влияние изменений климата на экосистемы Командорских островов // Тезисы докладов XII науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 14–15 декабря 2011 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 98–101.

Куренков С.И. 1970. Красная озера Саранного (Командорские острова) // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 78. С. 49–60.

Мараков С.В. 1972. Природа и животный мир Командор. М.: Наука, 185 с.

Мочалова О.А., Якубов В.В. 2004. Флора Командорских островов. Владивосток: БПИ ДВО РАН, 120 с.

Суворов Е.К. 1911. Из поездки на Командорские острова. Санкт-Петербург: Русское географическое общество. С. 237–263.

Погодаев Е.Г., Шатило И.В., Кудзина М.А., Чебанов Н.А., Шубкин С.В. 2012. Результаты исследований пресноводных биоресурсов и искусственного воспроизводства лососей // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 25. С. 145–165.

УДК 574.583(26) DOI 10.15853/978-5-902210-45-06

ПЛАНКТОН МЕТА-ГИПОЛИМНИОНА КРОНОЦКОГО ОЗЕРА (КАМЧАТКА) В ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2014 Г.

Е.В. Лепская[1], Т.В. Бонк[1], Г.Н. Маркевич[2], Л.А. Анисимова[3]

[1]Вед. н. с., к. б. н.; ст. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18
Тел. (факс): (4152) 412-701. E-mail: lepskaya@list.ru, bonk.t.v@kamniro.ru
[2]Н. с., ФГБУ «Кроноцкий заповедник»
684010, Елизово, ул. Рябикова, 48
Тел. (факс): (4152) 411-674
[3]Н. с., Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
107140, Москва, ул. Красносельская, 17
Тел. (факс): (499) 264-91-87. E-mail: lusya.anisimova@gmail.com

ПЛАНКТОН, ВИДОВОЙ СОСТАВ, КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА, МЕТА-ГИПОЛИМНИОН, ОЗЕРО КРОНОЦКОЕ, КАМЧАТКА

Впервые охарактеризован видовой состав и дана оценка сезонной динамики видовой структуры планктона мета-гиполимниона оз. Кроноцкого. Показано, что сезонная изменчивость количественных показателей проходит аналогично тому, как было описано И.И. Куренковым для пелагиали оз. Кроноцкого в 1970-х годах. По размерному коэффициенту (B_{Cr}/B_R = 189) зоопланктон водной толщи ниже зоны обитания рыб-планктонофагов оценивается как ценный кормовой ресурс, что свидетельствует об отсутствии пресса со стороны потребителей, и поэтому, вероятно, является донором для зоопланктона эпилимниона.

THE PLANKTON OF THE META-HYPOLIMNION OF KRONOTSKOYE LAKE (KAMCHATKA) IN SUMMER AND FALL PERIOD IN 2014

E.V. Lepskaya[1], T.V. Bonk[1], G.N. Markevich[2], L.A. Anisimova[3]

[1]Leading scientist, Ph. D.; senior scientist; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya Str., 18
Tel. (fax): (4152) 412-701. E-mail: lepskaya@list.ru, bonk.t.v@kamniro.ru
[2]Researcher, FSBI "Kronotsky Reserve"
684010, Yelizovo, Ryabikova Str., 48
Tel. (fax): (4152) 411-674
[3]Researcher, Russian Federation Research Institute of Fishery and Oceanography (VNIRO)
107140, Moscow, Krasnoselskaya Str., 17
Tel. (fax): (499) 264-91-87. E-mail: lusya.anisimova@gmail.com

PLANKTON, SPECIES COMPOSITION, QUANTITATIVE INDEXES, SEASONAL DYNAMICS, META-HYPOLIMNION, KRONOTSKOYE LAKE, KAMCHATKA

Characterization of species composition and assessment of seasonal dynamics of species structure of the meta-hypolimnion plankton of Kronotskoye Lake is provided for the first time. It is demonstrated, that the seasonal dynamics of quantitative parameters is similar to the dynamics described by I.I. Kurenkov for the pelagic zone of Kronotskoye Lake in the 1970s. Judging by the body size coefficient (B_{Cr}/B_R = 189), the zooplankton of the waters below the zone inhabited by plankton-feeding fish can be evaluated as important forage resource, what indicates of absent pressure of consumers, and therefore it is likely to be a donor for zooplankton of epilimnion.

Кроноцкое озеро, крупнейший пресный водоем Камчатского края, расположено на территории Кроноцкого государственного биосферного заповедника на высоте 372 м над уровнем моря. Средняя глубина озера составляет 58 м, максимальная — 136 м, объем водной массы — 14,2 м^3 (Аракельянц, Ткаченко, 2012). Площадь озерного зеркала по разным данным составляет 242 км^2 (Куренков, 2005), 245 км^2 (Ресурсы.., 1973) или 246 км^2 (Аракельянц, Ткаченко, 2012). Происхождение — вулканическое (лавоподпрудное) (Ресурсы.., 1973). Озеро соединено с Тихим океаном рекой Кроноцкой, которая впадает в Кроноцкий залив. Кроноцкое озеро — единственный достоверно известный водоем в Камчатском крае, в котором обитает природная популяция пресноводной (жилой) формы

тихоокеанского лосося нерки — кокани (*Oncorhynchus nerka kennerlyi* [Suckley]) (устное сообщение Г.Н. Маркевича).

Исследование компонентов планктоценоза озера началось в начале XX века. В настоящее время известен видовой состав фито- и зоопланктона (Лепская, Бонк, 2014); видовая структура, сезонная и межгодовая динамика количественных показателей и площадное распределение планктонных микроводорослей (Лепская и др., 2014), видовой состав зоопланктона (Абызова и др., 2012; Куренков, 2005; Лепская, Бонк, 2014); видовая структура зоопланктона озера и ее сезонная и межгодовая изменчивость для отдельных лет (Абызова и др., 2012; Куренков, 2005). Однако до настоящего времени нет опубликованных данных о его состоянии в гиполимнионе.

Цель настоящего сообщения — охарактеризовать видовой состав, видовую структуру и сезонную динамику численности и биомассы фито- и зоопланктона в мета-гиполимнионе юго-восточного участка оз. Кроноцкого по данным 2014 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для работы послужили пробы фито- и зоопланктона, отобранные ежемесячно в июле–октябре 2014 г. в оз. Кроноцком на ст. о. Зеленый, расположенной в 2,5 км от истока р. Кроноцкой (юго-восточная часть озера). Фитопланктон отбирали батометром Нансена с горизонтов 20, 30 и 68 м, зоопланктон — сетью Джеди, облавливая слой от дна (68 м) до горизонта 20 м.

Видовой состав фито- (Лепская и др., 2014) и зоопланктона был определен ранее (Абызова и др., 2012; Бонк и др., 2014). Количественную оценку фитопланктона проводили по методике, предложенной Ю.И. Сорокиным (Сорокин, Павельева, 1972), зоопланктона — общепринятыми методами (Методические рекомендации.., 1982). Для характеристики видовой структуры и сезонной динамики численности и биомассы фитопланктона рассчитали средневзвешенные значения для слоя 20–68 м.

При оценке кормовой ценности зоопланктона использовали отношение биомассы ракообразных (B_{Cr}) к биомассе коловраток (B_R), которое характеризует степень преобладания крупных и потому более привлекательных в качестве пищи для рыб организмов (Андроникова, 1996).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Вертикальное распределение температуры воды в июле и сентябре характеризуется относительной однородностью. Слой температурного скачка в это время выражен слабо, его верхнюю границу можно с некоторой долей условности выделить, соответственно, на горизонтах 35 м и 32 м. В августе термоклин занимает слой 6–32 м, а в октябре – 25–28 м (рис. 1). Таким образом, в летне-осенний период 2014 г. пробы были отобраны в зоне, включавшей нижнюю границу эпилимниона, металимнион и гиполимнион — в июле и сентябре, в мета-гиполимнионе — в августе и октябре. Это обстоятельство позволяет отнести планктонный комплекс, описываемый ниже, к сообществу мета-гиполимниона.

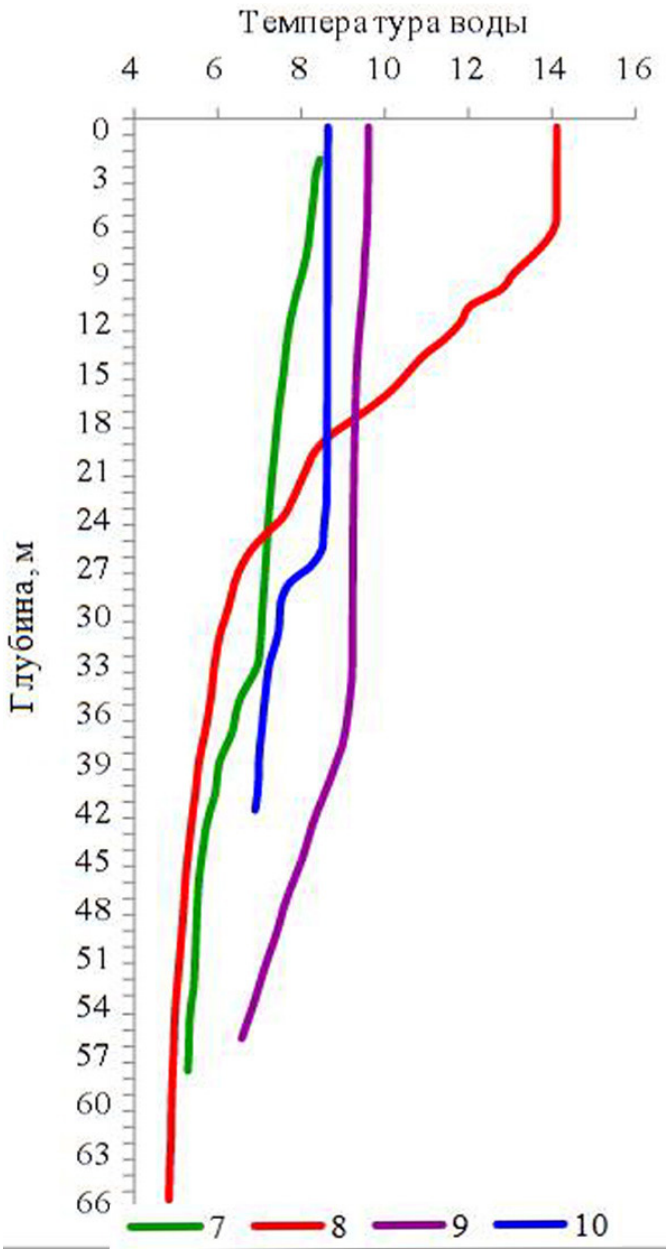


Рис. 1. Вертикальное распределение температуры воды на станции о. Зеленый в летне-осенний период 2014 г.

Фитопланктон мета-гиполимниона юго-восточной части оз. Кроноцкого в осенне-летний период 2014 г. слагали водоросли пяти отделов: синезеленые (Cyanophyta); диатомовые (Bacillariophyta); зеленые (Chlorophyta); золотистые (Chrysophyta) и динофито-

вые (Dinophyta). В конце лета и осенью перед ледоставом численно (7000 и 6400 кл./мл соответственно) преобладали синезеленые порядка микроцистиевых, тогда как 80–97% биомассы составляли диатомовые. При этом на протяжении всего периода наблюдений в фитопланктоне отмечены *Aulacoseira subarctica* и *Handmania bodanica*, которая доминировала по биомассе (60–80% фитопланктонной биомассы). Постоянный представитель фитопланктона лета и осени *Asterionella formosa* в 2014 г. присутствовал в исследованном слое только летом. Представитель динофитовых *Ceratium hyrundinella* отмечен в августе и сентябре, в период наибольшего прогрева водной толщи. В наблюдаемый период численность фитопланктона имела 2 пика: в августе и в октябре (рис. 2, А), тогда как биомасса водорослей — 1 летний максимум в августе (рис. 2, Б). Численность фитопланктона составляла в июле 600 кл./мл, в августе 8100 кл./мл, в сентябре 500 кл./мл, в октябре 6600 кл./мл, а биомасса — 54,7 мг/м^3, 119,3 мг/м^3, 71,1 мг/м^3 и 23,3 мг/м^3 соответственно.

Зоопланктон обследованной части акватории формировали 9 видов коловраток (*Keratella cochlearis, K. quadrata, Kellicottia longispina, Filinia maior, Asplanchna priodonta, Synchaeta oblonga, Polyarthra major, Conochilus unicornis, Conochiloides natans*) и 4 вида ракообразных — 2 вида ветвистоусых (*Daphnia longispina, D. longiremis*) и 2 вида веслоногих (*Cyclops scutifer, Leptodiaptomus angustilobus*). Численность зоопланктона, минимальная (34 000 экз./м^3) в середине лета, плавно увеличивалась до максимума (62 000 экз./м^3) в октябре (рис. 3, А). Биомасса зоопланктона, напротив, максимальная в середине лета (583 мг/м^3), в конце лета уменьшилась вдвое и сохранялась на том же уровне до середины осени (рис. 3, Б). При этом более 90% как численности, так и биомассы зоопланктона приходилось на циклопов (рис. 3). Доля ветвистоусых раков в сумме не превышала 10% биомассы ракообразных, при этом *Daphnia longiremis* встречалась в период с июля по сентябрь, составляя 4% биомассы планктонных раков, тогда как *Daphnia longispina* — эпизодически в августе и

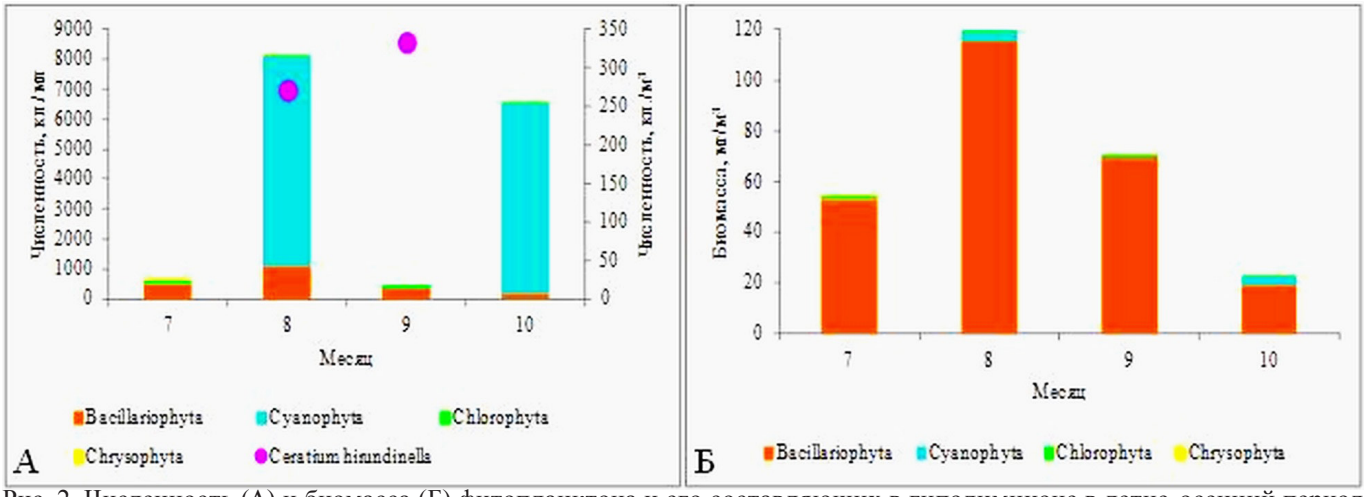


Рис. 2. Численность (А) и биомасса (Б) фитопланктона и его составляющих в гиполимнионе в летне-осенний период 2014 г. (Численность *Ceratium hyrundinella* определена в сетных пробах)

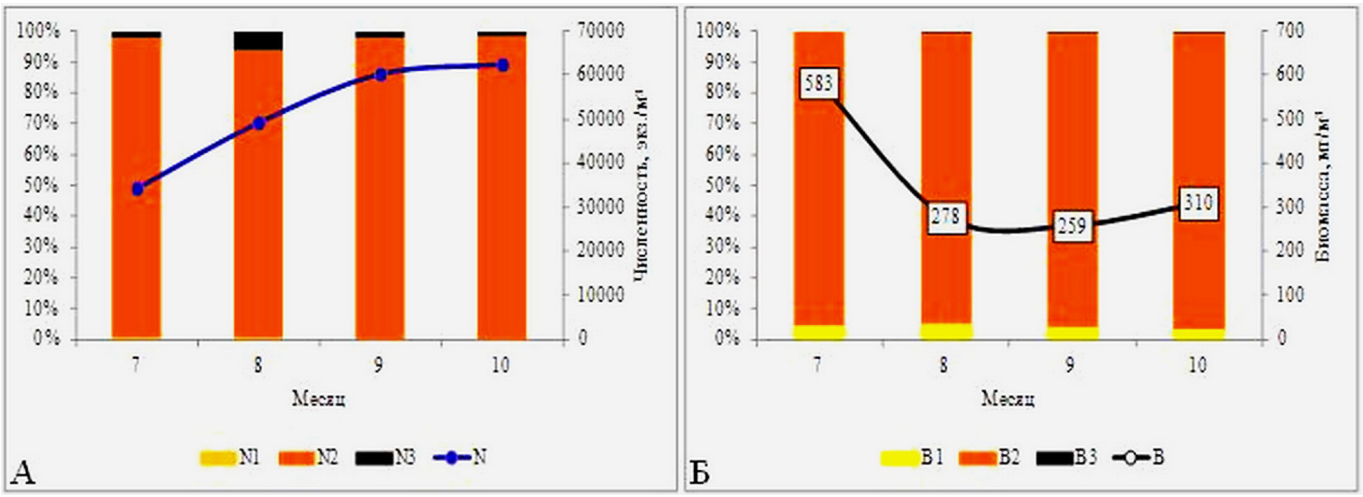


Рис. 3. Численность — N, экз./м^3 (А) и биомасса — B, мг/м^3 (Б) зоопланктона в мета-гиполимнионе в летне-осенний период 2014 г. (1 — ветвистоусые раки; 2 — веслоногие раки; 3 — коловратки)

октябре (1% и 3% биомассы ракообразных). Представитель веслоногих раков *Leptodiaptomus angustilobus* отмечен в планктоне мета-гиполимниона на протяжении всего периода наблюдений. Однако биомасса его не велика и составляла в июле и августе 2%, в сентябре 4%, а в октябре 3% биомассы ракообразных планктона.

Численность популяции циклопа определяли науплиусы, количество которых прогрессивно увеличивалось от середины лета (11 250 экз./м^3) к сентябрю (41 000 экз./м^3), далее сохраняясь на том же уровне (40 000 экз./м^3) (рис. 4, А). В то же время биомассу циклопов (536,51 мг/м^3 — в июле; 221,94 мг/м^3 — в августе; 187,04 мг/м^3 — в сентябре; 235,80 мг/м^3 — в октябре) формировали в основном рачки копеподитных стадий, составляя 99% в июле; 87% в августе; 79% в сентябре и 83% в октябре. Максимум биомассы циклопов наблюдали в июле (рис. 4, Б).

В летне-осенний период 2014 г. в сообществе коловраток 4 вида (*Keratella quadrata, Kellicottia longispina, Filinia maior, Conochilus unicornis*) были «всесезонными» и найдены как летом, так и осенью. К этой же группе, вероятно, можно отнести и *Keratella cochlearis*, несмотря на то, что в сентябрьских пробах обнаружить этот вид не удалось. Только в летний период в планктоне обитали *Synchaeta oblonga, Polyarthra major, Conochiloides natans*, а только осенью — *Asplanchna priodonta* (рис. 5). Численность коловраток, максимальная в июле (5900 экз./м^3), плавно снижалась к сентябрю, составив в августе 3200 экз./м^3 и оставаясь в осенние месяцы примерно равной (1400 экз./м^3 в сентябре и 1300 экз./м^3 в октябре). При этом численность сообщества определялась в большой степени двумя «всесезонными» видами — *Keratella quadrata* и *Kellicottia longispina* (рис. 5, А). Изменения видовой структуры более выражены в динамике величины биомассы (рис. 5, Б). В июле биомассу коловраток формировали практически в равных долях 4 вида: *Keratella quadrata* (0,50 мг/м^3 — 21%), *Kellicottia longispina* (0,47 мг/м^3 — 20%), *Synchaeta*

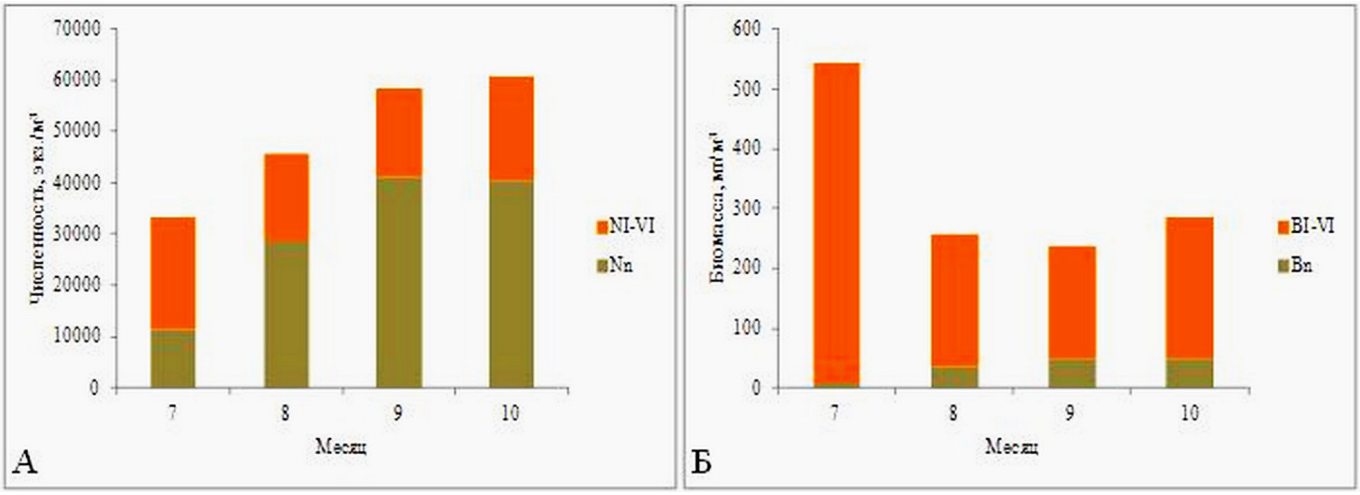


Рис. 4. Возрастная структура популяции циклопа в мета-гиполимнионе оз. Кроноцкое в летне-осенний период 2014 г. (А — по численности (N); Б — по биомассе (B))

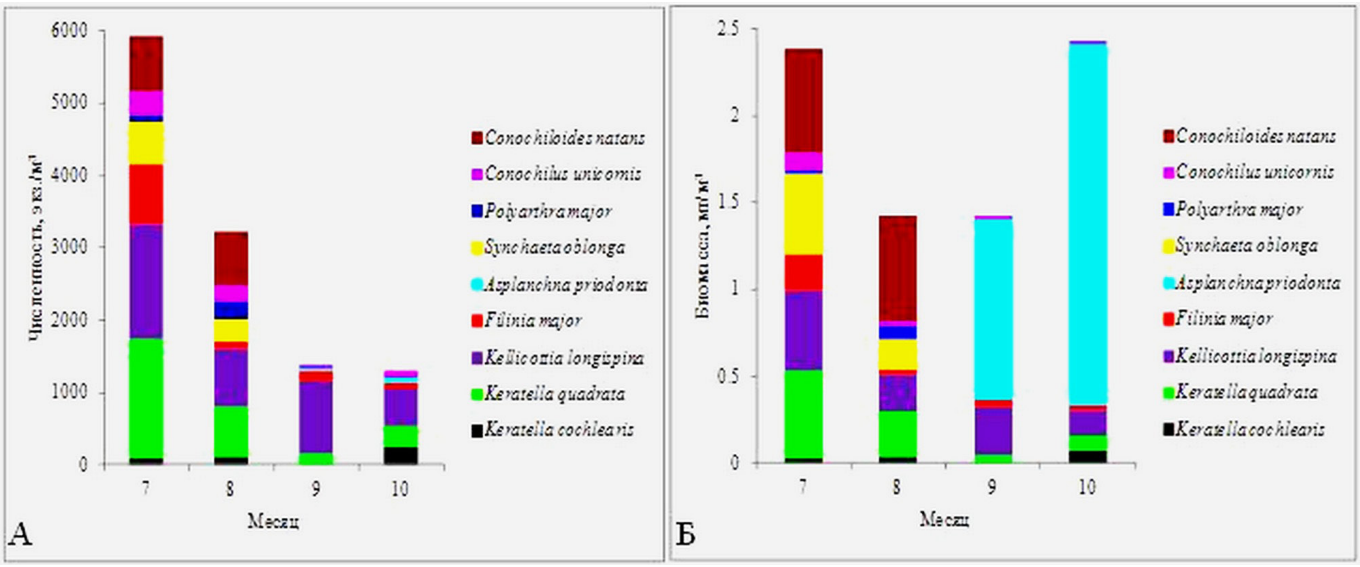


Рис. 5. Видовая структура сообщества коловраток в мета-гиполимнионе оз. Кроноцкое в летне-осенний период 2014 г. (А — по численности (N); Б — по биомассе (B))

oblonga (0,46 мг/м^3 — 19%) и *Conochiloides natans* (0,60 мг/м^3 — 25%). Первые 2 вида относились к «всесезонным», а вторые 2 вместе с *Polyarthra major*, на долю которой приходился лишь 1% биомассы, составляли летний комплекс коловраток. Осенью в планктоне появился и занял доминирующее положение по биомассе крупный вид *Asplanchna priodonta*: 1,05 мг/м^3 (74%) — в сентябре и 2,08 мг/м^3 (86%) — в октябре (рис. 5, Б). Доля остальных таксонов в сумме не превышала 10% биомассы коловраток на протяжении всего периода наблюдений. Биомасса коловраток изменялась от 2,39 мг/м^3 в июле до 1,42 мг/м^3 в августе и сентябре и 2,43 мг/м^3 в октябре (рис. 5, Б).

И.И. Куренковым (1978, 2005) было показано, что внутригодовой пик биомассы зоопланктона в пелагиали оз. Кроноцкого (данные для слоя дно–поверхность) приходится обычно на август и определяется развитием циклопов. По нашим данным, пик биомассы зоопланктона в мета-гиполимнионе также формировался популяцией циклопов, но приходился на июль. Вероятно, последнее обстоятельство связано с более ранним прогревом вод из-за более ранних сроков вскрытия озера ото льда, наблюдаемых в последние несколько лет. Например, по данным Е.М. Крохина (2010), в 1970-е годы озеро освобождалось ото льда в середине июня, а в 2012–2014 гг. — в первой декаде июня (данные Анисимовой, Маркевича, 2014). На протяжении всего периода наблюдений в планктоне мета-гиполимниона присутствовал, правда в небольшом количестве, как и отмечал И.И. Куренков (Куренков, 1978, 2005), *Leptodiaptomus (=Neutrodiaptomus) angustilobus*.

Что касается сезонных изменений видовой структуры в сообществе планктонных коловраток, то нами впервые выделены «всесезонные» виды, а также таксоны, которые относятся к летнему и осеннему комплексам. Примечательно, что в мета-гиполимнионе оз. Кроноцкого такой вид как *Asplanchna priodonta* определяет биомассу ротаторного планктона в осенние месяцы, как и в оз. Курильском (Бонк, 2008).

Величина соотношения биомассы ракообразных (B_{Cr}) к биомассе коловраток (B_R) в мета-гиполимнионе оз. Кроноцкое составила в июле 242, в августе 208, в сентябре 180, в октябре 125, а в среднем для безледного периода — 189. Такая величина B_{Cr}/B_R свидетельствует о значительном преобладании в планктоне крупных организмов над мелкими и, соответственно, о высокой кормовой ценности зоопланктона (Андроникова, 1996) в исследованном слое.

По неопубликованным данным Г.Н. Маркевича, рыбы-планктонофаги, к которым в оз. Кроноцком относится только кокани, держатся, преимущественно, в прогретом эпилимнионе, не опускаясь ниже 20-метрового горизонта. Как правило, кокани мигрируют вдоль теплого фронта, который после распаления льда в начале–середине июня формируется у западного берега озера и по мере прогрева водной поверхности распространяется в восточном, северо-восточном и юго-восточном направлениях (Анисимова, Маркевич, 2014). Исходя из этого факта и полученных нами данных о состоянии зоопланктона ниже зоны обитания кокани, можно предположить, что популяции планктонных ракообразных мета-гиполимниона пополняют эпилимнион оз. Кроноцкого, например, при ветровом перемешивании или при вертикальных кормовых миграциях, обеспечивая пищей кокани.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, впервые охарактеризован видовой состав и дана оценка сезонной динамики видовой структуры планктона мета-гиполимниона оз. Кроноцкого. Показано, что сезонная изменчивость количественных показателей проходит аналогично тому, как было описано И.И. Куренковым для пелагиали оз. Кроноцкого в 1970-х годах. По размерному коэффициенту (B_{Cr}/B_R) зоопланктон водной толщи ниже зоны обитания рыб-планктонофагов оценивается как ценный кормовой ресурс, что свидетельствует об отсутствии пресса со стороны потребителей, и поэтому, вероятно, является донором для зоопланктона эпилимниона, обеспечивая пищей кокани.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абызова Г.А., Лавров А.И., Маркевич Г.Н. 2012. Видовой состав зоопланктона озера Кроноцкое летом 2010 г. // Тр. Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Вып. 2. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 182–193.

Андроникова И.Н. 1996. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. СПб.: Наука. 189 с.

Анисимова Л.А., Маркевич Г.Н. 2014. Гидрологический режим и гидрохимическая основа продуктивности Кроноцкого озера в июне–сентябре 2013 г. // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 6. С. 39–43.

Аракельянц А.Д., Ткаченко О.В. 2012. Гидрологические характеристики Кроноцкого озера в начале XXI века // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. № 6. С. 77–83.

Бонк Т.В. 2008. Состояние зоопланктонного сообщества и характеристика кормовой обеспеченности молоди нерки в пелагиали оз. Курильского (Камчатка) в период 2001–2005 гг. // Изв. ТИНРО. Т. 155. С. 172–185.

Бонк Т.В., Миловская Л.В., Маркевич Г.Н., Анисимова Л.А. 2014. О зоопланктоне озера Кроноцкое (Камчатка) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 6. С. 110–117.

Крохин Е.М. 2010. Отчет о работах экспедиции КоНИРСа на Кроноцком озере весной 1935 г. // Исслед. водных биол. ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 16. С. 52–67.

Куренков И.И. 1978. Планктон Кроноцкого озера (Камчатка) // Тр. Биолого-почвенного института. Т. 49 (152). С. 46–55.

Куренков И.И. 2005. Зоопланктон озер Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 178 с.

Лепская Е.В., Бонк Т.В. 2014. Списки отдельных компонентов пресноводной биоты особо охраняемых территорий Камчатки (Кроноцкий заповедник, Южно-Камчатский заказник) // Тез. докладов XV Междунар. научн. конф., посвящ. 80-летию со дня основания Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 286–290.

Лепская Е.В., Маркевич Г.Н., Анисимова Л.А., Коломейцев В.В. 2014. Фитопланктон и первичная продукция Кроноцкого озера (Кроноцкий заповедник, Камчатка) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 6. С. 393–399.

Ресурсы поверхностных вод СССР. 1973. Т. 20. Камчатка. Л.: Гидрометеоиздат. С. 81.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. 1982. Л.: ГосНИОРХ – ЗИН АН СССР. 33 с.

Сорокин Ю.И., Павельева Е.Б. 1972. К количественной характеристике экосистемы пелагиали озера Дальнего на Камчатке // Тр. ИБВВ АН СССР. Вып. 23 (26). С. 24–38.

УДК 639.312.043.2 DOI 10.15853/978-5-902210-45-07

ФОРМИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ *DAPHNIA LONGIREMIS* SARS В ОЗ. КУРИЛЬСКОМ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

Л.В. Миловская

Доцент, к. б. н.; Камчатский государственный технический университет
683003, Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35
Тел.: (415) 230 0973. E-mail: 19lvmil@gmail.com

ЧИСЛЕННОСТЬ, ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ, ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

Рассмотрено влияние факторов, формирующих численность *D. longiremis* в оз. Курильском (температура воды, трофические условия, количество потребителей). На многолетнем материале выявлена типичная сезонная изменчивость численности. Диапазон межгодовой изменчивости численности за наиболее динамичные 1970–2000 гг. составляет 0,11–0,71 тыс. экз./м^3. Расчет динамических характеристик популяции раскрыл механизм влияния трофического фактора, температуры воды и уровня выедания на формирование численности *D. longiremis.* В условиях Курильского озера *D. longiremis* лишь частично реализует потенциальные возможности воспроизводства вследствие давления среды.

FORMATION OF THE ABUNDANCE OF *DAPHNIA LONGIREMIS* SARS IN KURIL LAKE (SOUTH KAMCHATKA)

L.V. Milovskaya

Associate professor, Ph. D.; Kamchatka State Technical University
683003, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str., 35
Tel.: (415) 230-0973. E-mail: 19lvmil@gmail.com

ABUNDANCE, POPULATION CHARACTERISTICS, SEASONAL AND INTERANNUAL VARIATION, INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS

Influence of environmental factors (water temperature, trophic conditions, abundance of consumers) on formation of the abundance of *D. longiremis* in Kuril Lake has been analyzed. Typical seasonal dynamics of the abundance has been revealed in a long-term data pool. The range of the interannual variation of the abundance for the most dynamic period 1970–2000 was 0.11–0.71 thous./m^3. An assessment of the population dynamic indexes has revealed mechanism of the influence of the trophic factor, water temperature and elimination rate on formation of the abundance of *D. longiremis*, which is able to realize reproduction potential just partly in conditions of Kuril Lake due to the influence of the environmental factors we have analyzed.

В Курильском озере воспроизводится самое крупное в Азии стадо нерки (*Oncorhynchus nerka* Walbaum). В оз. Курильском D. longiremis является вторым по значимости кормовым объектом молоди нерки после Cyclops scutifer и предпочитаемым стартовым кормом для молоди. Основные сведения по биологии и динамике численности D. longiremis в озерах Камчатки приведены в работах И.И. Куренкова (1975, 2005) и И.А. Носовой (1986а, 1986б, 1988). Наиболее динамичные изменения происходили в 1970–2000 гг., анализ этого периода позволил выявить основные факторы, определявшие изменение численности данного вида.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работа выполнена в Камчатском институте рыбного хозяйства и океанографии и основана на материалах, собранных на Озерновском наблюдательном пункте КамчатНИРО, расположенном на Курильском озере, в 1970–2000 гг. (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика использованных материалов

Показатели	Годы	Периодичность
Вертикальное распределение температуры воды в слое 0–100 м	1970–2000	1–2 раза в месяц, за исключением периодов становления ледостава и распаления льда
Фитопланктон (сетные сборы)	1972–2000	–//–
Зоопланктон (сетные сборы)	1970–2000	–//–
Величина заходов на нерест	1970–2000	Ежегодные

В работе использованы данные М.М. Селифонова и В.А. Дубынина по заходам производителей нерки, данные И.А. Носовой по численности и биомассе сетного фитопланктона, численности и биомассе ракообразных за 1970–1979 гг. Лично автором в 1980–2000 гг. собраны и обработаны 991 проба планктона и 913 температурных профилей.

Стандартные записи вертикального распределения температуры воды проводились батитермографом, сбор проб планктона — малой моделью сети Джеди (диаметр входного отверстия 11,2 см, газ № 68) в слое 0–200 м (рис. 1).

Содержание фосфора (P_2O_5) в теле нерки принималось равным 0,28 (Кизеветтер, 1948) от биомассы отнерестовавших рыб. Исходя из этой величины, производился пересчет на фосфор. Суммарное поступление фосфора рассчитывалось как сумма ежегодного его поступления с половозрелой неркой, а также с удобрениями (в годы фертилизации озера) за каждые 8 и 16 предшествующих лет. Именно суммирование за эти периоды лет показывает наилучшую аппроксимацию результатов при сопоставлении с биомассой *A. subarctica* (Миловская, 2000).

Численность сетного фитопланктона (по доминирующей диатомее *Aulacoseira subarctica* (O. Müll.)) рассчитана на основании тотального просчета клеток в 1 мл пробы в камере Наумана и последующего пересчета на объем обловленного слоя и на 1 м^3.

Рис. 1. Схема расположения гидробиологических станций на Курильском озере (2 — стандартная станция с 1950 г.)

Пробы зоопланктона обработаны по стандартной методике (Киселев, 1956; Методика изучения биогеоценозов.., 1975): определялся видовой состав, у ракообразных — численность по возрастным группам, плодовитость, биомасса.

Удельные величины скорости рождаемости (*b*), скорости роста численности (*r*) и скорости смертности (*d*) в популяциях *C. scutifer* и *D. longiremis* рассчитывали по формулам: $b=ln(1+E/N)/D_e$, $r=(lnN_2-lnN_1)/(t_2-t_1)$ и $d=b-r$ (Полищук, 1986; Гиляров, 1987), где E — общее количество яиц в популяции, D_e — продолжительность развития яиц, N — число взрослых самок *C. scutifer* и численность популяции *D. longiremis*, N_1 и N_2 — численность популяций в последовательные моменты времени t_1 и t_2. Продолжительность развития яиц в зависимости от температуры взята из работы И.И. Куренкова (2005).

Из-за отсутствия сведений по абсолютной численности молоди нерки, использовали косвенную оценку: количество нагуливающейся молоди характеризовали через численность родителей за два смежных года (E_1E_2), потомство которых нагуливалось одновременно в возрасте 0+ и 1+. Подобный подход применялся ранее при оценке количества молоди и пищевой обеспеченности (Ricker, 1954; Бугаев, Дубынин, 1999; Milovskaya, 2002а, 2002б).

Анализ результатов проводился с использованием методов математической статистики (ППП *STATISTICA*) и программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Диапазон сезонной изменчивости численности *D. longiremis* за все годы наблюдений составляет 0,02–2,04 тыс. экз./м^3. Популяция представлена исключительно амиктическими самками (за все годы круглогодичных наблюдений (с 1950 г.) самцы в пробах не встречались). Размножение дафний происходит в течение всего года, наиболее интенсивное — наблюдается осенью, когда достигается максимальной прогрев толщи воды. Максимум численности обычно отмечается в ноябре (табл. 2). В годы с высокой температурой воды сезонный максимум численности достигается через месяц после достижения сезонного максимума температуры слоя 0–100 м, а в годы с низкой температурой — через два и более месяцев.

Таблица 2. Типичная сезонная динамика средней температуры слоя 0–100 м и численности *D. longiremis* (*N*) в 1970–2000 гг. (среднемесячные величины)

	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T, °C	2,1	1,5	1,4	1,5	1,9	2,7	3,9	5,2	5,9	5,6	4,4	3,3
N, тыс. экз./м^3	0,38	0,29	0,22	0,16	0,10	0,06	0,09	0,12	0,26	0,58	0,64	0,53

Структура популяции характеризуется однородностью: доля половозрелых самок в среднем составляла 50% (диапазон 42–63%) от общей численности. Размеры рачков варьировали от 0,40 до 1,55 мм. При достижении 0,65–0,70 мм самки способны вынашивать яйца.

Известно, что дафнии питаются бактериями, детритом, простейшими и водорослями. *D. longiremis* в оз. Курильском частично потребляет обломки колоний диатомовой водоросли *A. subarctica* (неопубликованные данные И.А. Носовой и собственные наблюдения автора): при обработке проб в кишечниках дафний очень часто встречались фрагменты колоний данной диатомеи, иногда кишечники были заполнены исключительно фрагментами *A. subarctica*. Литературные данные подтверждают способность фильтраторов размельчать колонии водорослей абдоменом на более мелкие фрагменты (Крючкова, Рыбак, 1980).

Оценка пищевой обеспеченности и ее влияния на плодовитость *D. longiremis* в оз. Курильском на имеющемся материале не представляется возможной из-за отсутствия систематических круглогодичных наблюдений по содержанию бактериопланктона, простейших и детрита за период 1970–1979 гг., кроме численности и биомассы доминирующего вида сетного фитопланктона — *A. subarctica*. И.А. Носова (1988) использовала данные по сезонной динамике *A. subarctica*, предположив наличие прямой связи между продукцией бактериопланктона и обилием растительной взвеси после отмирания данной диатомеи, и обнаружила наличие положительной связи между биомассой *A. subarctica* и средней плодовитостью *D. longiremis*.

Для отдельных периодов, характеризовавшихся невысокой биомассой *A. subarctica*, такое совпадение имело место, но в целом существует слабая отрицательная связь между среднемесячными величинами биомассы *A. subarctica* и плодовитостью *D. longiremis*, рассчитанная с двухмесячным лаг-эффектом (r= –0,330; n=212; p<0,001). Тенденция слабой отрицательной связи подтверждается также сопоставлением среднегодовых величин биомассы *A. subarctica* и плодовитости рачков в 1970–2000 гг. (r= –0,447; n=28). Существование отрицательной связи обусловлено тем, что *A. subarctica* не является типичным и предпочитаемым кормом для *D. longiremis*.

Интересен вопрос о возможной пищевой конкуренции *D. longiremis* с науплиусами и, частично, копеподитами I–II стадий *C. scutifer*, имеющих сходные спектры питания. Интенсивное размножение *D. longiremis* происходит в сентябре–октябре после снижения численности науплиусов и копеподитов *Cyclops scutifer* I–II стадий (Носова, 1986а). Если у копеподитов циклопов III–VI стадий нет конкурентов в питании *A. subarctica*, то у *D. longiremis* конкурентами являются науплиусы и младшие копеподиты, а также коловратки, потребляющие бактерий, детрит, простейших и мелкие одноклеточные водоросли. По данным И.А. Носовой (1986а), численность *D. longiremis* чаще увеличивается в годы с невысокой численностью науплиусов, т. е. предполагается наличие обратной связи. Однако расчет коэффициентов корреляции между численностью дафний (N_d) и науплиусов циклопов (N_n) за 1970–2000 гг. показал наличие периодически возникающей разнонаправленной связи (рис. 2), зависящей от наличия (r<0) или отсутствия (r>0) трофического лимитирования конкурирующих групп.

Наиболее напряженные пищевые отношения между *D. longiremis* и науплиусами *C. scutifer* существовали в 1977, 1980, 1997 и 2000 гг. (r<0), тогда как в 1981, 1984, 1992, 1994 и 1999 гг. трофическое лимитирование конкурирующих групп не проявлялось (r>0).

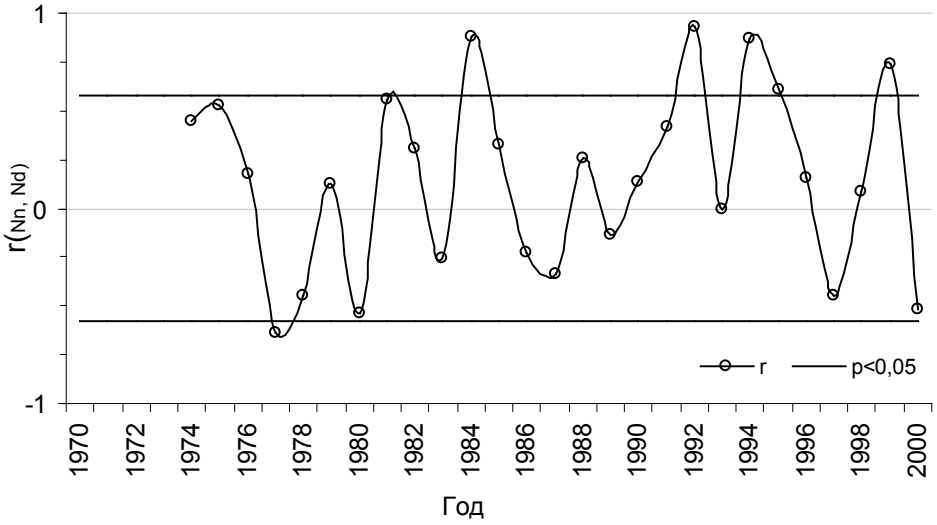


Рис. 2. Межгодовая вариабельность значений коэффициента корреляции (*r*) между численностью науплиусов *C. scutifer* и численностью *D. longiremis*, рассчитанная на основе среднемесячных величин (для каждой точки n=12).
Примечание: черной сплошной линией обозначена граница с достоверностью связи выше 95%.

Проведенный расчет показывает, что острота конкуренции за пищу между науплиусами циклопов и дафниями постоянно изменяется, и на основании краткосрочных наблюдений преждевременно делать вывод о наличии или отсутствии связи между численностью науплиусов *C. scutifer* и численностью *D. longiremis.* В отдельные годы связь может быть положительной, либо отрицательной или отсутствовать.

На формирование численности *D. longiremis* оказывают влияние многие факторы. Для анализа влияния трофических условий на плодовитость мы использовали суммарное поступление фосфора за предыдущие 16 лет (P_{16}) (Миловская, 2002, 2004), определяющее содержание растворенного органического вещества и, следовательно, биомассу бактериопланктона. Трофические условия нелинейно влияют на плодовитость (рис. 3). По мере накопления запасов фосфора в озере до 50 т плодовитость рачков резко возрастала, восходящая часть кривой представлена данными 1973–1981 гг., когда наиболее остро ощущался дефицит фосфора и плодовитость, в основном, зависела от трофических условий (r=0,894; p<0,01; n=7). Верхняя часть кривой отражает отсутствие влияния дальнейшего накопления фосфора на плодовитость, достигшую высокого уровня, и представлена данными 1982–1988 гг. Увеличение запасов фосфора свыше 120 т сопровождалось снижением плодовитости, нисходящая часть кривой представлена данными 1989–2000 гг.

Прямое влияние на плодовитость оказывает температура воды — при ее повышении скорость развития возрастала, дафнии размножались круглогодично, соответственно, при значительном снижении прогрева озера размножение в зимние месяцы сокращалось. Значения среднегодовой плодовитости ниже 1,0 яиц/яйц. самку указывают на отсутствие размножения в отдельные месяцы, в результате чего снижался среднегодовой показатель плодовитости.

Численность популяции, контролируемая выеданием молодью нерки, оказывает опосредованное влияние на величину плодовитости — через изменение среднего размера особей. При высокой численности большее количество особей достигало крупных размеров, возрастала индивидуальная плодовитость, что отмечала И.А. Носова (1988).

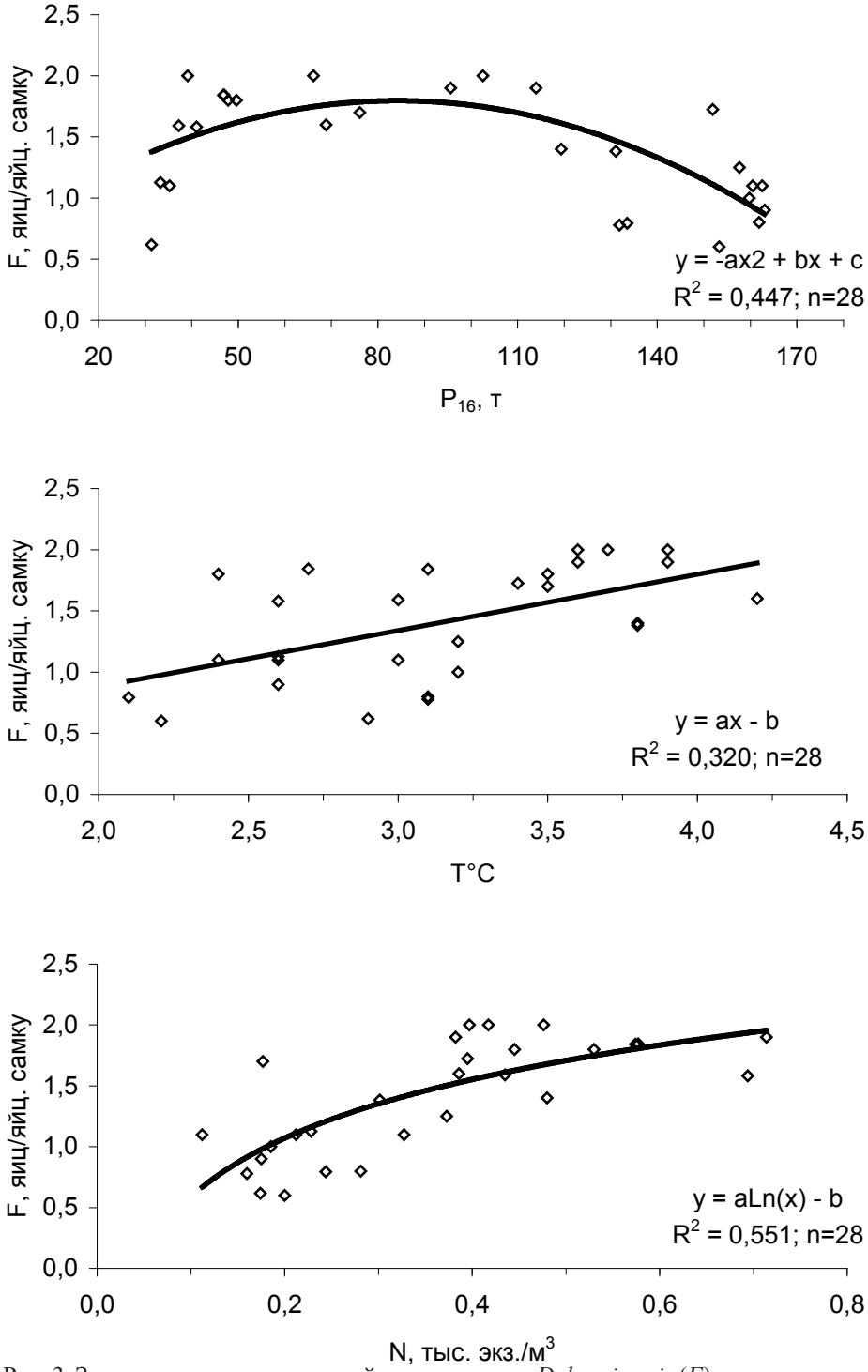


Рис. 3. Зависимость среднегодовой плодовитости *D. longiremis* (*F*) от накопления фосфора (P_{16}), среднегодовой температуры воды в слое 0–100 м (*T, °C)* и численности популяции *(N*)

Межгодовая изменчивость факторов, оказывающих влияние на формирование численности *D. Longiremis*, отражена на рис. 4.

Среднегодовая численность *D. longiremis* в 1970–2000 гг. варьировала от 0,11 до 0,71 тыс. экз./м^3 при среднемноголетней величине 0,29 тыс. экз./м^3. На формирование численности *D. longiremis* оказывают влияние трофические условия, выедание и температура воды в слое 0–100 м (рис. 4). Комплексность воздействия факторов нивелирует влияние каждого отдельно взятого фактора, но в отдельные периоды можно выявить ведущий из них.

В 1970-е гг. ведущими факторами в формировании численности популяции *D. longiremis* являлись трофические условия, определяющие плодовитость (связь P_{16}–F: r=0,894; p<0,05; n=7), а также количество потребителей, выраженное через сумму заходов нерки за два смежных года, поколения которых нагуливались одновременно (связь E_1E_2–N: r= –0,657; p<0,05; n=7). В первой половине десятилетия малое количество потребителей позволяло поддерживать высокую численность рачков, характеризовавшихся более крупными размерами ($\overline{W}$ =0,053 мг) и более высокой индивидуальной плодовитостью, что обусловило повышенную интенсивность размножения при невысокой температуре и малых запасах фосфора. Во второй половине 1970-х гг. стали возрастать пропуски производителей нерки на нерест, соответственно, увеличилась селективность выедания, что привело к снижению среднего размера особей до 0,031 мг. Минимальные запасы аккумулированного фосфора и низкая температура обусловили снижение плодовитости, интенсивности размножения и численности популяции.

В 1980-е гг. на формирование численности *D. longiremis* доминирующее влияние оказывало повышение температуры воды (связь $T°$–N: r=0,658; p<0,05; n=10; и связь $T°$–F: r=0,562; p<0,05; n=10). Рост пропусков производителей на нерест в первой половине 1980-х гг. в два раза превысил величину предшествовавшего 5-летия, что повлекло сокращение численности рачков по сравнению с уровнем 1970-х гг. и вызвал снижение среднего размера особей ($\overline{W}$ =0,029 мг). Однако повышение температуры воды наряду с ростом запаса фосфора интенсифицировали процесс размножения. Численность рачков возрастала, несмотря на нагул более многочисленных поколений молоди нерки. Во второй половине 1980-х гг. прирост численности *D. longiremis*, в целом, превышал убыль от выедания, что подтверждает увеличение среднего размера особей до 0,043 мг при нагуле поколений молоди от пропусков, в два

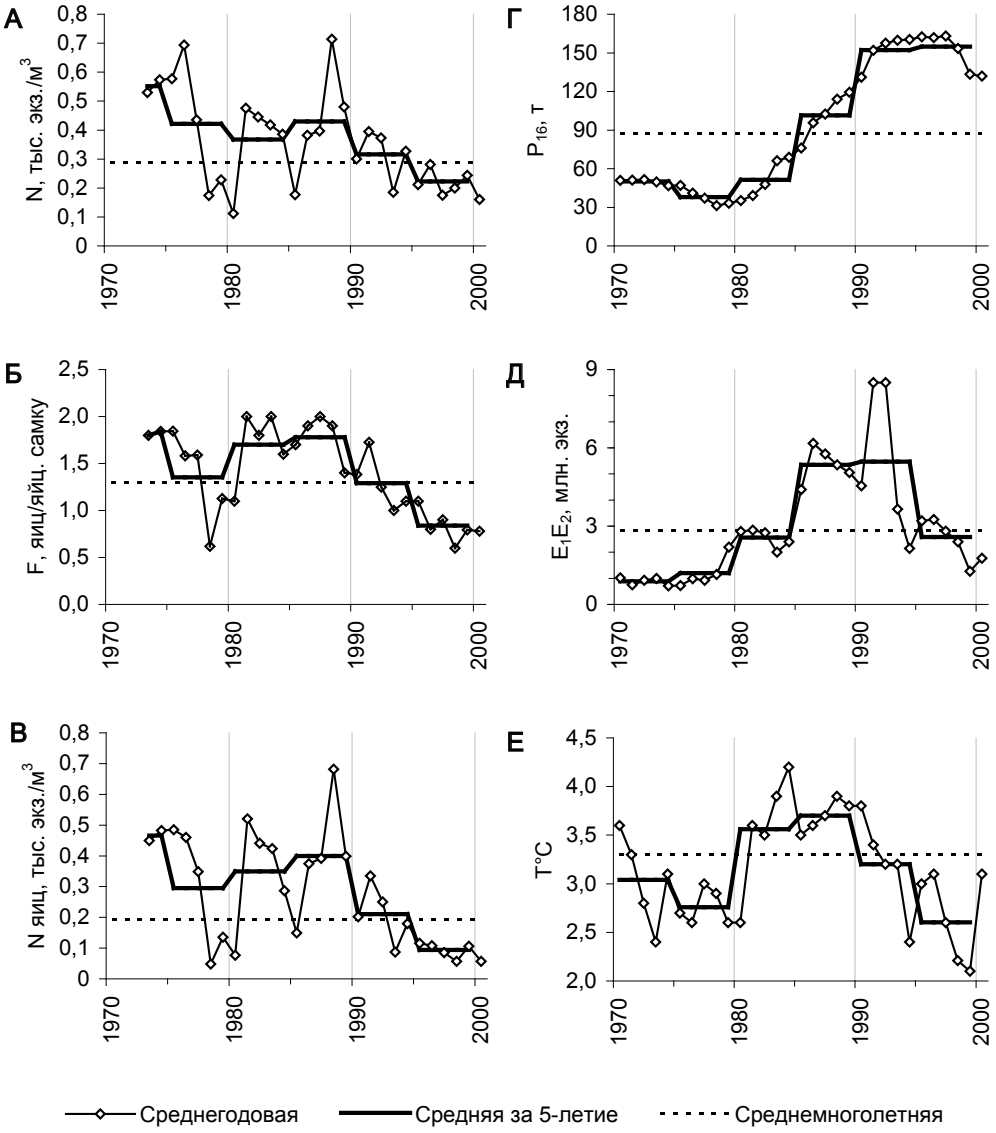


Рис. 4. Динамика численности *D. longiremis* (*N*) — *А*, плодовитости (*F*) — *Б* и интенсивности размножения ($N_{яиц}$) — *В*; накопления фосфора в водоеме (P_{16}) — *Г*, величины двух смежных пропусков нерки (E_1E_2) — *Д*, температуры воды (*T°*) — *Е*, прослеженная по среднегодовым величинам

раза превышавших уровень первой половины 1980-х гг.

В 1990-е гг. запас фосфора был наибольшим, но численность *D. longiremis* неуклонно снижалась. Численность рачков определялась выеданием, зависящим от количества потребителей, и температурой воды. Чрезмерное выедание многочисленными поколениями молоди нерки оказывало как прямое воздействие (связь E_1E_2–N: r=0,731; p<0,05; n=10), так и опосредованное — через снижение среднего размера особей от 0,036 мг в первой половине десятилетия до 0,028 мг во второй (связь E_1E_2–W: r=0,546; p<0,05; n=10). Снижение среднего размера повлекло уменьшение средней индивидуальной плодовитости рачков (связь W–F: r=0,816; n=10; p<0,05). Снижение температуры воды обусловило уменьшение плодовитости (связь $T°$–F: r=0,721; p<0,05; n=10), что, наряду с сокращением общего количества половозрелых особей, замедлило интенсивность размножения. Основным фактором снижения численности в первой половине десятилетия явилось выедание потребителями, а во второй — низкая температура воды, вследствие чего снизилась среднегодовая плодовитость рачков из-за прекращения размножения в период максимального охлаждения воды, когда средняя температура слоя 0–100 м опускалась ниже 2 °С.

Динамические характеристики популяции. Более тонкое выявление механизма влияния трофического фактора, температуры воды и уровня выедания на формирование численности популяции *D. longiremis* возможно через сопоставление удельных скоростей роста численности популяции, рождаемости и смертности с использованием популяционно-аналитического подхода (Гиляров, 1987; Полищук, 1986, Миловская, 1988).

Сопоставление величин наблюдавшихся максимальных скоростей роста популяции в естественных условиях с расчетной максимальной удельной скоростью роста и средней массой особи в популяции (Fenchel, 1974) показало, что в условиях Курильского озера популяция *D. longiremis* лишь частично реализует потенциальные возможности воспроизводства вследствие давления среды.

$r_m = 0{,}022w^{-0{,}27}$ (Fenchel, 1974),

где: r_m, сутки$^{-1}$ — расчетная максимальная удельная скорость роста; w, г — средняя масса особи в популяции.

Так, наибольшая среднемесячная удельная скорость роста в период гидрологического лета при массовом размножении в 1980-е гг. составляла от 19,6 до 32,8%, а в 1990-е гг. — лишь от 12,4 до 17,1% от расчетной максимальной величины.

Для расчета удельной скорости рождаемости (b) определили D_e — продолжительность развития яиц, зависящую от температуры воды. Для расчета были использованы экспериментальные данные И.И. Куренкова (1975), позволившие описать общий характер зависимости (уравнение 1):

$$D_e = -7{,}0913 * \ln T° + 24{,}555;\ n=11;\ R^2=0{,}996 \quad (1)$$

где: D_e — продолжительность развития яиц, сутки; $T°$ — температура воды, °С.

Процессы, определяющие численность популяции (удельная скорость рождаемости и смертности), наиболее динамичными были во второй половине 1980-х гг. Максимальные скорости рождаемости

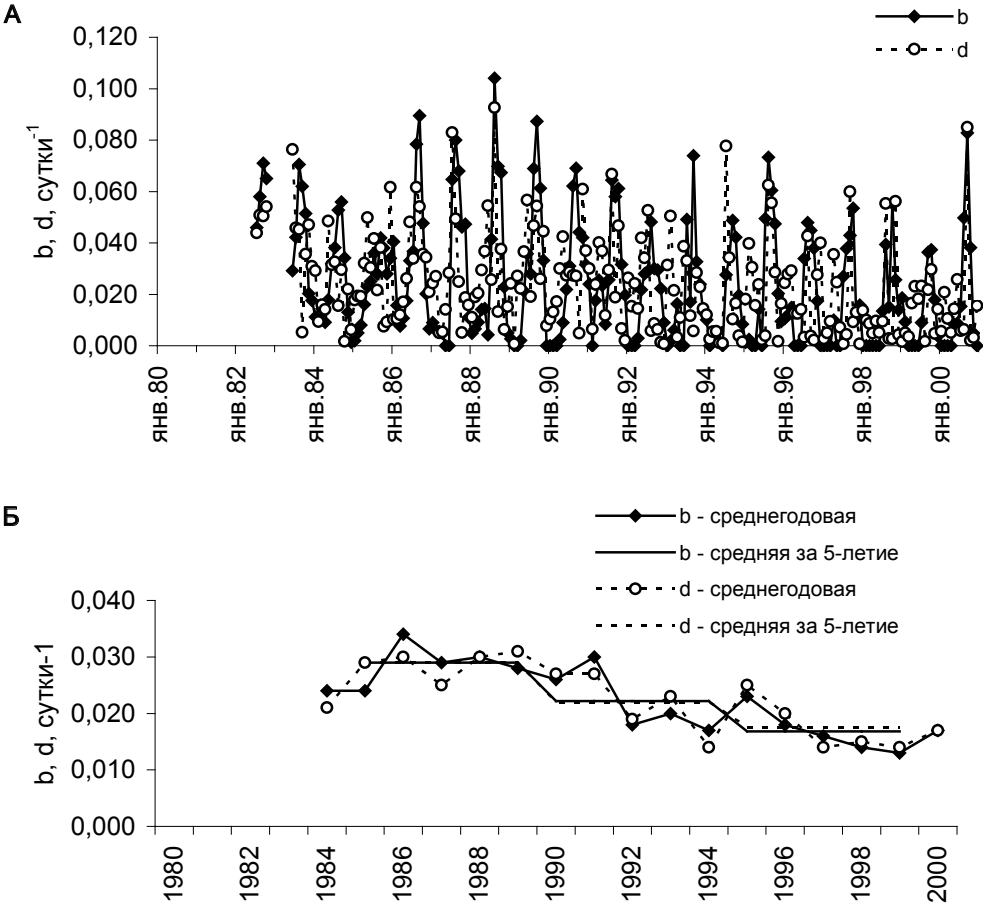


Рис. 5. Изменчивость среднемесячных (А) и среднегодовых (Б) величин удельной рождаемости (b) и удельной смертности (d) *D. longiremis*

(0,104 сутки$^{-1}$) и смертности (0,093 сутки$^{-1}$) отмечены в августе 1988 г. (рис. 5А). Нулевые значения рождаемости связаны с прекращением размножения в зимний или ранневесенний период в отдельные годы. Со второй половины 1980-х гг. по конец 1990-х гг. происходило последовательное снижение скорости рождаемости и смертности (рис. 5Б).

С помощью корреляционного анализа выяснено, что скорость рождаемости (*b*) зависит от трофических условий (связь *b – F*) и температуры воды (связь *b – T*°), а в период низкой численности — также от доли яйценосных самок (связь $b - N_{♀ov.}/N_{♀}$) (табл. 3). Скорость смертности *D. longiremis* практически не зависит от температуры (связь *d – T*°) в силу особенностей сезонной динамики ее численности. Численность дафний достигает максимума в октябре–ноябре, когда средняя температура воды сравнительно высокая, и они интенсивно выедаются молодью нерки. В течение гидрологической зимы выедание продолжается, но менее интенсивно, а в последующие месяцы численность рачков снижается до минимума на фоне повышения температуры воды.

D. longiremis слабо компенсирует рост смертности увеличением плодовитости (связь *d – F*). Также слабо выражена связь скорости смертности с долей половозрелых особей ($d - N_{♀ov.}/N_{♀}$), что характеризует малую селективность их выедания. Малая селективность обусловлена тем, что, во-первых, выеданию подвержены не только особи с размерами от 0,7 до 1,5 мм (половозрелые), но и более младшие возрастные стадии с размерами от 0,4 до 0,7 мм. У молоди нерки существует тенденция отбора особей с предпочитаемым размерным рядом от 0,4 мм (Koenings and Burkett, 1987). Во-вторых, половозрелые особи *D. longiremis* в июне–октябре, в период интенсивного нагула молоди нерки, располагаются наиболее глубоко, мигрируя в более высокие горизонты в темное время суток (Носова, 1968; собственные данные автора), что препятствует интенсивному их выеданию.

Совместное нелинейное влияние температуры воды и трофических условий (через плодовитость) на среднюю удельную рождаемость дафний сильное (R^2=0,860). Рождаемость возрастала по мере улучшения трофических условий, вызывающих рост плодовитости, и увеличения температуры воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На формирование численности *D. longiremis* оказывают влияние температура воды в слое 0–100 м, выедание молодью нерки и трофические условия, определяемые уровнем накопления фосфора. Скорость роста популяции определяется соотношением рождаемости и смертности. В Курильском озере скорость рождаемости *D. longiremis* зависит от трофических условий и температуры воды, а в период низкой численности — также от доли яйценосных самок. Скорость смертности *D. longiremis* практически не зависит от температуры в силу особенностей сезонной динамики ее численности. *D. longiremis* слабо компенсирует рост смертности увеличением плодовитости. Также слабо выражена связь скорости смертности с долей половозрелых особей, что характеризует малую селективность их выедания.

Совместное нелинейное влияние температуры воды и трофических условий (через плодовитость) на среднюю удельную рождаемость дафний сильное. Комплексный характер воздействия нивелирует влияние каждого отдельно взятого фактора, но в отдельные периоды можно выявить ведущие из них.

При малых запасах аккумулированного фосфора и низкой температуре воды, но малых заходах производителей нерки и слабом выедании, популяция дафний способна поддерживать численность за счет увеличения размеров особей и более высокой индивидуальной плодовитости. Однако рост заходов производителей при таком сочетании условий приводит к резкому сокращению численности, что отмечалось в 1970-е гг. При повышении температуры воды на фоне роста запасов фосфора численность *D. longiremis* возрастает даже при нагуле большого количества молоди нерки, что наблюдалось в 1980-е гг. Последовательное снижение температуры воды приводит к

Таблица 3. Значения коэффициентов корреляции удельной скорости рождаемости (*b*) и смертности (*d*) *D. longiremis* с температурой воды (T°), плодовитостью (*F*) и долей яйценосных самок от общего числа самок ($N_{♀ov.}/N_{♀}$)

Годы	n	*b*			d		
		T°	*F*	$N_{♀ov.}/N_{♀}$	*T*°	*F*	$N_{♀ov.}/N_{♀}$
1982–1984	23	0,778***	0,746***	0,032	0,139	0,125	0,332
1985–1989	60	0,804***	0,826***	0,252	0,308*	0,446***	0,413**
1990–1994	60	0,844***	0,848***	-0,146	0,099	0,278*	0,270*
1995–1999	60	0,842***	0,861***	0,632***	0,228	0,364***	0,206
1983–2000	215	0,827***	0,830***	0,270**	0,282**	0,419***	0,318***

Примечание: n — число месяцев;
Достоверность коэффициентов: * — p<0,05; ** — p<0,01; *** — p<0,001

ослаблению внутрипопуляционных процессов даже на фоне максимальных запасов фосфора, что характерно для 1990-х гг.

В условиях Курильского озера популяция *D. longiremis* лишь частично реализует потенциальные возможности воспроизводства вследствие давления среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев В.Ф., Дубынин В.А. 1999. Факторы, определяющие длину и массу тела смолтов нерки *Oncorhynchus nerka*, мигрирующих из оз. Курильского (р. Озерная) и оз. Азабачьего (р. Камчатка) // Биология промысловых животных дальневосточных морей и условия их обитания. Изв. ТИНРО. Т. 126. С. 383–400.

Гиляров А.М. 1987. Динамика численности пресноводных планктонных ракообразных. М.: Наука. 191 с.

Кизеветтер И.В. 1948. Об изменениях химического состава тела красной (нерки) // Изв. ТИНРО. Т. 28. С. 29–42.

Киселев И.А. 1956. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. Л.: ЗИН АН СССР. Т. IV. Ч. 1. С. 253–258.

Крючкова Н.М., Рыбак В.Х. 1980. К вопросу о взаимоотношениях фито- и зоопланктона // Трофические связи пресноводных беспозвоночных. Л.: Зоол. ин-т АН СССР. С. 19–29.

Куренков И.И. 1975. Жизненный цикл *Daphnia longiremis* Sars в оз. Дальнем (Камчатка) // Изв. ТИНРО. Т. 97. С. 115–128.

Куренков И.И. 2005. Зоопланктон озер Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 178 с.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975. Л.: Наука. 240 с.

Миловская Л.В. 1988. Влияние фертилизации на популяционные показатели и продукцию *Daphnia longiremis* Sars в озере Курильском // Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки. Владивосток: ТИНРО. С. 50–57.

Миловская Л.В. 2000. Роль фосфора в формировании рыбопродуктивности Курильского озера (Южная Камчатка) // «Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки». Докл. Второй Камчатской обл. науч.-практ. конф. (3–6 октября 2000 г.). Петропавловск-Камчатский. С. 92–98.

Миловская Л.В. 2002. Характеристика гидрометеорологических условий и поступления фосфора в Курильское озеро в 1980–2000 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 6. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 19–26.

Миловская Л.В. 2004. Общая гидрохимическая характеристика и трофический статус озера Курильское // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 7. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 59–69.

Носова И.А. 1968. Вертикальное распределение зоопланктона Курильского озера // Изв. ТИНРО. Т. 64. С. 151–167.

Носова И.А. 1986а. Изменения в пелагическом планктоне озера Курильского в связи с его фертилизацией // V съезд ВГБО (Тольятти, 15–19 сентября 1986 г.): Тезисы докладов. Часть II. С. 272–273.

Носова И.А. 1986б. Межгодовые изменения в пелагическом планктоне оз. Курильского. К проблеме фертилизации // Комплексные исследования озера Курильского. Владивосток: ДВГУ. С. 83–97.

Носова И.А. 1988. Биология и динамика численности *Daphnia longiremis* Sars в озере Курильском // Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки. Владивосток: ТИНРО. С. 38–50.

Полищук Л.В. 1986. Динамические характеристики популяций планктонных животных. М.: Наука. 128 с.

Fenchel T. 1974. Intrinsic rate of natural increase: the relationship with body size // Oecologia. 14 (4). P. 317–326.

Koenings J.P., Burkett R.D. 1987. Population characteristics of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) smolts relative to temperature regimes, euphotic volume, fry density, and forage base within Alaskan lakes // Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management. Can. Spec. Publ. Aquat. Sci. 96. P. 216–234.

Milovskaya L.V. 2002a. The influence of climate changes and sockeye escapement on state of ecosystem in the Kurile Lake (South Kamchatka). NPAFC doc. 648. KamchatNIRO. Petropavlovsk-Kamchatsky. Russia. 11 p.

Milovskaya L.V. 2002б. The influence of climate changes on the ecosystem carryng capacity in Kurile Lake // North Pacific Marine Science Organization. XI Annual Meeting. October 18–26, 2002. Qingdao, People's Republic of China. P. 120–121.

Ricker W.E. 1954. Stock and recruitment // J. Fish. Res. Board Can. 9. P. 559–623.

УДК 597.553.2:574.91 DOI 10.15853/978-5-902210-45-08

ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ НАГУЛЬНОГО ВОДОЕМА МОЛОДЬЮ НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA* В ПЕРВЫЙ ГОД ЖИЗНИ В БАССЕЙНЕ КУРИЛЬСКОГО ОЗЕРА

Е.А. Кириллова, П.И. Кириллов, Д.С. Павлов

Н. с., к. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; науч. рук. института, академик РАН; Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
119071, Москва, Ленинский пр-т, д. 33
Тел.: (499) 135 2165, (495) 954 7550
E-mail: ekirillova@sevin.ru, pkirillov@sevin.ru, pavlov@sevin.ru

НЕРКА, МОЛОДЬ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ, КУРИЛЬСКОЕ ОЗЕРО, МИГРАЦИИ, ПОВЕДЕНИЕ

Обобщены сведения о миграциях молоди нерки первого года жизни в бассейне Курильского озера. Выявлены закономерности и описаны некоторые механизмы миграций. Представлены морфологические и физиологические характеристики, особенности миграционного и пищеоборонительного поведения сеголетков в период освоения нагульного водоема.

PECULIARITIES OF THE FIRST YEAR DISPERSION OF JUVENILE SOCKEYE SALMON *ONCORHYNCHUS NERKA* IN THE BASIN OF KURILSKOYE LAKE

E.A. Kirillova, P.I. Kirillov, D.S. Pavlov

Researcher, Ph. D.; senior scientist, Ph. D., scientific leader of Institute, academician; A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS
119071, Moscow, Leninskii prospect, 33
Tel.: (499) 135 2165, (495) 954 7550
E-mail: ekirillova@sevin.ru, pkirillov@sevin.ru, pavlov@sevin.ru

SOCKEYE SALMON, YOUNG OF THE YEAR, KURILSKOYE LAKE, MIGRATIONS, BEHAVIOUR

Data on migrations of sockeye salmon in the first year of life in Kurilskoye Lake basin have been summarized. Some patterns and mechanisms of the migrations have been revealed. Morphological and physiological characterization, peculiarities of migratory, feeding and defensive behavior in the first year in the lake has been provided.

Среди тихоокеанских лососей нерка *Oncorhynchus nerka* (Walb.) — единственный вид, специализированный к воспроизводству в озерно-речных системах. Наиболее многочисленные популяции нерки обитают в реках, бассейны которых имеют в своем составе озера. Перечень «нерковых» озер Азиатского и Американского побережья Тихого океана приведен в монографии В.Ф. Бугаева и В.Е. Кириченко (2008). На Камчатке крупнейшим нерестово-нагульным водоемом для нерки является Курильское озеро (бассейн р. Озерной).

Нерестилища нерки располагаются как в самих озерах, так и в реках, впадающих в озера и вытекающих из них. В Курильском озере основные нерестовые площади (71%) сосредоточены на литорали; речные нерестилища составляют 23%, наименьшая доля (3%) приходится на ключи (Остроумов, 1970; Бугаев, 1995).

Первые годы жизни до ската в море нерка озерновской популяции нагуливается в пелагиали Курильского озера (Крохин, Крогиус, 1934; Бугаев и др., 2009), куда молодь мигрирует с нерестилищ в первое лето жизни. Эта черта биологии — общая для всех популяций нерки, населяющих речные системы, имеющие в своем составе озера (Hartman et al., 1967; McCart, 1967; Quinn, 2005). В силу разнообразия расположения нерестилищ, для достижения нагульного водоема молодь нерки совершает миграции различной направленности, длительности и протяженности.

Целью настоящей работы было выявление и описание особенностей освоения нагульного водоема молодью нерки Курильского озера — ее миграций, распределения, поведения и морфоэкологических особенностей в данный период.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Курильское озеро (рис. 1) — водоем на юге Камчатского полуострова, где в силу особенностей его геоморфологии сложились идеальные условия для воспроизводства крупного стада нерки. Из многочисленных впадающих в озеро рек и ручьев около 10 используются неркой как нерестовые. Из озера вытекает река Озерная, впадающая в Охотское море.

Наблюдения и сбор материала проводили в нижнем течении притоков Курильского озера: ручье Золотой Ключ, реках Хакыцын и Этамынк; в верхнем течении и в истоке р. Озерной, а также на литорали озера (рис. 1) в 2010–2013 гг. Обловы в руч. Золотой Ключ, верховьях р. Озерной и на литорали озера выполняли регулярно, в р. Хакыцын и Этамынк — эпизодически.

Сеголетков нерки ловили активными и пассивными орудиями лова: конусными сетями (капроновое сито № 14) и сачками из безузловой мелкоячеистой дели. Помимо обловов, осуществляли регулярные визуальные наблюдения за поведением молоди нерки. Подробное описание методики проведения обловов изложено в работе Д.С. Павлова с соавторами (Павлов и др., 2015). Часть пойманных рыб изымали для биологического анализа, который включал в себя измерение длины тела (по Смитту), оценку степени резорбции желточного мешка, качественный и количественный анализ содержимого желудка.

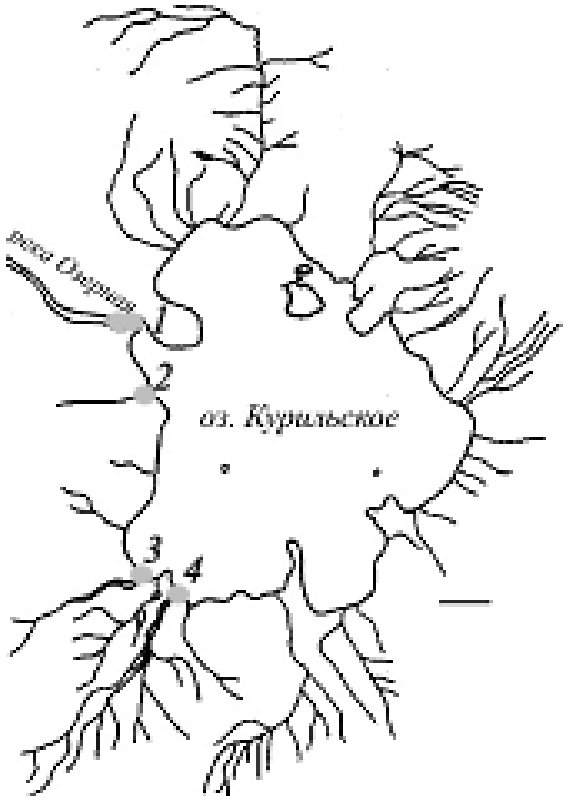


Рис. 1. Место проведения работ. Кругами обозначены станции обловов: 1 — исток р. Озерной, 2 — ручей Золотой Ключ, 3 — р. Этамынк, 4 — р. Хакыцын

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Нагул молоди нерки генеративно-озерных популяций происходит в пелагиали озер, где нерка проводит 1–3 года до ската в море. Вскоре после выхода из гнезд ранняя молодь начинает миграцию в озеро (Бугаев и др., 2009; Павлов и др., 2010; Кириллова, Павлов, 2011). В силу многообразия расположения нерестилищ, миграции молоди нерки к местам нагула различны по направлению относительно течений, длительности и протяженности.

Молодь первого года жизни озерного происхождения в первые недели после выхода из грунта (до первой декады июля) держится в прибрежном мелководье, у уреза воды. В течение лета, по мере роста, она откочевывает дальше от берега, на большие глубины.

Миграция из притоков озера осуществляется в форме покатной миграции (вниз по течению). Как в крупных водотоках (р. Хакыцын, р. Этамынк), так и в мелких (руч. Золотой Ключ), она происходит рано (в мае – начале июня), а ее продолжительность невелика. В 2013 г. молодь из рек Хакыцын и Этамынк мигрировала в озеро в период резкого подъема уровня воды, вызванного таянием снега. В третьей декаде мая сеголетки нерки отмечались в уловах конусной сети в низовьях указанных рек, в начале июня их уже не было (рис. 2). В этот же период на литорали озера вблизи устьев рек появились стайки нерки, не наблюдавшиеся ранее. Мы считаем, что эти стаи состояли из молоди, вышедшей из притоков.

Эпизодический характер обловов не позволяет описать сезонную динамику миграции из притоков, но мы предполагаем, что она началась не ранее середины мая, когда реки начали освобождаться от снега, а вода — прогреваться. Следует отметить, что миграция сеголетков нерки из р. Этамынк началась, по-видимому, позже, чем из р. Хакыцын, что может быть обусловлено как гидрологическими условиями в водотоках, так и условиями питания.

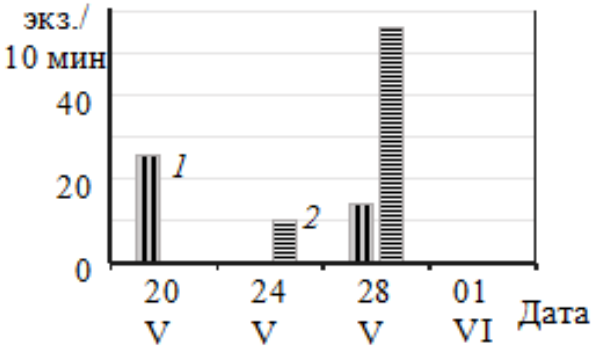


Рис. 2. Интенсивность покатной миграции сеголетков нерки в р. Хакыцын (*1*) и Этамынк (*2*) в 2013 г.

Из ручья Золотой Ключ сеголетки нерки мигрировали в море в первой–второй декаде июня (рис. 3). Миграция не носила массового характера, что, по-видимому, является следствием нереста в данном водотоке небольшого числа производителей.

Миграция из озерных притоков происходит только в темное время суток. Первые мигранты появляются в потоке при освещенности ниже 1 лк. В крупных водотоках (Этамынк, Хакыцын) миграция продолжается до рассвета (>1 лк), в малых водотоках (Золотой Ключ) она завершается уже к наступлению минимальной освещенности (0,001 лк).

Сеголетки нерки с речных нерестилищ, расположенных в вытекающей из озера реке, мигрируют в нагульный водоем, перемещаясь против течения. Эта разновидность миграции принципиально отличается от миграции из озерных притоков. Ее продолжительность во времени велика (с начала лета до середины осени): по-видимому, это связано как с растянутостью нереста производителей, так и с рядом особенностей биологии молоди в этот период жизненного цикла, о которых будет сказано ниже.

Миграция вверх по течению реки происходит в светлое время суток. Стаи (рыбы ориентированы головой против течения, их действия согласованны и синхронны) сеголетков нерки перемещаются вверх вдоль левого, вогнутого берега реки, придерживаясь минимальных глубин (0,05–0,3 м) и скоростей течения (0,1–0,2 м/с). Периодически сеголетки нерки целыми стаями заходят в прибрежные укрытия — многочисленные заливы, заводи, закрытые нависающей над водой растительностью; мелкие протоки, обильно заросшие макрофитами. Здесь стаи распадаются: рыбы располагаются хаотично относительно других особей. Очевидно, в укрытиях сеголетки нерки отстаиваются («отдыхают»), восстанавливая энергетический потенциал перед продолжением миграции. Периодически они совершают направленные броски в толщу и к поверхности воды, сопровождаемые хватательными движениями, демонстрируя пищедобывательное поведение. Установлено, что у молоди, отловленной в период «отдыха», пищеварительные тракты заполнены пищей.

С наступлением сумерек миграция вверх по течению прекращается, сеголетки нерки уходят в укрытия (Павлов и др., 2010; Кириллова и др., 2010; Кириллова, Павлов, 2011). В темное время суток рыбы не активны: лежат на дне поодиночке или группами, не реагируя на слабые раздражители (тусклый рассеянный свет фонарика, плавное прикосновение сачком). Воздействие яркого света вызывало реакцию испуга: сеголетки резко поднимались со дна в толщу воды, совершали хаотично направленные броски в стороны. Спустя 1–2 минуты часть рыб уходила в затопленную водой растительность или размытые корни растений, другая часть выходила в основное русло реки.

Перед выходом в озеро из р. Озерной молодь нерки собирается в плотную стаю в истоке реки, в зоне обратного течения, где держится некоторое время до выхода на литораль озера (Бугаев и др., 2009; Павлов и др., 2010; Кириллова, Павлов, 2011). От головного конца этой стаи последовательно отделяются и выходят в озеро по 1–3 особи. Их перемещение происходит у самого уреза воды, где скорость течения минимальна. Стая сеголетков в истоке реки постоянно пополняется подходящими снизу стайками, присоединяющимися к ее хвостовому концу. Стая в истоке реки расформировывается с наступлением темноты: сеголетки нерки также перемещаются в близлежащие укрытия.

Миграция вверх по течению р. Озерной и выход в озеро возобновляются после рассвета: при освещенности около 100 лк сеголетки нерки собираются в стаи, выходят из укрытий в основное русло и продолжают передвижение вверх по течению или выход из реки в озеро. Более высокие (на порядок) значения освещенности для возобновления миграции вверх по течению, чем для ее завершения, по-видимому, обусловлены тем, что в защищенных от света раститель-

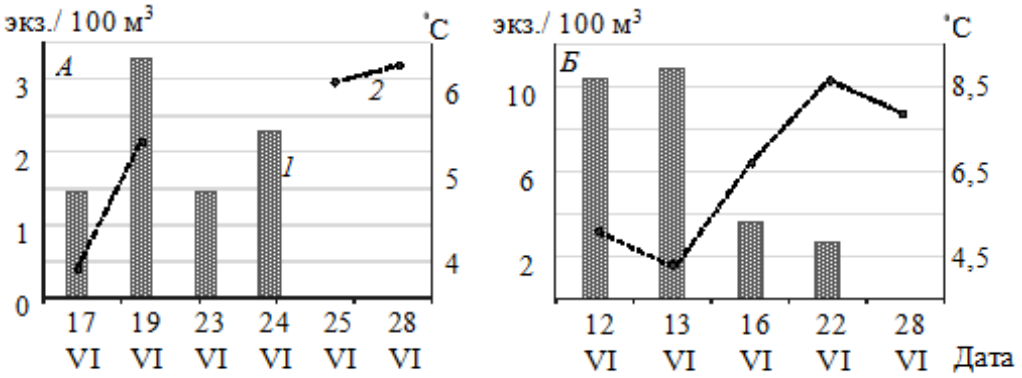


Рис. 3. Сезонная динамика интенсивности (*1*) покатной миграции сеголетков нерки из ручья Золотой Ключ и динамика температуры (*2*) в 2010 (*А*) и 2012 (*Б*) гг.

ностью укрытиях освещенность ниже, чем над открытым основным руслом реки.

Помимо направленной миграции вверх по течению, в р. Озерной часть рыб мигрирует вниз по течению (Павлов и др., 2010; Кириллова, Павлов, 2011). Число таких мигрантов невелико относительно сеголетков, поднимающихся в озеро, однако ряд закономерностей в процессе миграции и морфологические характеристики рыб (Кириллова, Павлов, 2011; Павлов и др., 2012), не позволяют считать это явление случайным. Миграция сеголетков нерки вниз по течению наряду с массовой миграцией вверх по течению известна также для рыб из рек Северной Америки (Hartman et al., 1967; McCart, 1967).

В 2010 г. сеголетки нерки встречались в уловах конусных сетей с начала наблюдений (12 июня). Наибольшее их число было поймано в период с 30 июня по 7 июля (рис. 4): сезонные пики миграции были отмечены последовательно на стрежне реки (2), у левого берега (1) и у правого (3). По-видимому, такая последовательность связана с перераспределением молоди в прибрежье в результате сезонного снижения уровня воды и нагонных ветровых течений. Например, число сеголетков нерки в уловах конусных сетей возрастало при сильном В–ЮВ ветре (от берега к стрежню реки).

Миграция сеголетков нерки вниз по течению р. Озерной, как и миграция из озерных притоков, проходила исключительно в темное время суток (рис. 5): начиналась при освещенности ниже 1 лк и завершалась с рассветом. Приуроченность миграции ранней молоди к темному времени суток — универсальная адаптация для защиты от хищников и минимизации энергетических затрат, свойственная молоди многих видов рыб (Павлов, 1979). Механизм ее реализации заключается в потере зрительной ориентации в период снижения освещенности (темновая адаптация глаз рыб занимает некоторое время), приводящей к нейтрализации реореакции и последующему вовлечению в поток особей, находящихся на границе с течением (Павлов, 1979).

По-видимому, покатная миграция сеголетков нерки в реке, вытекающей из нагульного водоема, есть проявление врожденной поведенческой реакции, направленной на расселение с речных нерестилищ и распределение в прибрежье (временном местообитании до выхода в нагульный водоем). Необходимо отметить, что миграция вниз по течению в р. Озерной свойственна только особям, находящимся в реке. Выхода сеголетков нерки из озера в реку мы не наблюдали.

В р. Озерной выход молоди нерки из грунта завершается в июне–июле, а массовый выход проис-

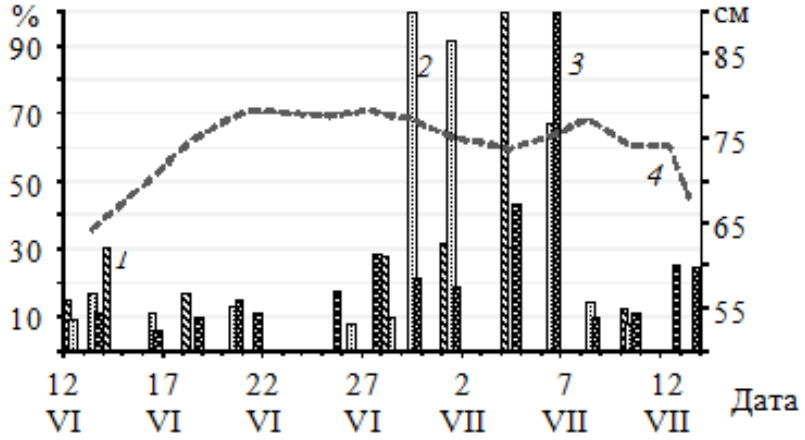


Рис. 4. Сезонная динамика миграции сеголетков нерки *Oncorhynchus nerka* вниз по течению и колебания уровня воды (*4*) в р. Озерной. Левый берег (*1*) — 100% = 5,64 экз./100 м^3; стрежень (*2*) — 100% = 8,11 экз./100 м^3; правый берег (*3*) — 100% = 30,36 экз./100 м^3. За 100% принята максимальная за период наблюдений концентрация мигрантов в потоке

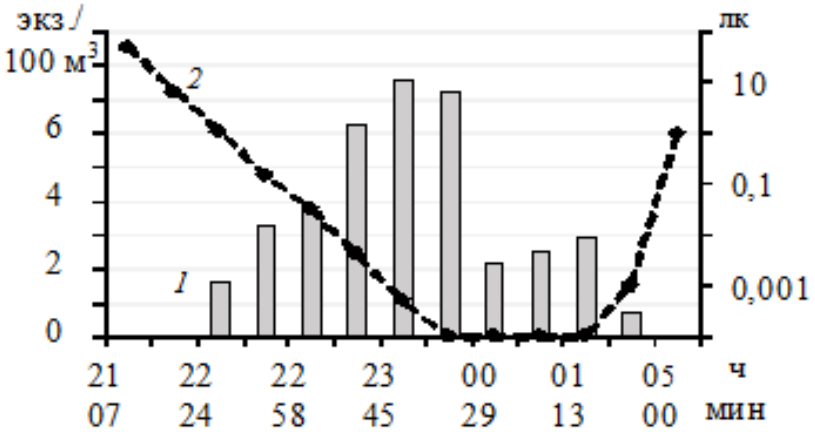


Рис. 5. Интенсивность миграции ранней молоди нерки, экз./100м^3 (*1*) в р. Озерной в связи с освещенностью, лк (*2*), 12–13.07.2010

ходит в марте–апреле (Крохин, Крогиус, 1934; Бугаев, 1995). Возможно, часть мигрантов вниз по течению составляют особи, попавшие в поток в результате атак хищников (крупной молоди мальмы *Salvelinus malma* и кижуча *Oncorhynchus kisutch*) либо выгнанные из укрытий медведями, перемещающимися вдоль береговой линии.

Разнообразие условий воспроизводства нерки в пределах одного водного бассейна и соответствующее им многообразие нагульных миграций молоди первого года жизни привели к формированию ряда морфо-физиологических адаптаций. Внутри единой популяции озерновской нерки можно выделить несколько пространственно-временных группировок, демонстрирующих различное миграционное поведение, отличающихся морфологическими и физиологическими показателями: мигранты вверх по течению (1), мигранты вниз по течению в вытекающей из озера реке (2) и из озерных притоков (3), стая в истоке реки Озерной (4), молодь на литорали озера (5).

Представители различных пространственно-временных группировок отличаются линейными размерами (табл. 1): рыбы, поднимающиеся вверх по течению, достоверно крупнее рыб, мигрирующих вниз ($p<0,05$) и рыб из стаи в истоке ($p<0,05$). Не выявлено достоверных отличий в длине тела у рыб из стаи в истоке реки и у мигрантов вниз по течению и у рыб на литорали озера.

Таблица 1. Размерный состав сеголетков нерки *Oncorhynchus nerka* из различных пространственно-временных группировок (1 — мигранты вверх по течению, 2 — мигранты вниз по течению в вытекающей из озера реке, 3 — мигранты из озерных притоков, 4 — стая в истоке реки Озерной, 5 — молодь на литорали озера): *А* — 21–22 июня 2010 г., *Б* — 17–19 июня 2012 г.

Группировка (период наблюдений)	N*, экз.	m	Min	Max	R	σ	CV
1 (*А*)	51	31,2	28,8	36,0		1,35	4,33
2 (*А*)	43	30,3	22,9	32,2		1,59	5,24
4 (*А*)	50	30,6	28,0	33,0		0,92	3,01
1 (*Б*)	64	29,0	25,0	39,5	14,5	2,76	9,53
2 (*Б*)	20	27,2	24,5	29,0	4,5	1,28	4,71
3 (*Б*)	14	27,7	24,0	31,0	7,0	2,22	8,04
5 (*Б*)	36	28,0	26,0	36,5	10,5	1,88	6,71

*Примечание: N — объем выборки, экз., m — среднее, σ — стандартное отклонение, Min, Max — пределы варьирования, R — разброс, CV — коэффициент вариации

Более крупные размеры сеголетков нерки, совершающих нагульные миграции вверх по течению, отмечали Л.Б. Пон с соавторами (Pon et al., 2007). Очевидно, активно мигрирующие против течения рыбы должны иметь бо́льшую мышечную массу и значительный энергетический потенциал.

Показано, что содержание триацилглицеринов (ТАГ) в теле мигрантов вверх по течению выше, чем у мигрантов вниз по течению, равно как и у рыб из стаи в истоке реки Озерной (Павлов и др., 2012). ТАГ являются основным источником энергии и интенсивно расходуются при движении, а основные их запасы сосредоточены в мышцах (Шульман, 2001). Молодь, поднимающаяся вверх по течению, вынуждена активно сопротивляться потоку, тогда как миграции вниз по течению совершаются за счет транспортной силы потока (Павлов, 1979).

Накормленность сеголетков нерки из разных пространственно-временных группировок различна: у особей из скопления в истоке реки индексы наполнения (ИН) желудков были наибольшими (Кириллова, Павлов, 2011), но 25% из них не питались. Наименьшие ИН были у мигрантов вниз по течению, что, по-видимому, обусловлено особенностями их пищедобывательного поведения: поиск кормовых объектов лососевыми рыбами осуществляется преимущественно с помощью зрения. Рыбы, в ночное время мигрирующие вниз по течению, днем находятся в смешанных стаях с мигрантами вверх по течению и, по-видимому, питаются. Сеголетки нерки, мигрирующие вверх по течению, питаются, заходя в укрытия, восполняя таким образом энергетические затраты на перемещение. Среди рыб из укрытий доля особей с пустыми желудками была минимальной — 0,9% (Кириллова, Павлов, 2011).

Основными кормовыми объектами у представителей всех группировок были личинки амфибиотических насекомых, главным образом хирономид (мелкие личинки I–II возраста), частота встречаемости которых достигала 100%, и планктонные ракообразные — Copepoda и Cladocera (рис. 6). Последние в изобилии выносятся из озера в р. Озерную.

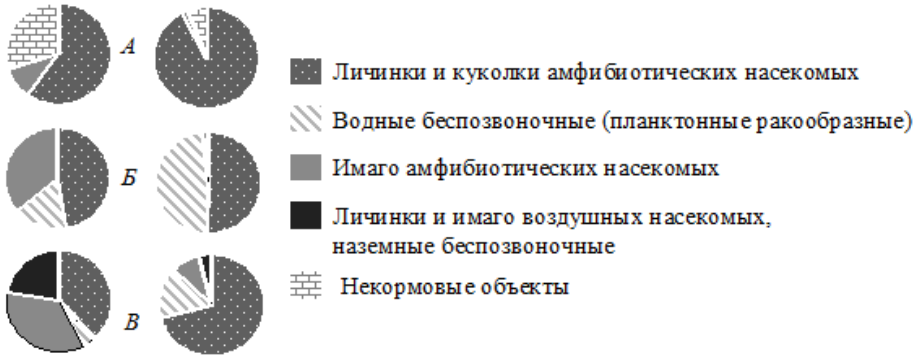


Рис. 6. Значение отдельных групп кормовых объектов в питании сеголетков нерки различных пространственно-временных группировок (*А* — мигранты вниз по течению, *Б* — мигранты вверх по течению, во время отстоя в укрытии, *В* — стая в истоке р. Озерной) по массе (слева) и по количеству (справа)

Качественный анализ питания сеголетков нерки в озерных притоков выявил ряд существенных отличий: среди рыб из рек Этамынк и Хакыцын не было особей с пустыми пищеварительными трактами. В пищевом комке сеголетков нерки из р. Этамынк преобладали планктонные ракообразные (по-видимому, выносимые из озер, дающих начало реке). В реке Хакыцын молодь питалась исключительно личинками хирономид. Только в ручье Золотой Ключ желудки большинства сеголетков были пусты либо содержали незначительные остатки личинок хирономид.

Очевидно, показатели накормленности и интенсивности питания рыб из разных озерных притоков обусловлены условиями питания и определяют сроки и интенсивность миграции. Миграция из р. Хакыцын завершилась раньше, чем р. Этамынк. Мы предполагаем, что, имея источник высокоэнергетического корма (планктонные ракообразные чрезвычайно богаты жиром (Акулин, 1968; Бонк, Шершнева, 2010), сеголетки нерки могут задерживаться в р. Этамынк до миграции в Курильское озеро. Из ручья Золотой Ключ миграция сеголетков нерки происходит позже, чем из Этамынка и Хакыцына, по-видимому, в силу его температурного режима. Отсутствие пищи в пищеварительных трактах рыб указывает, что их миграции в нагульный водоем способствуют неблагоприятные кормовые условия в нерестовом ручье.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разнообразие условий воспроизводства нерки в бассейне Курильского озера привело к формированию широкого спектра адаптаций (этологических, морфологических, физиологических) внутри единой популяции, направленных на эффективное освоение нагульного водоема и снижение смертности молоди, наиболее уязвимой в данный период жизненного цикла. В широком смысле, эти адаптации заключаются в многообразии нагульных миграций от мест нереста в нагульный водоем. Так, миграция из озерных притоков происходит в сжатые сроки, но не требует значительных затрат энергии от молоди благодаря использованию транспортной силы потока. Миграция из р. Озерной, вытекающей из озера, продолжительна по времени — в силу того, что для перемещения против течения молодь вынуждена компенсировать затраты энергии интенсивным питанием. Нагульная миграция сеголетков нерки с озерных нерестилищ заключается в постепенном перемещении на большие глубины. Однако озерная молодь наиболее подвержена выеданию хищниками (крупной молодью лососевых).

В узком смысле, адаптации для освоения нагульного водоема заключаются в морфологических и физиологических характеристиках и особенностях пищеоборонительного поведения особей, совершающих миграции различного типа. Неоднородность сеголетков нерки по размерному составу, содержанию липидов, накормленности, позволяющая выделить ряд пространственно-временных группировок, определяет высокую степень внутривидового разнообразия, которое, как известно, является основой сохранения популяции в целом и поддержания ее высокой численности.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую признательность директору КамчатНИРО О.М. Лапшину и директору Кроноцкого природного биосферного заповедника Т.И. Шпиленку за предоставленную возможность проведения работ на Курильском озере. Искренне благодарим также всех сотрудников КамчатНИРО, Кроноцкого заповедника и ИПЭЭ РАН, оказывавших содействие на различных этапах работ.

Анализ полевого материала и подготовка рукописи проведены при поддержке гранта РНФ № 14-14-01171.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акулин В.Н. 1968. Сезонные изменения содержания жира у молоди красной и у кормового зоопланктона оз. Дальнего // Известия ТИНРО. Т. 64. С. 81–90.

Бонк Т.В., Шершнева В.И. 2010. Некоторые биохимические показатели смолтов нерки (*Oncorhynchus nerka* Walb.) озера Курильского (Камчатка) как индикатор кормовой обеспеченности в период пресноводного нагула // Тез. докладов VIII Междунар. конф. по раннему онтогенезу рыб и промысловых беспозвоночных (Светлогорск, 19–23 апреля 2010 г.). Калининград: АтлантНИРО. С. 17–18.

Бугаев В.Ф. 1995. Азиатская нерка (пресноводный период жизни структура локальных стад, динамика численности). М.: Колос. 464 с.

Бугаев В.Ф., Кириченко В.Е. 2008. Нагульно-нерестовые озера азиатской нерки (включая некоторые другие водоемы ареала). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 280 с.

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

Кириллова Е.А., Лепская Е.В., Кириллов П.И. 2010. Первичное расселение ранней молоди мальмы *Salvelinus malma* и нерки *Oncorhynchus nerka* в ручье «Золотой ключ» (бассейн оз. Курильское) // Мат-лы XI Междунар. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». (Петропавловск-Камчатский, 24–25 ноября 2010 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 266–269.

Кириллова Е.А., Павлов Д.С. 2011. Миграции молоди нерки *Oncorhynchus nerka* и мальмы *Salvelinus malma* первого года жизни в водотоках бассейна Курильского озера // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 5. Владивосток: Дальнаука. С. 209–217.

Крохин Е.М., Крогиус Ф.В. 1934. Очерк Курильского озера и биологии красной *Oncorhynchus nerka* (Walb.) в его бассейне //

Труды тихоокеанского комитета. Т. IV. Курильское озеро. М.-Л.: АН СССР. 187 с.

Остроумов А.Г. 1970. Результаты аэровизуального учета и аэрофотосъемки красной и ее нерестилищ в бассейне оз. Курильского // Изв. ТИНРО. Т. 78. С. 17–32.

Павлов Д.С. 1979. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. М.: Наука. 319 с.

Павлов Д.С., Кириллова Е.А., Кириллов П.И., Нездолий В.К. 2015. Покатная миграция, поведение и распределение молоди рыб в низовьях реки Озерной (Юго-Западная Камчатка) // Известия РАН. Серия биологическая. № 1. С. 52–62.

Павлов Д.С., Кириллова Е.А., Шевляков Е.А., Маслов А.В. 2010. Миграции ранней молоди нерки *Oncorhynchus nerka* в реке Озерная (Юго-Западная Камчатка) // Мат-лы XI Междунар. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». (Петропавловск-Камчатский, 24–25 ноября 2010 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 290–293.

Павлов Д.С., Немова Н.Н., Кириллова Е.А., Кириллов П.И., Нефедова З.А., Мурзина С.А. 2012. Содержание липидов у сеголетков нерки *Oncorhynchus nerka* в период нагульной миграции (р. Озерная, Западная Камчатка) // Доклады Академии наук. Т. 445. № 1. С. 114–117.

Шульман Г.Е. 2001. Экологическая физиология и биохимия черноморских гидробионтов в начале XXI века // Экология моря: Сб. науч. тр. Ин-та биологии юж. морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины. Севастополь. Вып. 57. С. 68–74.

Hartman W.L., Heard W.R., Drucker B. 1967. Migratory behavior of sockeye salmon fry and smolts. // J. Fish. Res. Bd. Canada. Vol. 24. N 10. P. 2069–2099.

McCart P. 1967. Behavior and ecology of sockeye salmon fry in the Babine River // J. Fish. Res. Board Can. Vol. 24. N 2. P. 375–428.

Pon L.B., Hinch S.G., Wagner G.N., Lotto A.G., Cooke S.J. 2007. Swimming performance and morphology of juvenile sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*: comparison of inlet and outlet fry populations // Environ Biol Fish. Vol. 78. P. 257–269.

Quinn T.P. 2005. The behavior and ecology of pacific salmon and trout. American Fish. Soc. Bethesda, Meryland: Univ. of Washington Press, 378 p.

УДК 597.553.2 - 113.4 DOI 10.15853/978-5-902210-45-09

ДИНАМИКА СРЕДНЕГО ВОЗРАСТА НЕРЕСТОВОЙ ЧАСТИ ПОПУЛЯЦИИ ОМУЛЯ АРКТИЧЕСКОГО *COREGONUS AUTUMNALIS* (PALLAS, 1776) РЕКИ ЕНИСЕЙ

Ю.В. Перепелин

Мл. н. с., Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоемов
660097, Красноярск, ул. Парижской Коммуны, 33
Тел., факс: (391) 227-23-48. E-mail: nii_erv@mail.ru

COREGONUS AUTUMNALIS, ВОЗРАСТ, ДЛИНА, МАССА, ПЛОДОВИТОСТЬ, ПРОМЫСЛОВАЯ СМЕРТНОСТЬ, ЕСТЕСТВЕННАЯ СМЕРТНОСТЬ, УРАВНЕНИЕ РОСТА, ПРОМЫСЕЛ, РЕКА ЕНИСЕЙ

Исследовано современное состояние нерестовой части популяции омуля реки Енисей. Представлены значения основных биологических характеристик: размерно-возрастных, плодовитости, уравнений роста. Также рассмотрена динамика среднего возраста и вылова нерестовой части популяции за 25 лет. Установлена возможная причина изменения среднего возраста.

THE DYNAMICS OF THE AVERAGE AGE OF ARCTIC CISCO *COREGONUS AUTUMNALIS* (PALLAS, 1776) IN THE SPAWING PART OF THE YENISEI RIVER POPULATION

Yu.V. Perepelin

Researcher, Scientific Research Institute of Ecology of Fishery Reservoirs
660097, Krasnoyarsk, Paris Commune Str., 33
Tel.: (391) 227-23-48. E-mail: nii_erv@mail.ru

COREGONUS AUTUMNALIS, AGE, LENGTH, WEIGHT, FECUNDITY, FISHING MORTALITY, NATURAL MORTALITY, GROWTH EQUATION, FISHERY, YENISEI RIVER

Current state of Arctic cisco spawning part in the population of the Yenisei River was examined. General biological characteristics, including body length and weight, fecindity and growth rate are demonstrated in the article. The dynamics of the average age and of the catch was analyzed for 25 years. Possible cause of the change in the average age of spawning Arctic cisco is found.

Возрастной состав — это результат взаимодействия пополнения, роста и убыли популяции, поэтому возрастная структура популяции непостоянна (Никольский, 1974). В промысловом стаде омуля арктического енисейской популяции условно можно выделить нагульную (незрелые, отдыхающие после нереста и потерявшие способность к воспроизводству особи) и нерестовую (особи со зрелыми половыми продуктами в возрасте от 7+ до 16+ лет) часть. Все промысловое стадо омуля всегда достаточно интенсивно осваивалось (вылов в разные годы с 1976 по 2014 гг. колебался от 58 т до 196 т). После распада СССР, в связи с тяжелой экономической обстановкой в стране, значимость промысла нерестовой части популяции омуля резко возросла по причине более низких издержек. Потому актуальность мониторинга состояния нерестовой части популяции, несомненно, важна. Целью настоящей работы является оценка влияния промысла как возможной причины изменения среднего возраста нерестовой части популяции омуля реки Енисей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для подготовки настоящей работы использовались биологические материалы по омулю арктическому енисейской популяции, собранные автором в 2009–2014 гг. в рамках проведения ФГБНУ «НИИЭРВ» ежегодного мониторинга состояния полупроходных сиговых рыб в низовьях р. Енисей. Кроме того, использованы фондовые материалы ФГБНУ «НИИЭРВ» с 1990 по 2008 гг. и материалы промысловой статистики, предоставленные Енисейским территориальным управлением Росрыболовства.

Исследования проводились во время нерестового хода омуля (август–октябрь). Биологический материал отбирался на р. Енисей в районе г. Дудинки из неселективных орудий лова — ставных неводов. Всего за период исследований (включая фондовые материалы ФГБНУ «НИИЭРВ») собрано и обработано на массовые промеры 35 641 экз. омуля, на полный биологический анализ — 5804 экз., на определение плодовитости было отобрано 1515 проб. Сбор и обработка материала проводились по общепринятым методикам (Чугунова, 1959; Правдин, 1966). Численность производителей нерестового стада омуля рассчитана методом ВПА в модификации Галланда (Методические указания.., 1990; Шибаев, 2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Омуль арктический — C*oregonus autumnalis* Pallas, 1776 (яум-хале или яу-хале — ненецк., Arctic cisco — англ., Cisco actique — фр., Omul — нем.) — ценный промысловый вид семейства сиговых. Видовое название autumnalis означает осенний и связано с осенним ходом проходного омуля на нерест в реки Северного Ледовитого океана. Общепринятое название — омуль или ледовитоморский (арктический) омуль (Решетников, 1980; Рыбы в заповедниках.., 2010).

В бассейне Северного Ледовитого океана различают следующие стада омуля: печорское, енисейское, таймырское, хатангское, ленское, индигирское и колымское (Москаленко, 1958; Рыбы в заповедниках.., 2010) (рис. 1).

Ареал енисейского стада отмечается вдоль морского побережья Обь-Енисейской устьевой области от п-ова Ямал на западе до шхер Минина на востоке; в северной части Обской губы, Гыданском, Енисейском и Пясинском заливах, в прибрежьях о-вов Оленьего и Сибирякова (Есипов, 1952; Кожевников, 1948; Криницын, 1989; Москаленко, 1958; Москаленко, 1971). Нерестилища расположены в р. Енисей на расстоянии 1,5–2 тыс. км от устья и частично совпадают с нерестилищами муксуна и ряпушки (встречаются гибриды омуля с муксуном). Отмечается также в крупных правых притоках Енисея — Нижней и Подкаменной Тунгусках (Березовский, 1924; Вовк, 1948; Дмитриев, 1941; Криницын, 1989; Подлесный, 1958).

Современное состояние (по данным 2010–2014 гг.) нерестовой части популяции омуля р. Енисей следующее. Промысловая длина по данным массовых промеров варьирует в пределах 30–46 см, средняя — 36,1 см (у самцов — от 30 до 44 см, в среднем 35,5 см;

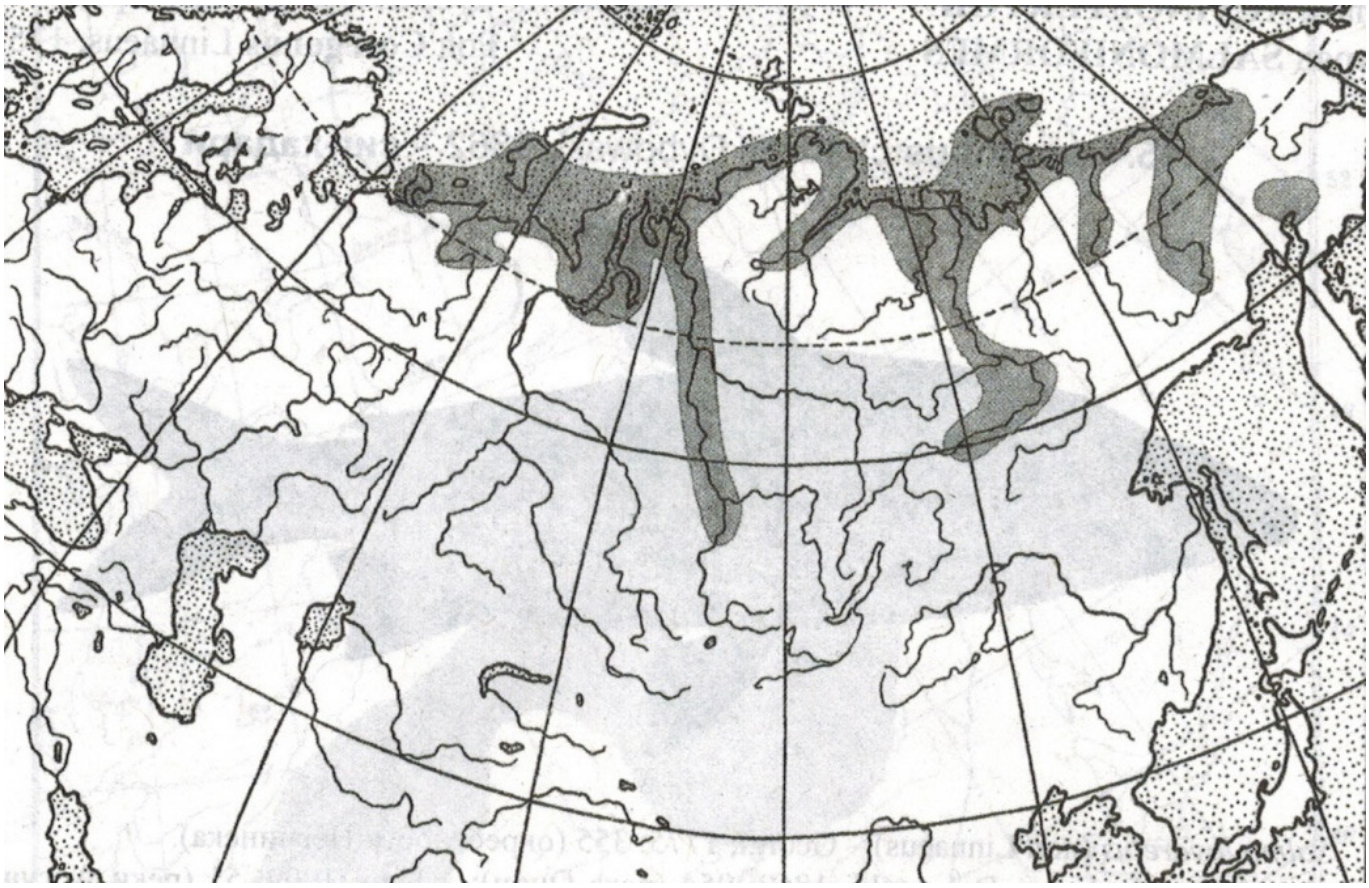


Рис. 1. Ареал омуля арктического (Решетников, 2010)

у самок — от 32 до 46 см, в среднем 37,7 см), масса в пределах 333–1187 г, средняя — 629 г (самцы — 333–1116 г, в среднем 593 г, самки — 433–1187 г, в среднем 716 г) (рис. 2). Возрастной состав представлен особями в возрасте от 7+ до 16+ лет (самцы — от 7+ до 15+, самки — от 7+ до 16+), средний возраст — 10,3 (у самцов — 10,0, у самок 11,1). На возрастные группы 9+–11+ приходится порядка 80% особей в стаде (рис. 3). В среднем, в нерестовом стаде самки омуля крупнее самцов: по длине — на 2 см, по массе — на 80–100 г. Максимальных размеров омуль, как правило, достигает к концу своей жизни — к 17 годам при промысловой длине до 47 см и массе до 1500 г. Самцы становятся половозрелыми на 8-м году жизни, а самки — на 9-м. В массе же половое созревание наступает на год–два позже. Абсолютная плодовитость самок омуля колеблется от 9,8 до 41,0 тыс. икринок, в среднем составляя 20,4±0,385 тыс. икринок. Относительная плодовитость находится в пределах от 22,0 до 59,2 икринок на каждый грамм массы без внутренностей омуля, в среднем составляя 33,0±0,35 икринок. Соотношение самцов и самок — примерно 3:1. Линейный и весовой рост омуля р. Енисей описываются степенными уравнениями вида: $L = 11{,}15t^{0{,}503}$ и $W = 13{,}10t^{1{,}616}$ соответственно.

Возрастной состав в многолетней динамике значительно изменился. С конца 80-х – начала 90-х годов XX века наблюдается увеличение среднего возраста рыб нерестового стада, связанное с коренной перестройкой промысла (рис. 4). На протяжении с

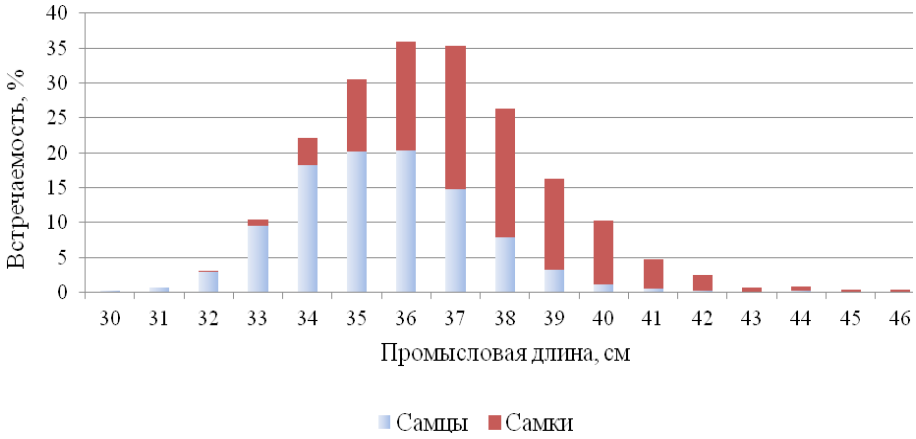


Рис. 2. Размерный состав омуля р. Енисей

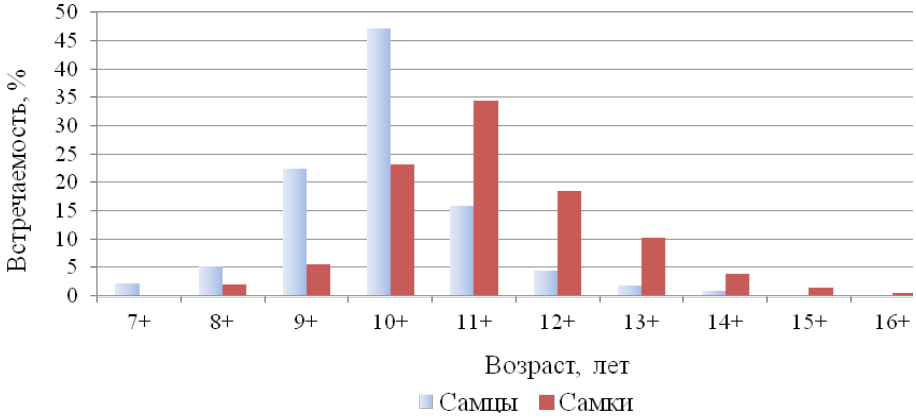


Рис. 3. Возрастной состав омуля р. Енисей

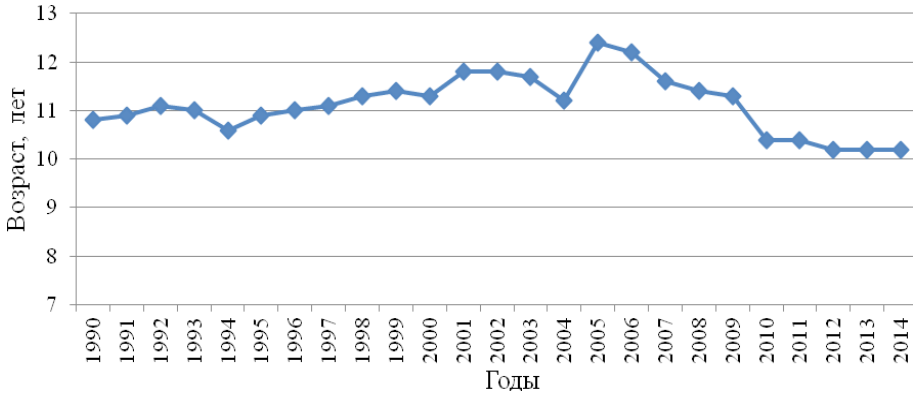


Рис. 4. Многолетняя динамика среднего возраста нерестового стада омуля р. Енисей

1990 по 2009 гг. средний возраст увеличился с 10,6 до 11,3, достигнув максимального значения в 2005 г. — 12,4 года. Но с 2010 г. наблюдается обратный процесс: средний возраст рыб нерестовой части популяции снизился. Картина изменения возрастного состава у самцов и самок сходна (r=0,91).

На протяжении длительного времени (со второй половины 60-х гг. до начала 90-х годов XX века) велся интенсивный промысел в Енисейском заливе. Основной промысел омуля (около 95%) проводился в июле–сентябре ставными сетями в прибрежных участках Енисейского залива и островов Оленьего и Сибирякова (Михалев и др., 1975). На р. Енисей промышленный лов осуществлялся, в основном, закидными и ставными неводами, а лицензионный — плавными сетями. Динамика вылова омуля в р. Енисей, Енисейском заливе и Карском море указана на рисунке 5.

С начала 90-х гг., в связи с распадом СССР, рыбозаготовительные предприятия фактически перестали существовать, широкое распространение получило браконьерство. Акцентированный промысел нерестовой части популяции омуля вылился в серьезную промысловую нагрузку на производителей. Смена стратегии лова, по мнению автора, является одной из причин колебаний среднего возраста нерестовой части популяции омуля. Помимо смены акцента промысла произошли некоторые изменения в использовании орудий лова. Тотальное распространение, из-за своей дешевизны и удобства в эксплуатации, получили плавные сети, причем их длина и высота из года в год увеличивались. Прописанные в разрешениях объемы вылова и параметры орудий лова не соблюдаются. В настоящее время является нормой длина сети в 250 м с высотой стенки в 8–10 м, хотя встречаются сети и до 500 м в длину с высотой стенки до 15 м. Объем неучтенного изъятия сложно поддается оценке. Лов ведется также ставными неводами, но число их единично, и принадлежат они организациям. Данные обстоятельства в промысле омуля значительно усугубляют и без того напряженное состояние нерестовой части популяции омуля.

С биологической точки зрения наиболее оптимальным соотношением между промыслом на нагуле и промыслом на нерестовых путях и нерестилищах будет 50/50. Промысловый запас осваивается в равных пропорциях на путях нерестовых миграций и на нагуле. Такая стратегия лова обеспечит стабильное состояние популяции и не приведет к подрыву ее воспроизводительного потенциала в силу умеренного промыслового пресса на ее нерестовую часть. В этом случае промыслом осваиваются не только зрелые производители, но и часть промыслового запаса, особи которой, по тем или иным причинам, не будут нерестовать в текущем году. В случае изменения мощности промысла (не превышающей возможностей естественного восстановления популяции) и, соответственно, коэффициента промысловой смертности в ту или иную сторону, оптимальное соотношение эксплуатации промыслового стада может меняться. Например, в случае увеличения промыслового пресса на нерестовое стадо, возможно некоторое смещение акцента промысла на нагульную часть. В каждом конкретном случае, на основании проведенных ихтиологических исследований, мониторинга рыбопромысловой обстановки, а также экономических аспектов, устанавливается наиболее оптимальное соотношение промысла омуля.

Дисбаланс в промысле нагульной и нерестовой частей популяции способствовал увеличению числа особей старших возрастных групп в каждом поколении за счет накопления их в процессе данной стратегии промысла. Стоит отметить, что значительную часть нерестового стада составляют впервые нерестующие особи. Такая схема промысла нерациональна и неприемлема с точки зрения воспроизводительного потенциала. При сегодняшнем освоении промыслового стада промысловый пресс направлен непосредственно на производителей, что

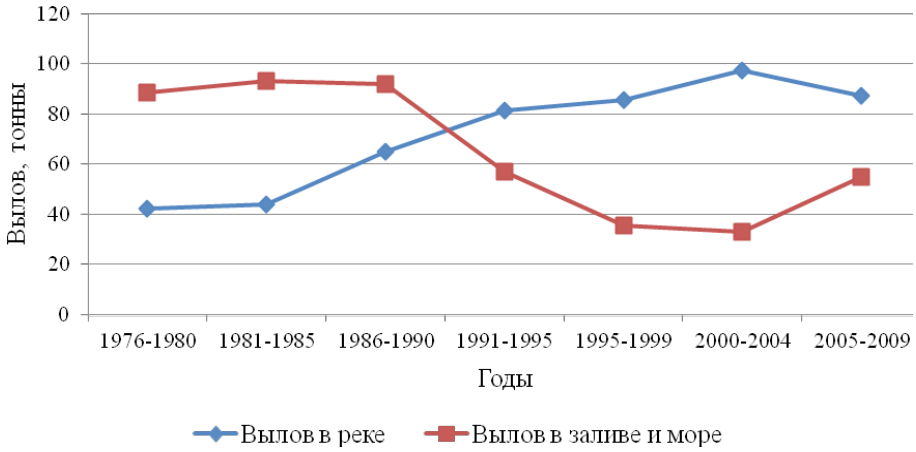


Рис. 5. Промысловый вылов омуля арктического енисейской популяции

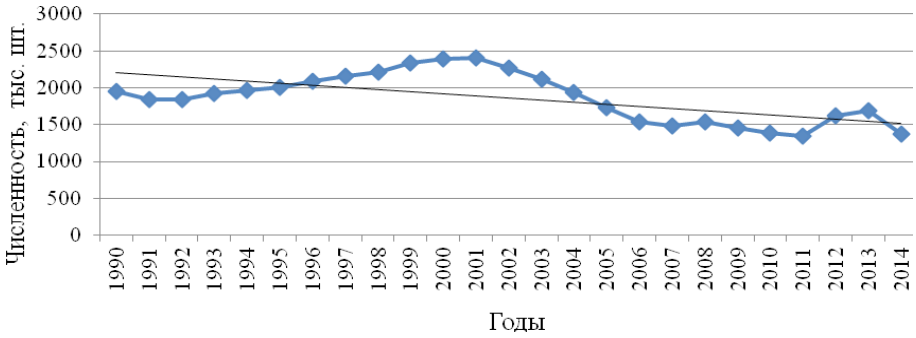


Рис. 6. Численность производителей нерестового стада омуля р. Енисей

неизбежно приводит к значительному уменьшению фонда отложенной икры. Уменьшение среднего возраста нерестовой части популяции за последние пять лет являет собой последствие длительного, нерационального и акцентированного промысла нерестовой части популяции. Селективный облов нерестовой части популяции омуля приводит к отбору наиболее крупных, а значит и старших особей. На сегодня основу нерестового стада составляют особи 2003–2005 гг. рождения. Как раз за последние 10 лет ситуация в промысле омуля значительно обострилась. Данные процессы происходят на фоне ежегодного снижения численности производителей. Достоверно установлено, что производители омуля не доходят до верхней части нерестилищ, что также может в какой-то степени свидетельствовать о мощности нерестового стада (рис. 6).

Возникшая перестройка промысла оказывает отрицательное воздействие на воспроизводительный потенциал популяции енисейского омуля в силу повышенного промыслового пресса непосредственно на производителей во время нереста, подрывая запас нерестовой части популяции. Принятые в настоящее время меры по регулированию промысла путем распределения квот на вылов между нерестовой частью популяции омуля в Енисее и нагульной — в Карском море и Енисейском заливе — эффекта не возымели. Промысловики осознанно занижают данные по вылову, перераспределяют на бумаге вылов с реки на море, что в результате дает ложное представление о реальном состоянии промысла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, с начала 90-х гг. XX века наблюдается смена акцента промысла с нагульной части популяции омуля на нерестовую. Одновременно со сменой акцента промысла происходит увеличение среднего возраста нерестовой части популяции омуля р. Енисей. На протяжении с 1990 по 2009 гг. средний возраст увеличился с 10,6 до 11,3, достигая максимального значения в 2005 г. — 12,4 года. Картина изменения возрастного состава у самцов и самок сходна. С 2010 г. происходит снижение среднего возраста как следствие длительного, чрезмерного промыслового пресса на нерестовую часть популяции омуля Енисея. Акцентированный промысловый пресс нерестового стада в конечном итоге привел к снижению численности производителей омуля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Березовский А.И. 1924. О сиговых (gen. Coregonus) реки Енисея // Труды Сибирской ихтиологической лаборатории. Т. 2. Вып. 1. С. 81–95.

Вовк Ф.И. 1948. Омуль *Coregonus autumnalis* (Pallas) Енисейского залива // Труды Сибирского отделения. Т. VII. Вып. 2. С. 43–90.

Дмитриев В.И. 1941. Рыбы и рыбный промысел в низовьях реки Енисея // В трудах Научно-исследовательского института полярного земледелия, животноводства и промыслового хозяйства. Рыбы и рыбный промысел в низовьях реки Енисея, в реке Хатанге и в Анадырском лимане. Л.-М.: Главсевморпуть. С. 7–36.

Есипов В.К. 1952. Рыбы Карского моря. М.: АН СССР. 148 с.

Кожевников Г.П. 1948. Биология и промысел омуля в северных реках Сибири. Новосибирск: Главсибрыбпром. 40 с.

Криницын В.С. 1989. Особенности биологии и распределения промысловых рыб Енисейского залива // Изв. ГосНИОРХ. Вып. 296. С. 126–130.

Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. 1990 (Сост. к.т.н. Ю.Т. Сечин). М.: ВНИПРХ. 51 с.

Михалев Ю.В., Тюльпанов М.А., Романов Н.С. и др. 1975. Биологическое обоснование размера ячеи ставных сетей для лова муксуна, сига, омуля и осетра // Труды Красн. отд. Сибрыбниипроект. Красноярск. Т. 10. С. 86–93.

Москаленко Б.К. 1958. Биологические основы эксплуатации и воспроизводства сиговых рыб Обского бассейна // Труды Об-Тазовского отделения ВНИОРХ. Тюмень: Тюменское кн. изд-во. Новая серия. Т. 1. 251 с.

Москаленко Б.К. 1971. Сиговые рыбы Сибири. М.: Пищ. пром-сть. 182 с.

Никольский Г.В. 1974. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов. М.: Пищ. пром-сть. 448 с.

Подлесный А.В. 1958. Рыбы Енисея, условия их обитания и использование // Изв. ВНИОРХ. М.: Пищепромиздат. Т. 44. С. 97–178.

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

Решетников Ю.С. 1980. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука. 301 с.

Рыбы в заповедниках России: в двух томах. Т. 1. Пресноводные рыбы. 2010 (Под ред. Ю.С. Решетникова). М.: Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова. 628 с.

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

Шибаев С.В. 2007. Промысловая ихтиология: Учебник. СПб.: Проспект науки. 400 с.

УДК 595.745 (571.6) DOI 10.15853/978-5-902210-45-10

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РУЧЕЙНИКОВ (INSECTA: TRICHOPTERA) В ПРЕДЕЛАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Т.С. Вшивкова[1], С.К. Холин[1], К.А. Дроздов[2]

[1]Ст. н. с., к. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; Биолого-почвенный институт ДВО РАН
690022, Владивосток, пр-т 100-летия Владивостока, 159
Тел.: (4232) 37-46-17. E-mail: vshivkova@biosoil.ru; h.axyridis@mail.ru
[2]Мл. н. с., к. б. н., Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН
690022, Владивосток, пр-т 100-летия Владивостока, 159
Тел., факс: (4232) 66-33-05. E-mail: drovsh@yandex.ru

TRICHOPTERA, ФАУНА, БИОРАЗНООБРАЗИЕ, ДАЛЬНИЙ ВОСТОК РОССИИ

На основании собственных и литературных данных составлен обновленный список ручейников Дальнего Востока России, который включает 449 видов из 103 родов, принадлежащих 26 семействам. Анализируется видовое распределение Trichoptera в пределах Дальневосточного региона России.

BIODIVERSITY AND DISTRIBUTION OF CADDISFLIES (INSECTA: TRICHOPTERA) IN RUSSIAN FAR EAST

T.S. Vshivkova[1], S.K. Kholin[1], K.A. Drozdov[2]

[1]Senior scientist, Ph. D.; senior scientist, Ph. D.; Institute of Biology and Soil Sciences, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
690022, Vladivostok, 100-letiya Vladivostoka Avenue, 159
Tel.: (4232) 37-46-15. E-mail: vshivkova@biosoil.ru, h.axyridis@mail.ru
[2]Researcher, Ph. D.; G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
690022 Vladivostok, 100-letiya Vladivostoka Avenue, 159
Tel., fax: (4232) 31-40-50. E-mail: drovsh@yandex.ru

TRICHOPTERA, BIODIVERSITY, FAUNA, DISTRIBUTION, RUSSIAN FAR EAST

Caddisfly fauna of the Russian Far East is analyzed based on own and literature data. The total species list includes 449 species of 103 genera belonging to 26 families. The fauna species composition of the main Russian Far East regions is discussed.

Исследования биоразнообразия ручейников Дальнего Востока России имеют долгую историю. Наибольший вклад в изучение этой группы амфибиотических насекомых внесли выдающиеся русские энтомологи А.В. Мартынов (Rasnitsyn, 2013) и И.М. Леванидова, создавшая, кроме того, дальневосточную гидроэнтомологическую школу и давшая стимул для дальнейшего развития этого направления (Вшивкова, 2014). В результате комплексных исследований, охвативших обширные территории Дальнего Востока, в 1997 году был составлен определитель ручейников Дальнего Востока России (Определитель.., 1997), в который включено около 360 видов. К 2011 году фаунистический список ручейников этого региона (без включения данных по Якутии) был дополнен, и в обзоре фауны ручейников России В.Д. Иванов указал уже 394 вида (Ivanov, 2011). Благодаря дальнейшим исследованиям, проведенным как исключительно российскими трихоптерологами, так и в содружестве с зарубежными коллегами в рамках различных международных экспедиций, знания о фауне ручейников Дальнего Востока значительно дополнились, и обновленный список к настоящему времени представлен 449 видами из 103 родов и 26 семейств (табл. 1). Обзор статей по фауне ручейников Дальнего Востока России, опубликованных после выхода Определителя… (1997), как и полный систематический список ручейников региона, будет опубликован позже в отдельной статье автора.

На основе полученных результатов проведен предварительный анализ фауны ручейников Дальнего Востока России.

Таблица 1. Таксономическая представленность ручейников на Дальнем Востоке России

Семейство	Род	Число видов (включая подвиды)	Распространение родов в пределах ДВР
Apataniidae	*Allomyia*	4	Новый род для Якутии
	Apatania	12	Широко
	Apataniana	2	Эндемик северо-восточных областей Сибири и ДВР
	Proradema	1	Эндемик Ю. Приморья
Arctopsychidae	*Arctopsyche*	3	В основном южные районы ДВР
	Parapsyche	1	В России — только на о. Кунашир (Ю. Курилы)
Brachycentridae	*Brachycentrus*	3	Широко
	Dolichocentrus	1	Эндемик Ю. Приморья
	Micrasema	6	Широко
Calamoceratidae	*Anisocentropus*	1	Редкий (только на юге Хабаровского края и в Ю. Приморье)
	Ganonema	1	Редкий (только на юге Хабаровского края и в Ю. Приморье)
Dipseudopsidae	*Hyalopsyche*	1	Только в южных районах ДВР
Ecnomidae	*Ecnomus*	3	Только в южных районах ДВР
Glossosomatidae	*Agapetus*	4	Широко
	Electragapetus	3	Приморье, Ю. Сахалин, Ю. Курилы
	Glossosoma	8	Широко
	Padunia	4	Широко
Goeridae	*Archithremma*	1	Широко
	Goera	10	Широко
Hydrobiosidae	*Apsilochorema*	1	Только в южных районах ДВР
Hydropsychidae	*Aethaloptera*	1	Только в южных районах ДВР
	Amphipsyche	1	Только в южных районах ДВР
	Cheumatopsyche	4	Только в южных районах ДВР
	Hydromanicus	1	Редкий; только в южных районах ДВР
	Hydropsyche	11	Широко
	Macrostemum	1	В основном в южных районах ДВР, включая Якутию
	Potamyia	2	В основном в южных районах ДВР, редко на северо-востоке
Hydroptilidae	*Agraylea*	2	Северо-восток ДВР
	Hydroptila	13	В основном в южных районах ДВР; недавно отмечен для Южной Якутии (Тиунова и др., 2009)
	Hydroptilina	1	Монотипический род; указан А.В. Мартыновым из Ю. Приморья (1934) (единственная находка)
	Ithytrichia	1	Единично в Якутии и Ю. Приморье (бассейн озера Ханка)
	Orthotrichia	3	Только в южных районах ДВР
	Oxyethira	5	Преимущественно в южных районах ДВО; единично в Магаданской области
	Stactobia	2	Южные районы ДВР
	Stactobiella	4	Южные районы ДВР (включая Якутию)
Lepidostomatidae	*Lepidostoma*	12	Преимущественно в южных районах ДВР, редко на северо-востоке и в Якутии
Leptoceridae	*Adicella*	1	Редкий (2 находки: на юге Хабаровского края и в Ю. Приморье)
	Athripsodes	1	Редкий (юг Хабаровского края)
	Ceraclea	27	Широко
	Leptocerus	5	Только в южных районах континентальной части ДВР
	Mystacides	8	Широко
	Oecetis	15	Широко
	Parasetodes	3	Только в южных районах континентальной части ДВР
	Setodes	7	Южные районы ДВР, включая Якутию
	Triaenodes	9	Южные районы ДВР, включая Якутию
	Trichosetodes	1	Только в южных районах континентальной части ДВР
Limnephilidae	*Anabolia*	6	Широко
	Annitella	1	Редкий (Ю. Приморье)
	Arctopora	1	Широко
	Asynarchus	5	Широко
	Brachypsyche	3	Новый род для Якутии
	Chilostigma	1	Южные районы ДВР; Камчатка
	Chilostigmodes	1	Южные районы ДВР, включая Якутию
	Colpotaulius	3	Широко
	Dicosmoecus	3	Широко
	Ecclisocosmoecus	1	Только на островных территориях (Сахалино-Курильский район)
	Ecclisomyia	1	Широко
	Halesus	1	Южные районы ДВР
	Hydatophylax	8	Широко
	Grammotaulius	4	Широко
	Grensia	1	Северо-восточные районы ДВР
	Lenarchus	4	Редкий; широко
	Limnephilus	40	Широко
	Nemotaulius	4	Широко
	Nothopsyche	2	Южные районы ДВР

Таблица 1. Окончание

Семейство	Род	Число видов (включая подвиды)	Распространение родов в пределах ДВР
Limnephilidae	*Onocosmoecus*	1	Северо-восток ДВР, включая Северные и Средние Курилы
	Philarctus	2	Камчатка, Приморье, Ю. Сахалин
	Potamophylax	1	Редкий (Ю. Приморье)
	Pseudostenophylax	3	Южные районы ДВР
	Thermophylax	1	Эндемик юга ДВР (юг Хабаровского края, Ю. Приморье)
Molannidae	*Molanna*	5	Широко
	Molannodes	2	Широко
Odontoceridae	*Psilotreta*	1	Только в Ю. Приморье
Philopotamidae	*Chimarra*	1	Новый род для Приморья; юг Хабаровского края и Ю. Приморье
	Dolophilodes	7	Южные районы ДВР; редко на Камчатке
	Kisaura	8	Южные районы ДВР
	Wormaldia	2	Южные районы ДВР
Phryganeidae	*Agrypnia*	9	Широко
	Eubasilissa	1	Сахалин, Ю. Курилы
	Hagenella	3	Широко
	Oligotricha	3	Широко
	Phryganea	4	Широко
	Semblis	3	Южные районы ДВР; Якутия, Камчатка
Phryganopsychidae	*Phryganopsyche*	1	Только в Приморье
Polycentropodidae	*Cyrnus*	3	Только в южных районах ДВР
	Holocentropus	2	Северо-восток ДВР, Якутия
	Neucentropus	1	Только в южных районах ДВР
	Neureclipsis	1	Широко
	Nyctiophylax	3	Только в южных районах ДВР
	Plectrocnemia	6	Только в южных районах ДВР
	Polycentropus	1	Редко в Чукотском АО и Приморье
	Polyplectropus	1	Только в южных районах ДВР
	Pseudoneureclipsis	2	Только в южных районах ДВР
Psychomyiidae	*Lype*	4	Только в южных районах ДВР
	Metalype	1	Только в Приморье
	Paduniella	2	В основном в южных районах ДВР
	Psychomyia	7	Южные районы ДВР, включая Якутию
	Psychomyiella	2	Только в южных районах ДВР
Ptilocolepidae	*Palaeagapetus*	2	Редкий (Ю. Приморье, Ю. Сахалин, Ю. Курилы)
Rhyacophilidae	*Rhyacopila*	39	Отсутствует на Камчатке
Sericostomatidae	*Gumaga*	1	Только в южных районах ДВР
Stenopsychidae	*Stenopsyche*	4	Преимущественно в южных районах ДВР (включая Ю. Якутию)
Uenoidae	*Neophylax*	3	Преимущественно в южных районах ДВР; редко в Ю. Якутии. Недавно отмечен на севере Хабаровского края (*N. relictus*)

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для подготовки матрицы фаунистического сходства 9 основных административных районов были разбиты на 18 кластеров, в определенной степени отражающих биогеографические особенности региона: 1 — Якутия, 2а — северо-восточная часть Чукотского АО, 2б — западная часть Чукотского АО, 3 — Магаданская область, 4а — область Корякского нагорья (включая бассейн р. Пенжины), 4б — полуостров Камчатка и Командорские острова, 5а — север Хабаровского края, 5б — охотское побережье Хабаровского края, 5в — юг Хабаровского края, 6 — Амурская область, 7 — Еврейская область, 8а — Северное Приморье, 8б — Южное Приморье, 9а — Северный Сахалин, 9б — Южный Сахалин, 9в — северная группа островов Большой Курильской гряды, 9д — средняя группа островов Большой Курильской гряды, 9е — южная группа Большой Курильской гряды и острова Малой Курильской гряды (рис. 1).

Специфичность фаун оценивали как процентное выражение доли эксклюзивных видов:

$$S = N_{ex} * 100/N_t$$

где S — показатель специфичности фауны, N_t — количество видов, обнаруженных в конкретном кластере, N_{ex} — количество «эксклюзивных» видов (обнаруженных только в конкретном кластере в пределах дальневосточного региона). Следует иметь в виду, что эксклюзивность вида может рассматриваться как реальная — т. е. вид является эндемиком конкретного кластера, так и условная — т. е. вид может встречаться за пределами анализируемого нами региона (в данном случае это Дальний Восток России).

Для анализа фаунистического сходства выделенных районов был использован коэффициент Серенсена–Дайса. На основе матрицы фаунистического сходства (табл. 2) были проведены кластерный анализ и анализ методом главных координат (Legendre & Legendre, 1998). Расчеты выполнены с

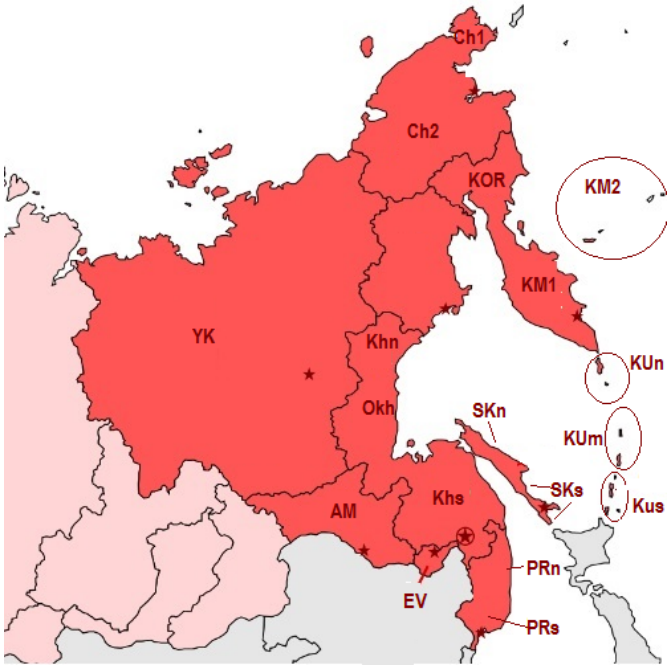


Рис. 1. Дальний Восток России и 18 анализируемых территориально-географических выделов. Обозначения: YK — Якутия (Республика Саха), CH1 — Чукотский полуостров, CH2 — западная часть Чукотского АО, KOR — Корякское нагорье (включая басс. р. Пенжины), MG — Магаданская область, KM1 — полуостров Камчатка, включая Командорские острова (KM2), KHn (северная часть Хабаровского края), KHs (южная часть Хабаровского края), OKH — побережье Охотского моря, AM — Амурская область, EV — Еврейская область, PRn — север Приморского края, PRs — юг Приморского края, SKn — Северный Сахалин, SKs — Южный Сахалин, KUn — группа Северных островов Большой Курильской гряды, KUm — группа Средних островов Большой Курильской гряды, KUs — группа Южных островов Большой Курильской гряды и острова Малой Курильской гряды

помощью программы PAST (Hammer, Harper & Ryan, 2001).

В связи с ограничением объема в статье приводится список ручейников только до уровня рода с указанием количества видов, обнаруженных в Дальневосточном регионе. Расположение таксонов в систематическом списке идет в алфавитном порядке, как это принято в современной фаунистической литературе (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав, биоразнообразие

Основываясь на результатах исследований последних пяти лет, нами составлен обновленный список ручейников Дальнего Востока России, который представлен 449 видами из 103 родов и 26 семейств (табл. 1). По сравнению с фауной России доля дальневосточных видов составляет около 43%. Биоразнообразие ручейников в отдельных районах оценивали как по общему числу обнаруженных видов, так и по количеству высших таксонов (родов, семейств) (табл. 3). Наибольшее видовое биоразнообразие отмечено для южных районов ДВР: Южное Приморье — 272 вида, что составляет около 60,6% от общего числа видов ДВР; южная часть Хабаровского края — 177 видов, 39,4%; Северное Приморье — 172 вида, 38,3%; Амурская область — 145 видов, 32,3%; Южные Курилы — 128 видов (28,5%); Еврейская АО — 114 вида (25,4%). Относительно высокое число видов зарегистрировано для Якутии в целом: 107 видов (23,8%). Остальные территории характеризуются значительно меньшим видовым разнообразием (рис. 2).

Наибольшее число семейств (собственно, все семейства, отмеченные в фауне ДВР) представлены в Южном Приморье (26), в Северном Приморье — 23 семейства; на юге Хабаровского края и Еврейской АО — по 22 семейства. В остальных регионах число семейств меньше, самое низкое число семейств отмечено на Средних Курилах — 8 (табл. 4), однако это может быть следствием и слабой изученности фауны в этом районе.

Наибольшее количество родов отмечено в Южном и Северном Приморье, а также на юге Хабаровского края (71, 68 и 68 соответственно); несколько меньше родов — в Амурской области, на Южном Сахалине, Еврейской АО, Якутии и Южных Курилах (59, 53, 51, 48 и 46 соответственно). В Магаданской области и на Камчатке — по 37 родов, в остальных районах количество родов значительно меньше (от 32 до 12), причем самое меньшее их число отмечено на Средних Курилах и в районе Корякского нагорья (табл. 3).

Оценка специфичности фаун (S) анализируемых районов показала наиболее высокую степень наличия эксклюзивных видов в Южном Приморье (табл. 3): 64 вида из 449, зарегистрированных на ДВР (23,5%) встречаются только здесь. На Южных Курилах отмечено 22 эксклюзивных вида (17,2%), на Южном Сахалине — 20 (17,1%), в Якутии — 15 (14,1%). Фауны Корякского нагорья (включая бассейн р. Пенжины), севера Хабаровского края, Северного Сахалина, а также группы Северных и Средних островов Большой Курильской гряды представляют собой переходные формации, содержащие в своем составе виды, характерные для соседних территорий, но не имеющие эксклюзивных видов.

Таблица 2. Матрица фаунистического сходства 18 анализируемых территорий Дальнего Востока России

	YK	Ch1	Ch2	MG	KOR	KM	KHn	KHs	Okh	AM	EV	PRn	PRs	SKn	SHs	Kun	Kum	Kus
YK	1	0,29688	0,23729	0,47205	0,4	0,5	0,14286	0,36496	0,35526	0,3719	0,29384	0,32714	0,2957	0,21277	0,24299	0,23704	0,08333	0,16667
Ch1	0,29688	1	0,30769	0,52632	0,4375	0,31579	0,30435	0,15385	0,37209	0,125	0,09655	0,10837	0,09804	0,16	0,14865	0,17391	0,03704	0,02899
Ch2	0,23729	0,30769	1	0,44706	0,37037	0,28846	0,16667	0,13131	0,23684	0,12048	0,08889	0,12435	0,06757	0,15385	0,07246	0,27119	0,04545	0,03125
MG	0,47205	0,52632	0,44706	1	0,47423	0,54422	0,25316	0,27386	0,47059	0,26794	0,21348	0,23729	0,16519	0,16667	0,1768	0,27451	0,11494	0,11696
KOR	0,4	0,4375	0,37037	0,47423	1	0,43103	0,33333	0,1619	0,45455	0,16854	0,14966	0,1561	0,11039	0,18182	0,17333	0,30986	0,10714	0,08571
KM	0,5	0,31579	0,28846	0,54422	0,43103	1	0,22449	0,30769	0,3913	0,33333	0,2335	0,29804	0,24022	0,31496	0,3	0,46281	0,20755	0,21053
KHn	0,14286	0,30435	0,16667	0,25316	0,33333	0,22449	1	0,07292	0,28571	0,1	0,10853	0,08556	0,05517	0,16949	0,12121	0,22642	0,21053	0,08197
KHs	0,36496	0,15385	0,13131	0,27386	0,1619	0,30769	0,07292	1	0,31034	0,55901	0,49485	0,60172	0,57965	0,23529	0,30612	0,15814	0,06	0,20423
OKH	0,35526	0,37209	0,23684	0,47059	0,45455	0,3913	0,28571	0,31034	1	0,26	0,30769	0,28194	0,19394	0,22222	0,25581	0,21505	0,15385	0,18519
AM	0,3719	0,125	0,12048	0,26794	0,16854	0,33333	0,1	0,55901	0,26	1	0,64093	0,58675	0,5381	0,21164	0,29771	0,16393	0,07143	0,18254
EV	0,29384	0,09655	0,08889	0,21348	0,14966	0,2335	0,10853	0,49485	0,30769	0,64093	1	0,60839	0,48843	0,20253	0,35498	0,13158	0,08759	0,22624
PRn	0,32714	0,10837	0,12435	0,23729	0,1561	0,29804	0,08556	0,60172	0,28194	0,58675	0,60839	1	0,63087	0,25	0,3391	0,1619	0,08205	0,26523
PRs	0,2957	0,09804	0,06757	0,16519	0,11039	0,24022	0,05517	0,57965	0,19394	0,5381	0,48843	0,63087	1	0,16928	0,26531	0,11502	0,05369	0,19895
SKn	0,21277	0,16	0,15385	0,16667	0,18182	0,31496	0,16949	0,23529	0,22222	0,21164	0,20253	0,25	0,16928	1	0,32298	0,29268	0,1194	0,21192
SHs	0,24299	0,14865	0,07246	0,1768	0,17333	0,3	0,12121	0,30612	0,25581	0,29771	0,35498	0,3391	0,26531	0,32298	1	0,21935	0,2	0,50893
KUn	0,23704	0,17391	0,27119	0,27451	0,30986	0,46281	0,22642	0,15814	0,21505	0,16393	0,13158	0,1619	0,11502	0,29268	0,21935	1	0,36066	0,22069
KUm	0,08333	0,03704	0,04545	0,11494	0,10714	0,20755	0,21053	0,06	0,15385	0,07143	0,08759	0,08205	0,05369	0,1194	0,2	0,36066	1	0,26154
KUs	0,16667	0,02899	0,03125	0,11696	0,08571	0,21053	0,08197	0,20423	0,18519	0,18254	0,22624	0,26523	0,19895	0,21192	0,50893	0,22069	0,26154	1

Примечание: YK — Якутия, Ch1 — полуостров Чукотка, Ch2 — Чукотская АО (без полуострова Чукотка), MG — Магаданская область, KOR — Коряцкое нагорье, включая бас. р. Пенжины; KM — полуостров Камчатка, KHn — север Хабаровского края, KHs — юг Хабаровского края, OKH — Охотское побережье, AM — Амурская область, EV — Еврейская автономная область, PRn — север Приморско го края, PRs — юг Приморского края, SKn — Северный Сахалин, SKs — Южный Сахалин, KUn — группа Северных Курильских островов, KUm — группа Средних Курильских островов, KUs — группа Южных Курильских островов и Малой Курильской гряды

Таблица 3. Характеристика биоразнообразия Trichoptera анализируемых территорий ДВР (N — число таксонов)

Показатели биоразнообразия	Территориально-географические выделы																	
	YK	CH1	CH2	MG	KR	KM	KHn	KHs	OKh	AM	EV	PRn	PRs	SKn	SKs	KUn	KUm	KUs
N семейств	17	12	11	13	12	13	11	22	13	19	22	23	**26**	15	21	11	8	20
N родов	48	25	25	37	21	37	16	68	32	59	51	68	**71**	31	53	20	12	46
N видов	107	42	38	69	38	83	14	177	55	145	114	172	**272**	44	117	38	23	128
% от общего числа видов ДВР	23,8	9,4	8,5	7,2	8,5	18,5	3,1	39,4	12,2	32,3	25,4	38,3	**60,6**	9,8	26,1	8,5	5,1	28,5
Новые находки (после 2011 г.)	**14**	0	0	1	4	1	0	1	1	2	4	3	**5**	0	1	0	0	0
N «эксклюзивных» видов	15	1	2	5	0	4	0	14	3	7	2	2	**64**	0	20	0	0	22
Специфичность фауны (S)	14,0	3	5,2	7,8	0	4,8	0	7,9	5,5	4,8	1,7	1,2	**23,5**	0	16,4	0	0	17,2
N видов-эндемиков:																		
анализируемые территории	2			1									12					2
Приморье (в целом)													19					
Сахалино-Курильский район																1		
юг Дальнего Востока России													5					

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные значения; серым цветом — относительно высокие значения показателей

Новые фаунистические находки и эндемики

В последние десятилетия в результате интенсивных фаунистических исследований северо-восточной части Дальнего Востока России И.А. Засыпкиной (Институт биологических проблем Севера, Магадан), Е.В. Потиха (Сихотэ-Алинский биосферный заповедник, Терней), Т.И. Арефиной и автором был выявлен ряд новых находок для российской дальневосточной фауны, информация о которых к настоящему времени уже частично опубликована (Засыпкина, Самохвалов, 2015; Потиха, Вшивкова, 2013; Вшивкова, 2012, 2013; Вшивкова и др., 2013а, 2013б; Vshivko-

Таблица 4. Новые находки и эндемики

Новые находки родов
Род *Allomyia* — новая находка для Якутии
Род *Chimarra* — новая находка для Приморья
Род *Brachypsyche* — новая находка для Якутии
Новые находки видов
Виды, новые для континентальной части России
Anabolia appendix (Ulmer, 1905) (юг Дальнего Востока)
Rhyacophila hokkaidensis, Iwata, 1927 (юг Дальнего Востока)
Rhyacophila kawamurae Tsuda, 1940 (юг Дальнего Востока)
Rhyacophila mirabilis Levanidova & Schmid, 1977 (северо-восток Дальнего Востока)
Виды, новые для юга Дальнего Востока
Mystacides longicornis (Linnaeus, 1758) (Амурская область)
Виды, новые виды для Республики Саха (Якутия)
Allomyia sp.
Anabolia servata (MacLachlan, 1880)
Archithremma ulachensis Martynov, 1935
Brachypsyche sp.
Ecclisomyia kamtshatica Martynov, 1914
Goera pilosa (Fabricius, 1775)
Padunia adelungi Martynov, 1910
Limnephilus abstrusus MacLachlan, 1872
Limnephilus diphyes MacLachlan, 1880
Neophylax ussuriensis (Martynov, 1935)
Philarctus bergrothi MacLachlan, 1880
Phryganea bipunctata Retzius, 1783
Rhyacophila mongolica Levanidova, 1993
Rhyacophila retracta Martynov, 1914
Новый вид для Камчатки
Brachypsyche sibirica (Martynov, 1924)
Виды, новые для Еврейской АО
Brachypsyche rara (Martynov, 1914)
Leptocerus moselyi, Martynov, 1935
Setodes crossotus Martynov, 1935
Виды, новые для Хабаровского края
Apatania sinensis (Martynov, 1914)
Hydromanicus feminalis (Martynov, 1934)
Molanna albicans (Zetterstedt, 1840)
Виды, новые для Приморья
Leptocerus colophallus Yang & Morse, 1997
Limnephilus fenestratus (Zetterstedt, 1840)
Эндемики и редкие виды
Family Apataniidae
Allomyia coronae Levanidova & Arefina 1995 — эндемик Южных Курил
Allomyia sichotalinensis (Martynov, 1935) — эндемик Приморья
Apatania lenica Ivanov, 1991 — эндемик Якутии
Apatania maritima Ivanov & Levanidova 1993 — эндемик Южного Приморья
Proradema furcatella Mey 1993 — эндемик Лазовского района (Южного Приморья)
Family Brachycentridae
Dolichocentrus tenuis Martynov 1935 — эндемик бассейна озера Ханка (Южное Приморье)
Family Glossosomatidae
Electragapetus martynovi Vshivkova & Arefina 1996 — эндемик Приморья
Family Hydroptilidae
Stactobia makartschenkoi Botosaneanu & Levanidova 1988 — эндемик острова Кунашир (Южные Курилы)
Stactobiella nikulinae Arefina 2004 — эндемик юга Дальнего Востока России
Stactobiella tshistjakovi (Arefina & Morse 2003) — эндемик юга Дальнего Востока России
Family Lepidostomatidae
Goerodes salomatini Ito & Vshivkova 1994 — эндемик Хасанского района (Южное Приморье)
Family Leptoceridae
Ceraclea bifurcata Morse, Yang & Levanidova 1997 — эндемик бассейна озера Ханка (Южное Приморье)
Ceraclea trilobulata Morse, Yang & Levanidova 1997 — эндемик юга Дальнего Востока России
Family Limnephilidae
Anabolia sp. N (female) — эндемик Хасанского района (Южное Приморье)
Colpotaulius martynovi (Kumanski, 1994) — эндемик Якутии
Limnephilus kedrovayensis Nimmo 1995 — эндемик Хасанского района (заповедник Кедровая Падь)
Limnephilus tiunovae Arefina & Levanidova 1996 — эндемик Приморья
Thermophylax tyoployensis Nimmo 1995 — эндемик юга Дальнего Востока России
Family Polycentropodidae
Plectrocnemia levanidovae Vshivkova, Arefina & Morse 2010 — сахалино-курильский эндемик
Plectrocnemia martinovae Vshivkova et al. 2003 — эндемик Южного Приморья
Polyplectropus nocturnus Arefina 1996 — эндемик Южного Приморья
Pseudoneureclipsis proxima Martynov 1934 — эндемик Приморья
Family Psychomyiidae
Lype daurica Ivanov & Levanidova 1996 — эндемик Приморья
Family Ptilocolepidae
Palaeagapetus finisorientis Botosaneanu & Levanidova 1987 — эндемик Хасанского района (Южное Приморье)
Family Rhyacophilidae
Rhyacophila cedrensis Schmid 1993 — эндемик Хасанского района (заповедник Кедровая падь, Южное Приморье)
Rhyacophila imitabilis Schmid, Arefina & Levanidova 1993 — эндемик юга Дальнего Востока России
Rhyacophila implicata Arefina 1993 — эндемик Хасанского района (Южное Приморье)
Rhyacophila kolymensis Arefina 1993 — эндемик Магаданской области
Rhyacophila maritima Levanidova 1977 — эндемик Хасанского района (заповедник Кедровая падь, Южное Приморье)
Rhyacophila monstrosa Levanidova & Schmid 1977 — эндемик юга Дальнего Востока России
Rhyacophila sutchanica Schmid & Levanidova 1986 — эндемик Приморья

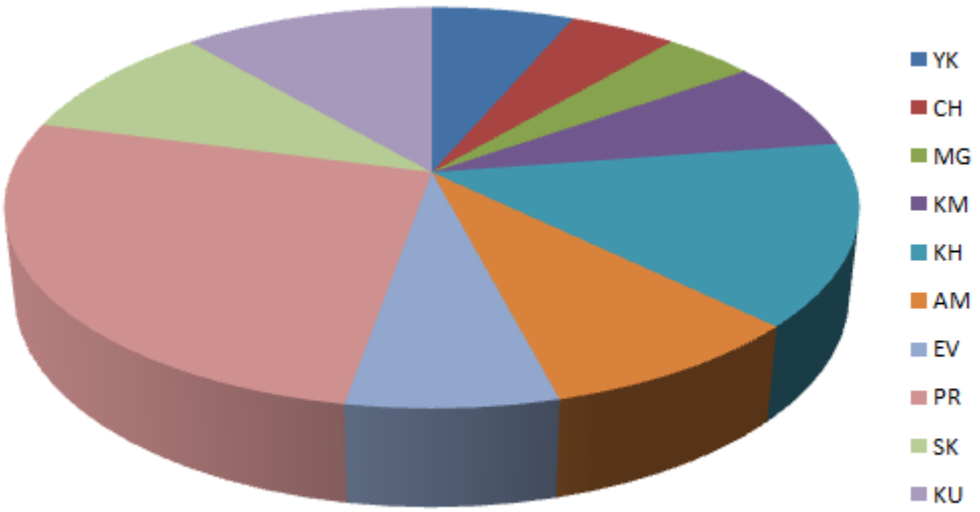


Рис. 2. Видовое разнообразие ручейников Дальнего Востока России (обозначения как на рис. 1)

va, 2013) или готовится к печати. Это публикации самого последнего периода, вышедшие в свет после обзорной статьи В.Д. Иванова по фауне ручейников России и не включенные в его анализ (Ivanov, 2011).

В табл. 4 мы приводим список недавних фаунистических находок, детальная информация о которых, с указанием мест и дат сбора, а также эколого-фаунистической характеристикой, будет опубликована отдельно. В списке новых находок мы указываем 3 рода, новые для Якутии (2 рода) и Приморья (1 род), 4 вида — новые для континентальной части ДВР, 1 вид — новый для юга Дальнего Востока, 14 — для Якутии, 1 — для Камчатки, 3 — для Еврейской АО, 3 — для Хабаровского края (в целом), 2 — новые для Приморья (в целом) (табл. 4).

Фауна ручейников Дальнего Востока России имеет в своем составе ряд эндемичных и редких видов, которые обусловливают специфичность фауны как в целом, так и отдельных ее регионов. Всего нами отмечено 30 эндемиков различной категории: 5 видов — эндемики юга Дальнего Востока России, 2 вида — эндемики Якутии, 1 — Магаданской области, 19 — Приморья (из них 12 видов — эндемики Южного Приморья), 2 — эндемики Южных Курил, 1 — сахалино-курильский эндемик (табл. 3).

Сравнительный фаунистический анализ

В результате сравнительного анализа фаун 18 территориальных выделов была построена дендрограмма сходства (рис. 3), показывающая группировки с высокой степенью общности фаун, объединенные в 2 основных кластера:

Южный кластер

Группа 1: континентальные территории юга ДВР (юг Хабаровского края, Еврейская АО, Амурская область, Приморье).

Группа 2: островные территории юга Дальнего Востока (Сахалин, Южные Курилы).

Северо-Восточный кластер

Группа 3: Магаданская область, Камчатка, Якутия

Группа 4: Коряцкое нагорье (включая бас. р. Пенжины) с примыкающими территориями Чукотского АО и Охотское побережье.

Стоящие особняком кластеры Северных и Средних Курил, вероятно, значительно отделяются из-за сравнительно малоизученной фауны, хотя по составу видов эти острова больше всего связаны с фауной ручейников Камчатки.

На рис. 4 представлен результат анализа данных методом главных координат, на основе которого выделяются три следующие группы:

Группа А: южные островные территории ДВР;

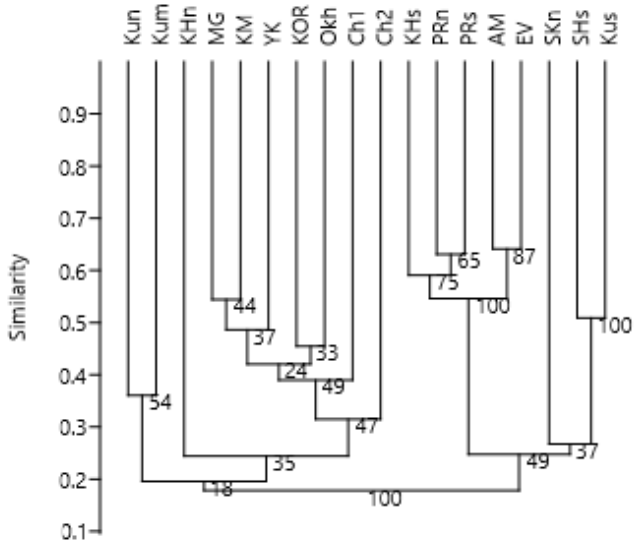


Рис. 3. Дендрограмма фаунистического сходства ручейников 18 территориально-географических выделов Дальнего Востока России (обозначения как на рис. 1)

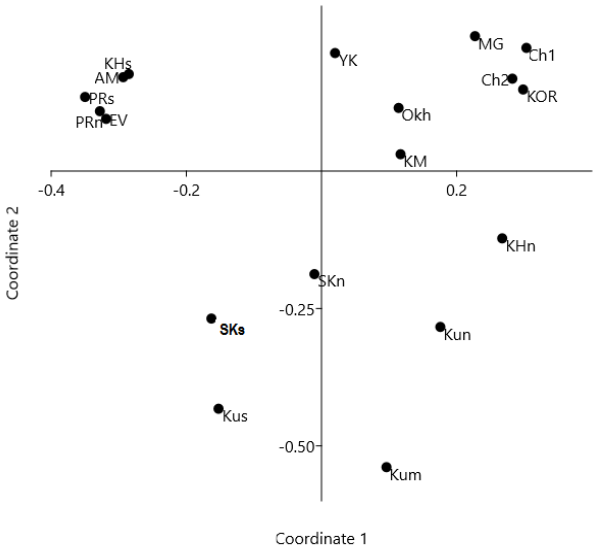


Рис. 4. Ординация фаунистического сходства ручейников 18 территориально-географических выделов Дальнего Востока России методом главных координат (обозначения как на рис. 1

Группа Б: Северное и Южное Приморье, бассейн р. Амур (Амурская, Еврейская области, Хабаровский край);

Группа В: Магаданская область и Корякское нагорье (включая басс. р. Пенжины), Камчатка и Охотское побережье, Чукотский полуостров и юго-западная Чукотская АО, а также Якутия.

Следует отметить промежуточное (в фаунистическом смысле) положение северной части Хабаровского края между югом Дальнего Востока и Северо-Востоком Азии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ фауны ручейников Дальнего Востока России, с учетом последних фаунистических находок, показал, что, несмотря на неплохую изученность региона в целом, в будущем все еще можно ожидать новых находок как в ранее недостаточно обследованных районах, так и на территориях с высоким разнообразием, так называемых “hot spots” (состояние изученности фауны ручейников ДВР мы оцениваем на 60–70%). Таким районом на Дальнем Востоке России является, прежде всего, Приморье (особенно его южная часть). Высокое видовое разнообразие отмечено также для бассейна р. Амур (Амурская область, Еврейская АО, юг Хабаровского края); южной части Сахалина, Южных Курил и Якутии (южные районы).

Биоразнообразие ручейников ДВР, несомненно, определяется разнообразием рельефа, региональной гидрографией, климатическими и историческими условиями, однако главным результирующим фактором является широтный градиент. Проследив изменения видового состава ручейников в широтном аспекте, можно выделить северные обедненные территории, расположенные между 70° и 60° параллелями, и территории с наиболее высоким разнообразием, расположенные южнее 50° параллели.

Анализ видового сходства 18 условных территориально-географических выделов показал существование близкого родства между фаунами районов: а) Южного и Северного Приморья; б) расположенных в бассейне р. Амур (Амурская область, Еврейская АО, юг Хабаровского края), в) южных островных территорий (Южные Курилы и Южный Сахалин); г) северо-восточных территорий (Чукотский АО, Корякское нагорье, Охотское побережье); д) Магаданской области, Камчатки, Якутии.

Анализ специфичности фаун показал, что наиболее оригинальные фауны ручейников отмечены для Приморья, юга Хабаровского края, Южного Сахалина, Южных Курил и Якутии. И если в первых четырех ядро эксклюзивных видов представлено элементами палеархеарктического комплекса, то фауна Якутии сложена в большей степени оригинальными видами сибирского комплекса или широко распространенными в Палеарктике видами.

Наиболее высокая степень эндемизма отмечена для Южного Приморья, что определяется как экотонным расположением региона на стыке биогеографических зон, так и историческими условиями, способствовавшими сохранению третичных реликтов во времена четвертичного оледенения, не затронувшего южную часть Приморского края.

В целом, распределение ручейников в пределах Дальнего Востока России следует общим тенденциям, описанным для других групп амфибиотических насекомых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вшивкова Т.С. 2012. Отряд Trichoptera — Ручейники // Животный мир заповедника «Бастак». (Под ред. А.А. Аверина и др.). Благовещенск: БГПУ. 242 с. С. 68−71.

Вшивкова Т.С. 2013. *Apatania delecarlica* Forsslund, 1942 (Trichoptera: Apataniidae) — новая находка для России // Мат-лы Всеросс. X (2) Трихоптерологического симпозиума «Проблемы водной энтомологии России» (Владикавказ, 13–15 мая 2013). Владикавказ: СОГУ. С. 133−136.

Вшивкова Т.С. 2014. Ия Михайловна Леванидова: К 100-летию со дня рождения (1 марта 1914 – 11 ноября 2005) // Чтения памяти В.Я. Леванидова (Под ред. Е.А. Макарченко). Владивосток: Дальнаука. Вып. 6. С. 1−19.

Вшивкова Т.С., Засыпкина И.А., Лобкова Л.Е. 2013а. Итоги исследования трихоптерофауны (Insecta: Trichoptera) Камчатки: К 100-летнему юбилею И.М. и В.Я. Леванидовых // Мат-лы XIV Междунар. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 14−15 ноября 2013). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 183−190.

Вшивкова Т.С., Флинт О.С., Холзентал Р.В., Чер К.М., Франдсен П.Б. 2013б. Первые данные по фауне ручейников (Insecta: Trichoptera) водотоков и водоемов бассейна залива Восток (залив Петра Великого, Приморский край) // Жизнь пресных вод (Под ред. Е.А. Макарченко). Вып. 1. Владивосток: Дальнаука. С. 123−143.

Засыпкина И.А., Самохвалов В.Л. 2015. Зообентос водотоков Северного Охотоморья (отв. ред. В.Г. Харитонов). ИБПС ДВО РАН. Магадан: Кордис. 327 с.

Мартынов А.В. 1935. Ручейники (Trichoptera) Амурского края // Труды Зоологического института. Т. 2. Вып. 2–3. Л.: Наука. С. 205–395.

Определитель насекомых Дальнего Востока России. 1997. Ручейники — Trichoptera. / Под ред. В.Л. Кононенко. Владивосток: Дальнаука. 206 с.

Потиха Е.В., Вшивкова Т.С. 2013. Новые данные по фауне ручейников (Trichoptera) Сихотэ-Алинского биосферного заповедника / Под ред. А.А. Прокина и др. Гидроэнтомология в России и сопредельных странах. Борок. С. 134−139.

Тиунова Т.М., Тесленко В.А., Резник И.В. 2009. Поденки (Ephemeroptera), веснянки (Plecoptera) и ручейники (Trichoptera) ресурсного резервата «Унгра» (бассейн реки Алдан, Южная Якутия) // Евразиатский энтомологический журнал. Т. 8. № 3. С. 299–308.

Hammer Ø., Harper D.A.T. & Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica. V. 4. N 1. 9 p.

Ivanov V.D. 2011. Caddisflies of Russia: Fauna and biodiversity // Zoosymposia. V. 5. S. 171−209.

Legendre P. & Legendre L. 1998. Numerical Ecology. Second English edition. Developments in Environmental Modelling 20, Elsevier. 853 p.

Rasnitsyn A.P. 2013. Andrey Martynov, entomologist and paleoentomologist / Abstracts of the XIV International Symposium on Trichoptera (T.S. Vshivkova ed.) (Vladivostok, 2−7 July 2013). P. 52.

Vshivkova T.S. 2013. Additional data on integripalpian caddisflies (Insecta: Trichoptera, Integripalpia) from Chukotka and adjacent territory // Far Eastern Entomologist. N 257. P. 1−9.

УДК 574.589(571.13) DOI 10.15853/978-5-902210-45-11

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ ИРТЫШ В РАЙОНЕ Г. ОМСКА

Я.И. Гульченко, О.П. Баженова

Аспирант; профессор, д. б. н.; Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина
644008, Омск, Институтская площадь, 1
Тел., факс: (3812) 65-25-44. E-mail: gulchenkoyi@gmail.com, olga52@bk.ru

ФИТОПЛАНКТОН, ОБИЛИЕ, СТРУКТУРА, КАЧЕСТВО ВОДЫ, РЕКА ИРТЫШ

Описаны обилие и структура фитопланктона Иртыша в районе г. Омска (среднее течение реки) в период открытой воды 2014 г. Проведена оценка качества воды по показателям развития фитопланктона. Установлены статистически значимые изменения обилия и структуры фитопланктона реки по сравнению с периодом предыдущих исследований (1998–2001 гг.).

CURRENT STATE OF PHYTOPLANKTON COMMUNITY IN THE IRTYSH RIVER NEAR OMSK

Y.I. Gulchenko, O.P. Bazhenova

Postgraduate; professor, Dr. Sc.; Omsk State Agrarian University of P.A. Stolypin
644008, Omsk, Institytskaya square, 1
Tel., fax: (3812) 65-25-44. E-mail: gulchenkoyi@gmail.com, olga52@bk.ru

PHYTOPLANKTON, ABUNDANCE, STRUCTURE, WATER QUALITY, IRTYSH RIVER

Desctiption of phytoplankton structure and abundance in the Irtysh River near Omsk (the middle part) for the open-water period of 2014 has been provided. Water quality has been estimated from indexes of phytoplankton community development. Statistically authentic structural and abundance transformations of the river phytoplankton has been revealed vs. the state observed in earlier research period (1998–2001).

Трансграничная река Иртыш, являющаяся самым крупным притоком Оби, имеет исключительное значение для Омской области. Отсутствие альтернативных источников водоснабжения города Омска и непригодность в большинстве своем подземных вод для хозяйственного использования объясняют необходимость постоянного контроля над состоянием экосистемы р. Иртыш. С каждым годом возрастает интенсивность использования реки не только на территории Российской Федерации, но и в Китае и Казахстане. Резкое увеличение водозабора из Черного Иртыша Китаем привело к угрозе истощения вод этой реки и еще более обострило проблемы водопользования в ее бассейне (Баженова, Вахрушев, 2011). В целях обеспечения экологической безопасности Омской области и контроля соблюдения международных договоров необходимо проведение оценки современного состояния экосистемы р. Иртыш.

Экологическая оценка состояния верхнего и среднего Иртыша по показателям развития фитопланктона выполнялась в 1998–2003 гг. (Баженова, 2005, 2006). Было установлено, что зарегулирование верхнего течения реки каскадом водохранилищ привело, согласно концепции экологических модификаций В.А. Абакумова (Абакумов, 1991), к экологическим модификациям негативного типа. На основе качественных характеристик фитопланктона состояние экосистемы среднего течения р. Иртыш было определено как антропогенное экологическое напряжение с элементами антропогенного эвтрофирования.

Значительные экономические изменения в Китае и Казахстане, находящихся выше по течению реки относительно Омска, а также изменения инфраструктуры в бассейне среднего течения Иртыша, привели к необходимости оценки современного состояния экосистемы реки, качества ее вод и направления происходящих изменений.

Использование фитопланктона при биоиндикации обусловлено его высокой чувствительностью к изменению качества водной среды, а также способностью

отражать эффект смешанных воздействий (Баженова, 2005), что недоступно химическому мониторингу.

Целью данной работы являлась оценка современного экологического состояния р. Иртыш в районе Омска по показателям развития фитопланктона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работа основана на материалах обработки проб фитопланктона р. Иртыш в районе г. Омска в период открытой воды (23 апреля – 6 ноября 2014 г.). Отбор проб проводили 2–3 раза в месяц на двух гидробиологических створах выше и ниже Омска: «Омск-ВИЗ» — выше источника загрязнения, «Омск-НИЗ» — ниже источника загрязнения. Расположение створов выбрано в соответствии с размещением мест отбора проб для стационарных наблюдений Центра по мониторингу загрязнения окружающей среды Омска и методическими рекомендациями по проведению гидробиологического мониторинга поверхностных вод (Руководящий.., 2001). Количественные пробы фитопланктона объемом 0,5 л отбирали из поверхностного слоя воды в трех точках поперечного сечения реки: у берегов и на середине. Фиксацию проб проводили 40%-м раствором формалина, для концентрирования использовали осадочный метод.

Пробы обрабатывали общепринятыми методами (Федоров, 1979). Подсчет числа клеток фитопланктона проводили в камере Горяева в нескольких повторностях на микроскопе Euler Professor 770T при 400–600-кратном увеличении. Всего отобраны и обработаны 82 количественные пробы фитопланктона. Для определения видов использовали отечественные и зарубежные определители, монографии, статьи (Косинская, 1960; Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962; Попова, 1966; Диатомовые.., 1974; Попова, Сафонова, 1976; Мошкова, Голлербах, 1986; Диатомовые.., 1988; Царенко, 1990; Диатомовые.., 1992; Диатомовые.., 2002; Генкал и др., 2012; Starmach, 1985; Hindák, 1988; Hindák, 1990; Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005). Доминирование видов определяли по их численности. В доминирующий комплекс включали виды, численность которых составляла не менее 10% общей. К доминантам относили виды, занимающие первые три места, остальные виды, вошедшие в доминирующий комплекс, считали субдоминантами. С целью определения роли вида в доминирующем комплексе использовали показатели частоты (Макаревич, 1966) и порядка доминирования (Кожова, 1970; Горбулин, 2012).

При сравнении полученных данных с результатами предыдущих исследований (1998–2001 гг.) была выдвинута нулевая гипотеза о принадлежности выборок, соответствующих двум периодам исследований, к одной генеральной совокупности. Поскольку распределение величины общей численности фитопланктона не подчиняется нормальному закону, что подтверждается значениями коэффициентов асимметрии и эксцесса, проверку гипотезы осуществляли при помощи рангового непараметрического критерия Манна–Уитни (U-критерия), позволяющего сравнивать разномощные выборки, не налагая требования на нормальность распределения входящих в них случайных величин (Кобзарь, 2006). Сравнение данных проводили по обилию и структуре фитопланктона. Под показателями обилия понимаются общая численность и общая биомасса фитопланктона, в качестве показателей структуры использовали относительные численность и биомассу отделов. Выборки по численности и биомассе сравнивали независимо друг от друга, однако для обеих характеристик результат полностью согласуется: в случае значимости отличий выборок по численности фитопланктона выявляется значимость отличий выборок по биомассе. Из общего массива данных формировали выборки по сезонам (весенний, летний, осенний), и на них проводили сравнение. Достоверность отличий рассматривали на 1 и 5% уровнях значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Структура и обилие фитопланктона

За период открытой воды 2014 г. в фитопланктоне р. Иртыш найдено 219 видовых и внутривидовых таксонов (ВВТ), относящихся к 9 отделам: Cyanoprokaryota (32 ВВТ), Chrysophyta (9 ВВТ), Xanthophyta (1 ВВТ), Bacillariophyta (36 ВВТ), Dinophyta (2 ВВТ), Cryptophyta (2 ВВТ), Euglenophyta (10 ВВТ), Chlorophyta (115 ВВТ), Streptophyta (8 ВВТ). В доминирующий комплекс вошли 31 ВВТ. Высокую частоту доминирования имели представители Cyanoprokaryota (4 ВВТ), Chlorophyta (2 ВВТ), Bacillariophyta (6 ВВТ). Из других отделов только *Trachelomonas volvocina* (Euglenophyta) входит в состав доминирующего комплекса.

Общая численность фитопланктона в период открытой воды 2014 г. изменялась в пределах 0,08–223,29 млн кл./л, биомасса — от 0,02 до 9,42 г/м^3, составляя в среднем 14,51±3,93 млн кл./л и 1,89±0,16 г/м^3 соответственно. По показателю биомассы фитопланктона (Оксиюк и др., 1993) вода Иртыша относится к 3 классу качества (удовлетворительной чистоты), разряду 3б (слабо загрязненная).

Основываясь на сезонных изменениях, было выделено четыре доминирующих комплекса фитопланктона р. Иртыш: виды, доминировавшие на протяже-

нии всего исследуемого периода, и виды-доминанты по сезонам. Виды, преобладавшие в 2014 г. на протяжении всего периода открытой воды, слагают первый доминирующий комплекс, представленный 31 ВВТ. Наибольшую частоту доминирования имеет цианобактерия *Aphanocapsa holsatica*, являющаяся единственным доминантом в большинстве проб в летне-осенний период. Высокую частоту доминирования имеют также другие представители Cyanoprokaryota (*Aphanocapsa holsatica, A. incerta*, *Microcystis aeruginosa, Romeria gracilis*), Chlorophyta (*Didymocystis inconspicua*, *Monoraphidium contortum*), Bacillariophyta (*Stephanodiscus hantzschii*, *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*, *Synedra* sp., *S. acus* var. *radians*, *Diatoma elongatum*) и Euglenophyta (*Trachelomonas volvocina*).

Комплекс видов, доминировавших весной, состоит из 11 ВВТ. Наибольшей частотой доминирования обладают *Stephanodiscus hantzschii*, *Diatoma elongatum*, *Synedra* sp., *Didymocystis inconspicua* и *Trachelomonas volvocina*. Общая численность фитопланктона в весенний сезон составляла 4,29±0,90 млн кл./л, биомасса — 2,29±0,50 г/м^3. В начале весны наиболее активно вегетируют диатомовые водоросли и *Trachelomonas volvocina*. Затем в течение весеннего сезона обилие диатомовых, зеленых водорослей и цианобактерий плавно возрастает, а *Trachelomonas volvocina* снижается уже к середине мая (рис. 1, рис. 2).

Вклад Bacillariophyta по численности в весенний сезон в среднем составлял 68,4%, Chlorophyta — 19,5%, Cyanoprokaryota — 9,9%, Euglenophyta — 1,5%. Основную часть биомассы фитопланктона весной формировали Bacillariophyta (89,3% в среднем), заметный вклад вносили Chlorophyta (7,2%). Доля Euglenophyta в среднем составляла только 1,4%, однако в апреле они формировали до 13,1% общей биомассы.

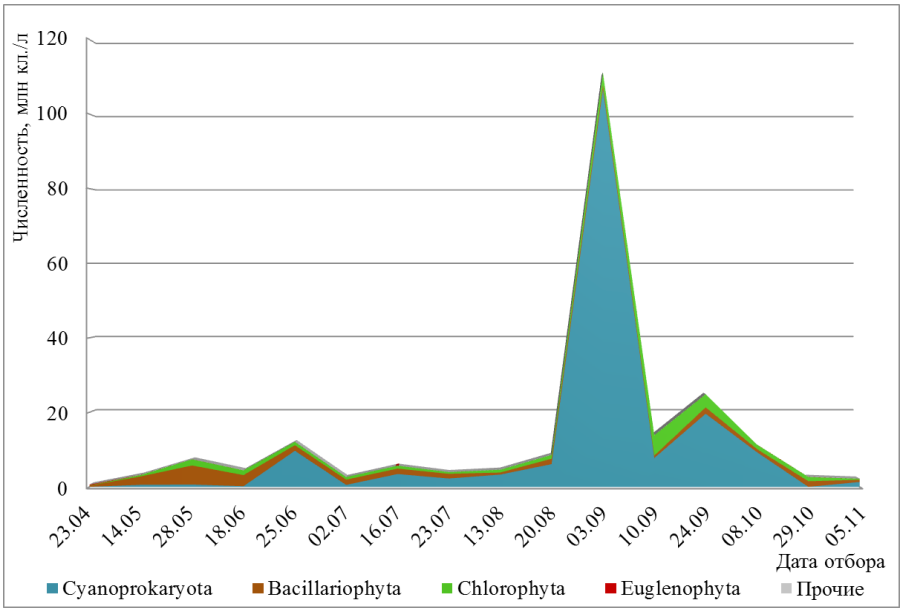


Рис. 1. Динамика численности фитопланктона р. Иртыш в районе г. Омска, 2014 г.

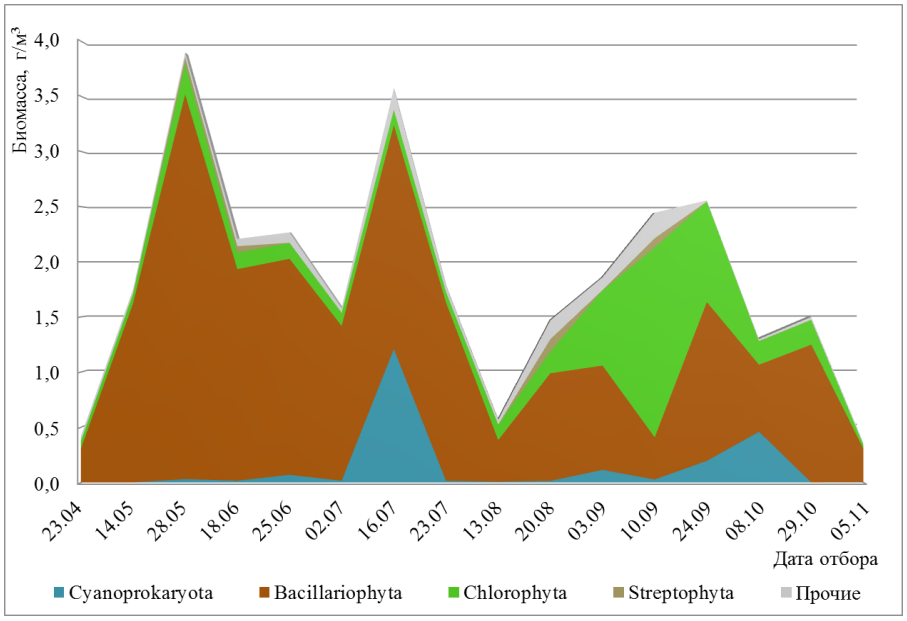


Рис. 2. Динамика биомассы фитопланктона р. Иртыш в районе г. Омска, 2014 г.

Доля остальных отделов в общей биомассе фитопланктона незначительна и составляла в сумме не более 1,6%.

Наиболее разнообразен летний доминирующий комплекс фитопланктона, содержащий 24 ВВТ. При этом летом прослеживаются четыре группы доминантов, последовательно сменяющих друг друга. В начале лета из числа видов с высокой частотой доминирования доминирующий комплекс включал *Fragilaria crotonensis*, *Synedra acus* var. *radians*, *Didymocystis inconspicua* и *Asterionella formosa*. К началу июля на смену *Asterionella formosa* приходят *Stephanodiscus hantzschii* и *Monoraphidium contortum*. Во второй половине июля в доминирующем комплексе появляется *Aphanocapsa holsatica* и сохраняет за собой доминирующее положение до конца лета, в конце сентября к нему присоединяются *Monoraphidium contortum и Romeria gracilis.*

С началом летнего сезона обилие диатомовых водорослей снижается, а цианобактерий — возрастает. Доля цианобактерий летом в среднем составляла 83,7% общей численности, достигая своего максимума (97,5%) 3–4 сентября (рис. 1). Заметный вклад в формирование общей численности летнего фитопланктона вносили Chlorophyta (в среднем 8,8%) и Bacillariophyta (7,5%). На долю остальных отделов приходилось в сумме менее 0,15%.

Общая численность фитопланктона летом изменялась в широких пределах: от 1,14 до 233,29 млн кл./л. Максимум численности, обусловленный вспышкой развития *Aphanocapsa holsatica,* отмечался в начале сентября. Общая биомасса фитопланктона колебалась от 0,19 до 9,42 г/м^3 и имела несколько пиков: в конце июня, середине июля и середине сентября (рис. 2). Небольшой пик биомассы в конце июня был вызван возрастанием численности диатомовых водорослей (*Synedra ulna*, *S. acus* var. *radians*), в июле — интенсивной вегетацией цианобактерии *Gomphosphaeria aponina*, в середине сентября — развитием зеленых водорослей.

Осенний доминирующий комплекс включает 13 ВВТ, наибольшей частотой доминирования обладают *Stephanodiscus hantzschii, Didymocystis inconspicua, Aphanocapsa holsatica* и *Microcystis aeruginosa*. При этом в конце сентября, как и в конце лета, преобладает *Aphanocapsa holsatica*, однако постепенно численность этого вида снижается, и в октябре доминантом становится *Microcystis aeruginosa*. К концу октября его сменяет группа видов, формировавших доминирующий комплекс весной (*Didymocystis inconspicua, Fragilaria crotonensis, Stephanodiscus hantzschii, Asterionella formosa*).

Осенью общая численность фитопланктона изменялась в пределах 0,08–55,18 млн кл./л, биомасса — 0,02–3,30 г/м^3. Максимум численности, обусловленный развитием *Aphanocapsa holsatica*, приходился на конец сентября, после чего общая численность фитопланктона плавно снижалась (рис. 1). Общая биомасса фитопланктона осенью имела два пика: максимальный — в конце сентября, обусловленный развитием диатомовых (*Stephanodiscus hantzschii*) и зеленых водорослей, и небольшой — в конце октября, обусловленный усилением вегетации диатомей (*Synedra acus* var. *radians*, *Stephanodiscus hantzschii*) на фоне общего снижения как общей биомассы, так и численности фитопланктона (рис. 2).

Осенью основную часть численности фитопланктона формировали цианобактерии (в среднем 74,2%), меньший вклад вносили зеленые (14,2%) и диатомовые (11,2%) водоросли. В формировании биомассы фитопланктона основную роль играли диатомовые водоросли, составляя в среднем 62,6%. В отдельных пробах доля диатомей достигала 95,8% общей биомассы фитопланктона. На втором и третьем местах находились зеленые водоросли (24,1%) и цианобактерии (11,8%). На долю остальных отделов в сумме приходилось менее 0,4% численности и 1,6% общей биомассы фитопланктона.

Весной 2014 г. обилие фитопланктона Иртыша в районе Омска осталось на уровне периода предыдущих исследований (1998–2001 гг.), статистически значимые различия отсутствуют. Статистически значимые отличия показателей обилия фитопланктона в сравнении с данными 1998–2001 гг. установлены для летнего и осеннего сезонов 2014 г. Полученное эмпирическое значение критерия для выборки по численности фитопланктона летом равно $U_{эмп}$=197 при $U_{кр05}$=254 и является значимым даже на 1%-м уровне ($U_{кр01}$=214). Для осеннего сезона $U_{эмп}$=46 при $U_{кр05}$=47, что подтверждает значимость различий выборок на 5%-м уровне. Изменения биомассы фитопланктона летом и осенью значимы на 1%-м уровне, $U_{эмп}$=196 при $U_{кр01}$=214 летом и $U_{эмп}$=30 при $U_{кр01}$=32 осенью. Средние значения численности фитопланктона летом возросли на 2,35 млн кл./л, а осенью снизились на 5,88 млн кл./л. Биомасса фитопланктона летом и осенью снизилась в среднем на 0,91 г/м^3 и 1,64 г/м^3 соответственно. Полученные отличия свидетельствуют о возрастании роли мелкоклеточных видов в летнем фитопланктоне, что связано, как известно (Баженова, 2006), с усилением процесса эвтрофирования реки.

В структуре фитопланктона Иртыша отмечены существенные изменения, выражающиеся в стати-

стически значимом снижении доли зеленых водорослей в общей численности и биомассе фитопланктона реки в весенний и летний сезоны 2014 г. Так, полученное эмпирическое значение критерия для выборки по относительной численности зеленых водорослей весной равно $U_{эмп}$=27 при $U_{кр01}$=42, являясь значимым на 1%-м уровне. Для летнего сезона получено значение $U_{эмп}$=240 при $U_{кр05}$=254, подтверждающее значимость отличий на 5%-м уровне. Вклад отдела Chlorophyta в численность фитопланктона снизился в среднем на 18,2% весной и 16,2% летом. Изменение доли цианобактерий, диатомовых и эвгленовых водорослей статистически незначимо.

Класс и разряд качества воды р. Иртыш, определяемый по биомассе фитопланктона (Оксиюк и др., 1993), не изменился по сравнению с предыдущим периодом исследований. Но поскольку структура фитопланктонных сообществ является первостепенной характеристикой, используемой при биоиндикации водного объекта (Абакумов, 1991), установленная статистически достоверная ее перестройка в 2014 г. указывает на объективные изменения экологического состояния р. Иртыш в последние годы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2014 г. доминирующий комплекс фитопланктона слагали преимущественно ВВТ, относящиеся к отделам Cyanoprokaryota, Bacillariophyta и Chlorophyta, из остальных отделов в доминирующий комплекс вошел только *Trachelomonas volvocina* (Euglenophyta). Число ВВТ, формирующих доминирующий комплекс в течение всего периода открытой воды, уменьшилось по сравнению с предыдущими исследованиями на 18%, при этом произошли изменения и в составе комплекса: более половины ВВТ, преобладавших в 1998–2001 гг., не вошли в доминирующий комплекс 2014 г. Наибольшее значение частоты доминирования в 2014 г. имела мелкоклеточная цианобактерия *Aphanocapsa holsatica*.

Сравнение результатов исследований фитопланктона р. Иртыш в 2014 г. с данными за 1998–2001 гг. показало статистически значимые изменения его обилия в летний и осенний сезоны. Обнаружено значимое снижение доли зеленых водорослей в структуре фитопланктона реки в весенний и летний сезоны 2014 г. Изменения вклада отделов Cyanoprokaryota, Bacillariophyta и Euglenophyta в обилие фитопланктона незначимы, роль остальных отделов пренебрежительно мала.

Значения класса и разряда качества воды Иртыша в районе Омска не изменились по сравнению с предыдущим периодом исследований. Однако установленная статистически достоверная перестройка структуры фитопланктона указывает на объективные изменения экологического состояния реки в последние годы. Об этом же свидетельствуют статистически значимые отличия среднесезонных показателей обилия фитопланктона в сравниваемых периодах исследования. Поскольку развитие фитопланктонных сообществ зависит от ряда экологических факторов, в том числе климатических, необходимо продолжение исследований для установления направления изменений, происходящих в экосистеме реки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абакумов В.А. 1991. Экологические модификации и развитие биоценозов / Труды Междунар. симпозиума «Экологические модификации и критерии экологического нормирования». Л.: Гидрометеоиздат. С. 18–40.

Баженова О.П. 2005. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока. Омск: ОмГАУ. 248 с.

Баженова О.П. 2006. Оценка многолетних изменений экосистем верхнего и среднего Иртыша по показателям развития фитопланктона // Сибирский экологический журнал. № 6. С. 785–790.

Баженова О.П., Вахрушев А.А. 2011. Фитопланктон реки Иртыш в районе проектируемого гидротехнического узла (г. Омск) / Матлы Всеросс. конф. с междунар. участием «Водные экосистемы Сибири и перспективы их использования». Томск: ТГУ. С. 31–33.

Генкал С.И., Баженова О.П., Митрофанова Е.Ю. 2012. Центрические диатомовые водоросли (Centrophyceae) водоемов и водотоков бассейна среднего участка реки Иртыш // Биология внутренних вод. № 1. С. 5–14.

Горбулин О.С. 2012. Комплексы доминантных форм фитопланктона разнотипных водоемов // Альгология. Т. 22. № 3. С. 303–315.

Дедусенко-Щеголева Н.Т., Голлербах М.М. 1962. Определитель пресноводных водорослей СССР. Желтозеленые водоросли. М.-Л.: АН СССР. Выпуск 5. 272 с.

Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. 1974. Л.: Наука. Т. 1. 403 с.

Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. 1988. Л.: Наука. Т. 2. Выпуск 1. 116 с.

Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. 1992. СПб.: Наука. Т. 2. Выпуск 2. 125 с.

Диатомовые водоросли России и сопредельных стран. Ископаемые и современные. 2002. СПб.: С.-Петерб. ун-т. Т. 2. 112 с.

Кобзарь А.И. 2006. Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит. 816 с.

Кожова О.М. 1970. Формирование фитопланктона Братского водохранилища / Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища. М.: Наука. С. 26–160.

Косинская Е.К. 1960. Флора споровых растений СССР. Десмидиевые водоросли. М.-Л.: АН СССР. Т. 5. Выпуск 1. 706 с.

Макаревич В.Н. 1966. Голландские методы учета обилия видов по де-Фризу в сравнении с другими методами определения участия видов в луговых травостоях // Ботанический журнал. Т. 51. № 2. С. 293–304.

Мошкова Н.А., Голлербах М.М. 1986. Определитель пресноводных водорослей СССР. Зеленые водоросли. Класс Улотриксовые. Порядок Улотриксовые. Л.: Наука. Т. 1. Вып. 10. 306 с.

Оксиюк О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П., Линник П.Н., Кузьменко М.И., Кленус В.Г. 1993. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. Т. 29. № 4. С. 62–76.

Попова Т.Г. 1966. Флора споровых растений СССР. Эвгленовые водоросли. М.-Л.: Наука. Т. 8. Вып. 1. 412 с.

Попова Т.Г., Сафонова Т.А. 1976. Флора споровых растений СССР. Эвгленовые водоросли. М.-Л.: Наука. Т. 9. Выпуск 2. 286 с.
Руководящий документ 52.24.620–2000. 2001. Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. Организация и функционирование подсистемы мониторинга антропогенного эвтрофирования пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат. 46 с.
Федоров В.Д. 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ. 168 с.
Царенко П.М. 1990. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наукова думка. 208 с.
Hindák F. 1988. Studies on the Chlorococcal algae (Chlorophyceae). Bratislava: Biologické Práce. Vol. IV. 341 p.
Hindák F. 1990. Studies the Chlorococcal algae (Chlorophyceae). Bratislava: Biologické Práce. Vol. IV. 225 p.
Komárek J., Anagnostidis K. 1998. Süsswasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales. Heidelberg - Berlin: Spektrum Akademischer. Bd. 19. 548 s.
Komárek J., Anagnostidis K. 2005. Süsswasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales. München: Spektrum Akademischer. Bd. 19. 759 s.
Starmach K. 1985. Süsswasserflora von Mitteleuropa. Chrysophyceae und Haptophyceae. Jena: VEB Gustav Ficher Verlag. Bd. 1. 515 s.

УДК 591.524.11 DOI 10.15853/978-5-902210-45-12

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ФАУНЕ OLIGOCHAETA ВОДОЕМОВ КАМЧАТКИ ПО МАТЕРИАЛАМ 2009, 2010 И 2014 ГОДОВ

В.П. Семерной[1], Т.Л. Введенская[2], А.В. Улатов[2]

[1]Профессор, д. б. н., Ярославский государственный университет им. Демидова
150000, Ярославль, ул. Советская, д. 14
Тел.: (4852) 72-82-56. E-mail: semernoy@yandex.ru
[2]Вед. н. с., к. б. н.; ст. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683003, Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: Vvedenskaya.t.l@kamniro.ru, ulatov.a.v@kamniro.ru

ОЛИГОХЕТЫ, ЗООБЕНТОС, ФАУНА, ВОДОЕМЫ, ВОДОТОКИ, ЧИСЛЕННОСТЬ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ

Представленные новые данные по фауне и распространению видов олигохет на п-ове Камчатка показывают явную перспективу в расширении списка и географии группы в регионе. Кроме приведенных в данной статье видов олигохет из водоемов Камчатки, нами обнаружен ряд форм, видовая принадлежность которых пока не установлена по причине отсутствия половозрелых особей или имеющих существенные морфологические отличия от уже известных видов.

FAUNA OF OLIGOCHAETA OF THE WATERBODIES OF KAMCHATKA UPDATED ON THE ANALYSIS FOR 2009, 2010 AND 2014

V.P. Semernoy[1], T.L. Vvedenskaya[2], A.V. Ulatov[2]

[1]Professor, Dr. Sc., Ярославский государственный университет им. Демидова
150000, Yaroslavl, Sovyetskaya Str., 14
Tel.: (4852) 72-82-56. E-mail: semernoy@yandex.ru
[2]Leading scientist, Ph. D.; senior scientist; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683003, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya Str., 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: Vvedenskaya.t.l@kamniro.ru, ulatov.a.v@kamniro.ru

OLIGOCHETES, ZOOBENTHOS, FAUNA, WATERBODIES, STREAMS, ABUNDANCE, DISTRIBUTION

Newly obtained data about species diversity and distribution of oligochètes on Kamchatka demonstrate the perspective to expanding the current list and the spatial boundaries of the fauna in the region. Aside from several species of oligochetes identified during the work we also revealed several representatives of the taxon, which were impossible to identify as there were no mature animals found to analyze morphological differences from known local species.

Интерес к фауне малощетинковых червей водоемов Камчатки проявился уже в начале XX в. Первые сборы олигохет были сделаны в экспедиции Рябушинского в 1908–1909 гг. и переданы на определение замечательному немецкому специалисту В. Михаэльсену, открывшему к тому времени эндемичную фауну олигохет оз. Байкал. Результаты обработки переданного ему камчатского материала В. Михаэльсен опубликовал в 1929 г. (Michaelsen, 1929). Впервые для полуострова были указаны 12 видов олигохет, причем 2 из них были описаны как новые для науки. Но наиболее полные данные по олигохетам Камчатского региона мы находим в работах Н.Л. Сокольской (Сокольская, 1961, 1968, 1969, 1972, 1973). Итоги ее многолетних исследований были подведены в большой работе (Сокольская, 1983), на которую мы опираемся в нашем исследовании по идентификации видов, их географическому и экологическому распределению в водоемах Камчатки из сборов олигохет последних лет.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для данной статьи послужили 32 количественные пробы олигохет, из них 18 получены от В.В. Чебановой. Пробы представляли собой выборку олигохет из бентосных сборов на водоемах Камчатки.

Сборы зообентоса выполнялись по методике, принятой на Дальнем Востоке (Методические рекомендации.., 2003). Для отбора проб используются бентометр Леванидова с площадью рамки 0,0625–0,12 м^2, трубчатый дночерпатель Мордухай-Болтовского, а также дночерпатель Петерсена.

Для определения олигохет готовились временные глицериновые и тотальные препараты просветленных в ортоксилоле червей. Определение червей проводилось в основном по (Чекановская, 1962; Сокольская, 1983) и другим специальным источникам.

Предварительные сведения по данным сборам были опубликованы В.П. Семерным с соавторами в 2012 г. (Семерной и др., 2012).

Характеристика водных объектов

Озеро Центральное. Это холодноводное озеро (площадь 1,3 км^2), находится на плоском дне кальдеры (впадины) вулкана Узон на высоте 642 м над уровнем моря. В озеро впадают термальные ручьи и речки, несущие термофильную органику. Берега заболоченные. Глубина озера до 5 м, на дне слой ила, местами более 1 м. Олигохеты собраны в самом озере в 10 м от берега на глубине 0,8 м на илах (общая численность 7 тыс. экз./м^2).

Озеро Култучное расположено в г. Петропавловске-Камчатском. Длина его — 815 м, ширина — 283 м, глубина в озере достигает 6–7 м, толщина ила — 3 м (измерения 2009 г.). С Авачинской губой озеро сообщается протокой длиной 120, шириной 0,5–1,2 м. Вода из озера через дорогу протекает по арочному бетонированному кульверту. Ледовый покров на озере устанавливается в ноябре, распаление льда происходит в первых числах мая.

Озеро Нерпичье является самым большим водным объектом в пределах эстуария р. Камчатки. Длина озера (от вершины о. Чаячий до Верещагинской косы) равна 26 км, его наибольшая ширина достигает 20 км. Средняя и максимальная глубины оз. Нерпичьего равны 3,4 и 12 м соответственно, площадь водной поверхности составляет 428 км^2 (без учета площади островов), а объем водной чаши — 1477 млн м^3. Озеро соединяется с Камчатским заливом Озерновской протокой. В солевом режиме озера хорошо выражена сезонная изменчивость солености воды: минимальная соленость зафиксирована в начале лета, максимальная — в конце зимы (от 4 до 22‰ соответственно) (Горин, 2013).

Река Ича — крупнейшая нерестовая река на западном побережье п-ова Камчатка. Образуется при слиянии рек Кетачан и Копылье, ограничивающих Агинскую палеовулкано-тектоническую структуру. Протяженность реки составляет 233 км при площади водосбора 4530 км^2.

Река Копылье — наиболее крупный приток р. Ича. Имеет длину 43,5 км. Ширина русла — от 10 м до 40–50 м. Глубина реки колеблется от 0,2 до 1,2 м. В настоящее время подвергается загрязнению сточными водами, выносимыми с территории Агинского горно-обогатительного комбината (ГОК), расположенного в 13 км выше по руслу основного правобережного притока — р. Ага.

Река Ага — правый приток р. Копылье, бассейна р. Ича — типичный горный лососевый водоток с порожисто-водопадным руслом, характеризуется значительным уклоном и быстрым течением. Длина — 15 км, глубина 0,2–1,0 м, скорость течения 1,0–2,5 м/с, ширина: в верховьях — 0,6–0,8 м, в среднем течении — 3,4–5,7 м, в устье — 6,5 м. В верховьях водосборного бассейна р. Ага локализовано золотосеребряное месторождение «Агинское». В 1973–1994 гг. водоток подвергался воздействию геологоразведочных работ, с 2005 г. принимает сточные воды (с 2006 г. — аварийные сбросы) с Агинского ГОКа.

Река Шумная вытекает из оз. Центрального, длина 36 км, в верхнем течении на плоском дне кальдеры уклон меандрирующего русла небольшой, скорость течения 0,2–0,5 м/с.

Ручей Саматкин Ключ относится к широко распространенному на Камчатке типу высокопродуктивных водотоков — «лососевые ключи». Является левым притоком р. Шануч (бассейн р. Ича). Отличается «равнинным» характером, спокойным течением, чередованием перекатов и плесов, а также обилием высшей водной растительности. По всей длине ключа (4,7 км) ширина русла колеблется от 3 до 5 м, глубина — от 0,1 до 0,8 м. С 2003 г. подвергается техногенному воздействию при разработке Шануческого кобальто-медно-никелевого месторождения.

Ручей Кабан — малый (менее 10 км) лососевый водоток, впадает в бух. Раковую Авачинской губы. В нижнем течении протекает по территории г. Петропавловска-Камчатского. Гидрологический режим ручья с 1960-х гг. существенно нарушен. В 2011 г. проведены работы по очистке русла, кульверта и прибрежья от твердых бытовых отходов. До расчистки кульверт был почти полностью погребен мусором, и русло ручья перед ним представляло запруду с очень слабым течением. После проведения этих работ проточность водотока увеличилась, но состав гидробионтов в 2012 г. по сравнению с предыдущими годами изменился незначительно. Ухудшение экологического состояния ручья усугубляется снижением водно-

сти и, соответственно, его проточности в связи с забором воды на хозяйственно-бытовые нужды.

Ручей Бормотина (длина 13 км) стекает по склону действующего вулкана Центральный Семячик и впадает в Семячинский лиман Кроноцкого залива. Олигохеты собраны в 1,5 км от устья на равнинном участке русла. Скорость течения по сечению русла 0,2–0,5 м/с, дно песчано-гравийное, на плесах заиленное.

Ручей б/н в пос. Термальный (длина около 2,5 км) обследован по всему руслу. В среднем и нижнем течении ручей протекает по селитебной территории пос. Термальный, воды ручья сильно загрязнены несанкционированными сбросами сточных вод, русло захламлено бытовыми отходами. Ранее ручей являлся нерестовым для кижуча и гольца (мальмы). В настоящее время рыбохозяйственный статус существенно снижен.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на известное, уже значительное число видов олигохет из водоемов Камчатки (около 40), следует думать, что изученность группы в этом регионе еще недостаточна, т. к. специальных, целенаправленных сборов олигохет до сих пор не проводилось. Особенно это относится к сем. Naididae, сборы которых методически специфичны и требуют более сложной микротехнической обработки. Наши данные основаны на обработке выборок червей из макробентосных сборов, в которых вероятна утрата очень мелких, до 2 мм длины, наидид. Тем не менее, полученные нами данные существенно расширяют географию известных видов в уникальных водоемах Камчатки и показывают приуроченность ряда видов к загрязняемым водоемам.

Сем. Naididae Ehrenberg, 1828, Подсем. Naidinae Ehrenberg, 1828

Nais communis Piguet, 1906. Найден в нижнем течении руч. б/н в пос. Термальный. Вероятно, принесен из истока ручья. В обобщенную качественную пробу вид в числе десятков особей попал, вероятно, из прибрежных зарослей.

Здесь же найдено несколько тысяч особей *Tubifex tubifex* и *Limnodrilus hoffmeisteri*.

Ранее вид был известен из оз. Курильского и р. Тарховки (Сокольская, 1983; Timm, Vvedenskaya, 2006).

Обитает в водных объектах, от луж до родников.

Распространение: всесветное. В Восточной Сибири известен из Прибайкалья, Байкала и Забайкалья (Семерной, 2004).

Nais pardalis Piguet, 1906. Найден в нижнем течении руч. б/н в пос. Термальный. Ранее вид был известен из оз. Ушковского (Сокольская, 1969) и оз. Курильского (Timm, Vvedenskaya, 2006).

Обитает в реках и озерах на илах, заиленных песках, редко на растениях. Для сильно загрязненных вод, таких как ручей в пос. Термальный, не характерен. Поскольку находка единичная, можно предположить, что принесен из верхнего течения, откуда черви попали в пробу из прибрежных зарослей.

Общее распространение: Европа, Северная Африка, Восточная Сибирь (Семерной, 2004), Северная и Южная Америка (Тимм, 1987).

Chaetogaster diaphanus Gruithuisen, 1828. Найден в нижнем течении руч. б/н в пос. Термальный. Ранее вид был известен из оз. Кроноцкого, озерка в дельте р. Лиственничной; оз. Потатгытхын (Корякское нагорье) (Сокольская, 1983). Вид идентифицирован по характерным щетинкам второго сегмента, вырезке по спинному краю глотки, а также мощной и широкой глотке.

Наиболее характерен для зарослевой фауны озер и рек. Единичное нахождение вида в сильно загрязненном нижнем течении ручья можно объяснить взятием части пробы из рипали, считать случайным.

Распространение: Голарктика и Африка.

Chaetogaster diastrophus Gruithuisen, 1828. Найдено вместе с предыдущим видом несколько экземпляров в руч. б/н в пос. Термальный. Ранее был известен из оз. Курильского (Timm, Vvedenskaya, 2006). Мелкие черви (около 1 мм), глотка узкая, тело не прозрачное.

Обитает в перифитоне и на открытых грунтах в прибрежной зоне озер и рек. Нахождение в сильно загрязненных водах ручья в пос. Термальный не характерно для вида. Вероятно, он попал сюда из истоковых участков ручья.

Распространение почти всесветное (не известен для Австралии).

Uncinais uncinata Oersted, 1842. Найден в оз. Центральном, в 10 м от берега на глубине 0,8 м на илах (общая численность олигохет 7 тыс. экз./м^2, в том числе 700 экз./м^2 приходится на данный вид).

К настоящему времени вид известен на Камчатке в бассейне р. Хайрюзовой, в том числе р. Быстрой и бассейне р. Камчатки — оз. Широкое, оз. Азабачье; р. Тарховка; оз. Кроноцкое, заливы Узон и Кродакыг (Сокольская, 1983), оз. Курильское (Timm, Vvedenskaya, 2006).

Общее распространение: Европа, Северная часть Азии, Восточная Сибирь, в том числе оз. Байкал, Северная Америка (Тимм, 1987).

Подсем. Tubificinae Vejdovský, 1884

Rhyacodrilus coccineus Vejdovský, 1875, Найден в оз. Центральном, в самом озере в 10 м от берега на глубине 0,8 м на илах (из общей численности 7 тыс. экз./м^2, 60% приходится на данный вид), а также вблизи истока р. Шумной в 4 м от берега на глубине 0,6 м на песке с вулканическим шлаком (общая численность 13 тыс. экз./м^2, из них 50% составляет данный вид).

Вид достаточно широко распространен на Камчатке: озера Паланское, Белое, Харчинское, Собачье, Курарочное, Кенужен, Каменское, Азабачье, Солдатское с р. Солдатской, Начикинское с ключами, Толмачева, кальдера Узон (ручей в теплом болоте); известен на Корякском нагорье (оз. Потатгытхын) (Сокольская, 1983).

До 1968 г. на полуострове был известен *Rh. riabuschinskii* Michaelsen, 1929, описанный В. Михаэльсеном (Michaelsen, 1929) по признакам смещения и удвоения полового аппарата. Н.Л. Сокольская (Сокольская, 1968), изучив подобные явления у *Rh. coccineus* свела *Rh. riabuschinskii* в синоним этого вида.

Общее распространение: Европа, Северная часть Азии, Северная Америка, Забайкалье, антарктические острова, Австралия (Тимм, 1987).

Bothrioneurum vejdovskyanum Štolc, 1888. Найден в оз. Центральном и вытекающей из него р. Шумной. Черви собраны в 0,3–0,5 км от оз. Центрального. В этом месте ширина реки 12 м, максимальная глубина 0,7 м, дно гравийно-галечное с обильными водорослевыми обрастаниями (общая численность олигохет — 6 тыс. экз./м^2, распределяется поровну между данным видом и *Spirosperma apapillatus*).

Найден также в прибрежных зонах оз. Култучное. Доля его в сообществе олигохет составляет 19%.

Н.Л. Сокольская (1983) считает данный вид редким на Камчатке. Ранее вид был найден преимущественно в теплых водах: теплое болото в кальдере влк. Узон, Банные горячие ключи в верховье р. Быстрой; в озерах Кенужен и Начикинское. Наши находки существенно расширяют географию вида.

Вид хорошо идентифицируется по наличию головной поры и полостных телец.

Общее распространение вида: почти всесветное. География вида в Палеарктике постоянно расширяется. Причину этого следует видеть в возможности определения неполовозрелых червей по наиболее заметным признакам (наличие полостных телец и головной поры).

Ilyodrilus sp. (*templetoni*? juv). Найден в оз. Центральном, вблизи истока р. Шумной. Имелись неполовозрелые особи. Идентификация вида сделана по щетинковому аппарату: в отличие от *Ilyodriloides potatiensis* Sokolskaja, 1983, веерные щетинки спинных пучков имеют несколько тонких промежуточных зубчиков.

На Камчатке ранее найден в озерах Солдатское и Кроноцкое (Сокольская, 1983).

Общее распространение: голарктическое.

Limnodrilus udekemianus Claparède, 1862. Вид найден в оз. Центральном, в 10 м от берега.

Впервые указан для Камчатки Н.Л. Сокольской из оз. Гроб (бассейн р. Камчатки) в материалах 1954 г. (Сокольская, 1961), позже в оз. Азабачьем, оз. Начикинском и р. Дальней (Сокольская, 1983).

Общее распространение всесветное. Может встречаться вместе с *L. hoffmeisteri* в зонах загрязнения водоемов, достигая большой численности.

Limnodrilus hoffmeisteri Claparède, 1862. Найден впервые на территории полуострова в верхнем течении р. Ага. В составе олигохетного сообщества (*T. tubifex*, *Propappus arhynchotus*, *Mesenchytraeus* sp., *Fridericia* sp., *Haplotaxis gordioides*) составляет 3,8%.

Найден также в оз. Култучном. Доля вида в сообществе олигохет составляет 15,5%.

В нижнем течении ручья б/н в пос. Термальный имеет массовое развитие в условиях сильного загрязнения хозяйственно-бытовыми стоками. Значительная часть червей находилась на разных стадиях полового созревания.

Идентификация вида сделана по характеру щетинкового аппарата и началу хлорагогенной ткани с V сегмента. Половозрелых особей в материале не было.

Вид имеет практически всесветное распространение.

В связи с массовым развитием в местах загрязнения водоемов, вид стали относить к индикаторным полисапробным видам. В то же время, вид является обычным в зообентосе водоемов разного типа и вне каких-либо загрязнений. Замечено, что в противоположность *T. tubifex*, *L. hoffmeisteri* может развиваться в массе в зонах технического загрязнения, например в сточных водах целлюлозно-бумажных комбинатов.

Limnodrilus profundicola Verrill, 1871. Найден в нижнем течении руч. б/н в пос. Термальный, на участке сильного загрязнения хозяйственно-бытовыми стоками, в небольшом числе особей вместе с многочисленным *L. hoffmeister*. Под этим именем известен из оз. Курильского (Timm, Vvedenskaya, 2006).

Под именем *Limnodrilus helveticus* известен в водоемах разного типа на Камчатке: озера Каменское, Катланач, Азабачье, Кроноцкое; теплое болото в каль-

дере вулкана Узон; в реках Быстрая, Плотникова, кл. Большой, Курарочный и Корякском нагорье (оз. Потатгытхын) (Сокольская, 1983).

Обитает в озерах и реках, в том числе загрязненных (Тимм, 1987).

Общее распространение: Европа, Северная и Средняя Америка, северная половина Азии. В Восточной Сибири указан для оз. Байкал (Семерной, 2004).

Tubifex tubifex Müller, 1774. Вид найден в р. Ага вместе с предыдущим видом. Доля его в сообществе 15%. Другое местонахождение — руч. Кабан. Фауна беспозвоночных представлена преимущественно малощетинковыми червями, которые доминируют по численности и биомассе. Численность олигохет в 2009 г. составляла 1352 тыс. экз./м^2 (99,6% от общей численности зообентоса), в 2010 г. — 1066,7 тыс. экз./м^2 (93,0%), а биомасса, соответственно, 698,2 и 533,3 г/м^2 (99,5 и 93,2%). В сообществах доминирует данный вид, немногочисленны *Fridericia* sp. и *Lumbriculus variegates*; встречались также очень крупные экземпляры *Eiseniella tetraedra*. Последнее местонахождение вида — в центральной части оз. Култучного. Здесь он составляет до 100% на черных илах с запахом сероводорода. На мелководных участках этот вид обитает в сообществе с *Bothrioneurum vejdovskyanum*, *L. hoffmeisteri*, *Propappus arhynchotus* и *Mesenchytraeus* sp.

В руч. б/н в пос. Термальный, в нижнем течении при сильном загрязнении хозяйственно-бытовыми стоками, является доминирующим видом (70%) вместе с субдоминантным *L. hoffmeisteri* (20%).

Вид ранее на полуострове не отмечался. Как и предыдущий вид *T. tubifex*, характерен для загрязняемых участков водоемов. В отличие от *L. hoffmeisteri*, может в массе развиваться в условиях органического загрязнения, особенно хозфекального, молочного и бродильного производства.

Вид имеет всесветное распространение.

Spirosperma apapillatus Lastočkin et Sokolskaja, 1953. Вид найден в р. Шумной вместе с *B. vejdovskyanum*.

Вид довольно широко распространен на Камчатке: бассейне р. Камчатки; озерах Эульчинок, Двухюрточное, Харчинское, Ключевское, Собачье, Курарочное, Кенужен, Котланач, Азабачье, Солдатское с р. Солдатской (исток), Начикинское с ключами, Толмачева, кальдера Узон (ручей в теплом болоте); Банные горячие ключи в верховье р. Быстрой, оз. Малое Зуйковское, оз. Камбальное. Известен на Корякском нагорье (оз. Малое Култучное) (Сокольская, 1983). Общее распространение: Дальний Восток: бассейн Амура (среднее и нижнее течение, Приморский край, Камчатка, Корякское нагорье, о. Сахалин.

Tasserkidrilus sp. найден в оз. Нерпичьем. Олигохеты обитают в ближних к протоке районах с интенсивным и умеренным водообменом и глубинами от 1 до 5 м. В дальних более глубоких районах озера олигохет нет, поскольку там грунты содержат сероводород. Вид относительно немногочислен (1–9 тыс. экз./м^2) и обитает на заиленном песке и серых илах.

Второе местонахождение — руч. Бормотина. Плотность вида в сообществе 4 тыс. экз./м^2.

Форма ранее не указывалась для Камчатки. Особенностью ее является строение копулятивного отдела: отсутствие кольцевой складки в пениальной сумке, колбовидная форма пениса и широкий, более или менее конический пениальный чехлик. Вероятно, новый для науки вид, и описание его будет сделано в отдельной работе.

Сем. Propappidae Coates, 1986

Propappus arhynchotus Sokolskaja, 1983. Найден в р. Балхач, в верхней части бассейна р. Камчатки (Восточная Камчатка) в горных ручьях Буровой, Перевальный и Приточный, протекающих в диапазоне высот 600–800 м над уровнем моря. Ширина ручьев от 2 до 4 м, глубина 0,45 м, скорость течения по сечению русла от 0,5 до 0,9 м/с, дно валунно-галечное с обильными водорослевыми обрастаниями. Максимальная численность вида 11 тыс. экз./м^2.

В руч. без названия, протекающем через пос. Термальный, найден в среднем течении в количестве нескольких экз. среди массового *Mesenchytraeus* sp.

Найден также в р. Ага вместе с *L. hoffmeisteri* и *T. tubifex*. Доля вида в сообществе составляет 10,4–37,5%.

Вид известен на Камчатке в бассейне р. Хайрюзовой: ручьи; бассейн р. Камчатки: озера Ушковское и Азабачье, ключи на берегу оз. Ключевского; бассейн р. Жупанова, р. Дальняя, Карымай (ключевой приток р. Большой) (Сокольская, 1983); оз. Курильское, в прибрежье (Timm, Vvedenskaya, 2006).

Общее распространение: Камчатка, Приморье (Семерной, Сидоров, 2013; Timm, 1994).

Сем. Enchytraeidae Vejdovský, 1879

Mesenchytraeus sp. Найден вместе с предыдущим видом в р. Балхач. Максимальная численность — 1,3 тыс. экз./м^2.

Одно из местонахождений — руч. Бормотина. Максимальная численность — 1,0 тыс. экз./м^2.

В верхнем и среднем течении руч. б/н, протекающего через пос. Термальный — массовый вид, причем в среднем течении червей на порядок больше. В нижнем течении на сильно загрязненном участке встречается единично.

Найден также в верховье р. Ага, причем он доминирует в сообществе олигохет (от 41 до 84%).

Характерным морфологическим признаком вида является наличие в спинных пучках V–VII сегментов более крупных (толстых) щетинок.

Ранее известное местонахождение — бассейн р. Камчатки (р. Камчатка, озера Ушковское и Азабачье) (Сокольская, 1983); оз. Курильское — на глубинах меньше одного метра (Timm, Vvedenskaya, 2006).

Lumbricillus sp. сем. Enchytraeidae Vejdovský, 1879, род *Lumbricillus* Örsted, 1844. Найден в оз. Нерпичьем. Обитает только на песчаных мелководьях центральной части озера, здесь его численность постепенно снижается от 80–100 тыс. экз./м^2 в июне до 30 тыс. экз./м^2 в августе и 6–10 тыс. экз./м^2 в конце сентября. Последнее местонахождение вида — руч. Саматкин Ключ. Условная идентификация вида выполнена по характеру щетинкового аппарата.

Ранее, в материалах 1909 г. из оз. Курильского, был известен *L. kamtschatkanus* (Michaelsen, 1929). В материалах, обработанных Н.Л. Сокольской, не был обнаружен. Т. Тимм (Timm, 2005; Timm, Vvedenskaya, 2006) указывает для оз. Курильского *Lumbricillus pagenstecheri* Ratzel, 1869, обычный на разных глубинах озера, и *Lumbricillus arenarius* (Michaelsen, 1889), также встречающийся на разных глубинах, но менее часто. Найденная нами форма, вероятнее всего, относится к одному из этих видов.

Fridericia sp., сем. Enchytraeidae. Найден в руч. Кабан вместе с *T. tubifex* и *L. variegatus*. Вид идентифицирован по характерной форме пучков щетинок (парные внутренние щетинки меньше наружных). Возможно, это *F. callosa* Eisen, 1878, т. к. просматриваются трубчатый выводной отдел семяприемника и небольшие железки у сперматекальной поры. В оз. Курильском также найден *Fridericia* spp. (Timm, Vvedenskaya, 2006), но та ли эта форма или другая пока не ясно.

Найден также в верховье р. Ага, доля вида в сообществе олигохет составляет 2,8%. Черви обитают в сырой почве близко к урезу и в мусоре (детрите) по урезу воды.

Сем. Haplotaxidae Michaelsen, 1900

Haplotaxis gordioides Hartmann, 1821. Найден в р. Ага.

Другое местонахождение — руч. Саматкин Ключ (левый приток р. Шануч). В составе олигохет в среднем течении и в устье ручья вместе с *H. gordioides* встречены *P. arhynchotus*, *Lumbricillus* sp. и *Spirosperma* sp. В руч. б/н, протекающем через пос. Термальный, найдены 3 экз., неполовозрелые, но с типичным щетинковым аппаратом.

В руч. б/н, протекающем через пос. Термальный, найдено 4 экз. в среднем течении среди массового *Mesenchytraeus* sp.

Ранее известные местонахождения вида (Сокольская, 1983): бассейн р. Хайрюзовой, ручьи; бассейн р. Камчатки (озера Ушковское, Азабачье и Глубокое, Пономарская); кл. Карымайский, р. Плотникова и ее ключи Домашний и Лисий; реки Николка, Авача, Быстрая, Кирпичная, Дальняя, Гаваиха, Крутая; оз. Курильское. Населяет грунты разного типа, от каменистых в реках до илистых в озерах, и глубины от 0,2–0,4 м в реках и ключах до 60 м в озерах (оз. Курильское). В оз. Курильском в изобилии встречается на глубинах до 5 м (Timm, Vvedenskaya, 2006).

Общее распространение: Голарктика, Приморье (Семерной, Сидоров, 2013).

Сем. Lumbriculidae Vejdovský, 1884

Lumbriculus variegatus Müller, 1774. Найден в руч. Кабан вместе с *T. tubifex* и другими видами. В руч. б/н, протекающем через пос. Термальный, в нижнем течении найден в большом числе среди массового *T. tubifex* и многочисленного *L. hoffmeisteri*.

Впервые для Камчатки вид указан В. Михаэльсеном в 1929 г. (Michaelsen, 1929) из озер Большое (половозрелый экземпляр), Курсин, Глубокое и Курильское (неполовозрелые экземпляры). Н.Л. Сокольская указывает данный вид для рек Камчатка, Быстрая, Радуга, Тарховка и кл. Монастырского; в озерах Кенужен, Курсин, Глубокое, Начикинское, Курильское, Большое; все черви были неполовозрелыми. Особенностью биологии этого вида является преимущественное архитомическое размножение, половозрелые черви встречаются крайне редко (Сокольская, 1983). Вид обычен для прибрежных зон озер и зарастающей рипали рек, однако в оз. Курильском найден на глубинах 5–20 м (Timm, Vvedenskaya, 2006).

Общее распространение: Европа, Северная Азия, Восточная Сибирь (Забайкалье), где найдены половозрелые особи (Семерной, 1971); вероятно, завезен в Австралию и Южную Африку (Тимм, 1987).

Stylodrilus chukotensis Sokolskaja, 1975, сем. Lumbriculidae. Найден в оз. Центральном, вблизи истока р. Шумной в 4 м от берега на глубине 0,6 м на песке с вулканическим шлаком (при общей численности в 13 тыс. экз./м^2, 30% приходится на данный вид).

Вид известен с Корякского нагорья, р. Тололаевка, верховье; речка у с. Тиличики (Сокольская, 1969).

Styloscolex opisthothecus Sokolskaja, 1969. Найден вместе с предыдущим видом и *B.vejdovskyanum*, на выходе из оз. Центрального р. Шумной.

Ранее вид был найден в бассейнах рек Хайрюзовой и Камчатки, в реках Быстрая, Плотникова, Утка,

ключах Куев (бассейн р. Кихчик), Карымайский, Банные горячие ключи (бассейн р. Быстрой); озерах Азабачье, Кенужен, Солдатское. В оз. Курильском обитает на глубинах 1 до 20 м, но более многочислен на глубинах 5–20 м (Timm, Vvedenskaya, 2006).

Найден также в озерах Северной Аляски, по данным Ш. Холмквист (Сокольская, 1983).

Общее распространение: Камчатка, Северная Аляска.

Сем. Lumbricidae Johnston, 1865

Eiseniella tetraedra Savigny, 1826. Найден в руч. Кабан вместе с *T. tubifex* и *L. variegatus*. Идентификация вида основана на внешних признаках строения половой системы (мужские половые отверстия на XIII сегменте дорсально от брюшной пары щетинок, на хорошо выраженных железистых подушках (Чекановская, 1962).

Вид амфибиальный, встречается в сырых местах близко к урезу воды, на малых глубинах ручьев, в прибрежной зоне озер, по краям болот (Тимм, 1987).

Впервые отмечается на Камчатке. Общее распространение: Европа, Кавказ, Сибирь, Средняя Азия, Африка, Канада, США, Чили, Новая Зеландия (Тимм, 1987).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные новые данные по фауне и распространению видов олигохет на п-ове Камчатка показывают явную перспективу в расширении списка и географии группы в регионе. Кроме приведенных в данной статье видов олигохет из водоемов Камчатки, нами обнаружен ряд форм, видовая принадлежность которых пока не установлена по причине отсутствия половозрелых особей или имеющих существенные морфологические отличия от уже известных видов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность В.В. Чебановой, главному научному сотруднику ВНИРО, за предоставленный материал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Горин С.Л. 2013. Современные морфологические строение и гидрологический режим эстуария реки Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 31. С. 6–26.

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

Семерной В.П. 1971. О нахождении половозрелых *Lumbriculus variegates* (Müller, 1774) (Lumbriculidae, Oligochaeta) на территории СССР // Биология внутренних вод: информ. бюллетень Института биологии внутренних вод Академии наук СССР. Л. № 12. С. 31–32.

Семерной В.П. 2004. Олигохеты озера Байкал / СО РАН. Новосибирск: Наука. 528 с.

Семерной В.П., Введенская Т.Л., Улатов А.В. 2012. Новые данные по фауне Oligochaeta водоемов Камчатки / Экологические проблемы уникальных природных и антропогенных ландшафтов: мат-лы Всеросс. науч.-практич. конф. с междунар. участием (Ярославль, 9–10 ноября 2012 г.). Ярославль. С. 219–228.

Семерной В.П., Сидоров Д.А. 2013. Новые данные по фауне Oligochaeta из гипореи водотоков юга Приморского края // Амурский зоологический журнал. V. 3. С. 244–247.

Сокольская Н.Л. 1961. Материалы по фауне пресноводных малощетинковых червей Камчатки // Бюлл. МОИП, отд. биол. Т. 66 (1). С. 54–68.

Сокольская Н.Л. 1968. Случаи сдвига в положении половой системы у *Rhyacodrilus coccineus* (Vejdovský) и вопрос о существовании вида *Rhyacodrilus riabuschinskii* Michaelsen (Oligochaeta, Tubificidae) // Зоол. журнал. Т. 47. Вып. 2. С. 290–293.

Сокольская Н.Л. 1969. Новые виды семейства Lumbriculidae (Oligochaeta) Камчатки // Зоол. журнал. Т. 81. Вып. 3. С. 342–349.

Сокольская Н.Л. 1972. К фауне водных Oligochaeta Дальнего Востока СССР / Водные малощетинковые черви. М.: Наука. Тр. ВГБО АН СССР. Т. 17. С. 50–64.

Сокольская Н.Л. 1973. Новые виды Tubificidae с Камчатки и новые нахождения олигохет в водоемах полуострова // Бюлл. МОИП, отд. биол. Т. 78 (5). С. 54–66.

Сокольская Н.Л. 1983. Пресноводные малощетинковые черви (Oligochaeta) Камчатки и Корякского нагорья // Сб. тр. Зоол. музея. МГУ. Т. 20. С. 22–119.

Тимм Т. 1987. Малощетинковые черви (Oligochaeta) водоемов Северо-Запада СССР. Таллин: «Валгус». 299 с.

Чекановская О.В. 1962. Водные малощетинковые черви фауны СССР. М.-Л. 441 с.

Michaelsen W. 1929. Oligochaeten der Kamtschatka-Expedition 1908–1909 // Ежегодн. Зоол. Музея АН СССР. Т. 30. С. 315–329.

Timm T. 1994. Propappidae and aquatic Enchytraeidae (Oligochaeta) from the farthest southeast of Russia // Hydrobiologia. Vol. 278. P. 67–78.

Timm T. 2005. On the distribution and taxonomic limits of Lumbricillus pagenstecheri (Oligochaeta, Enchytraeidae) // Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Biology. Ecology. 54 (4). P. 292–301.

Timm T., Vvedenskaya T. 2006. Oligochaeta (Annelida) of Lake Kurilskoe, Kamchatka Peninsula // Species Diversity. 11. P. 225–244.

УДК 575.17:597.553.2 DOI 10.15853/978-5-902210-45-13

ГОЛЬЦЫ РОДА *SALVELINUS* ИЗ ОЗЕРА НАЧИКИНСКОГО (КАМЧАТКА) И ИХ ПОЛОЖЕНИЕ В ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ *S. ALPINUS – S. MALMA* COMPLEX

А.Л. Сенчукова[1], С.Д. Павлов[1], Е.В. Есин[2], Г.Н. Маркевич[2], Н.С. Мюге[3]

[1]Н. с., к. б. н.; доцент, к. б. н.; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119899, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12
Тел.: (495) 938-01-90. E-mail: a, serge_pavlov@mail.ru
[2]Ст. н. с., к. б. н.; н.с., к. б. н.; Кроноцкий государственный заповедник
684000, Камчатский край, Елизово, ул. Рябикова, д. 48
Тел.: (41531) 7-39-05. E-mail: esinevgeniy@yandex.ru, g-markevich@yandex.ru
[3]Зав. лаб., к. б. н., Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17
Тел.: (499) 264-93-87. E-mail: mugue@mail.ru

ОЗ. НАЧИКИНСКОЕ, ГОЛЬЦЫ, S. ALPINUS COMPLEX, S. MALMA COMPLEX, МИТОХОНДРИАЛЬНАЯ ДНК, ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ

Впервые определены нуклеотидные последовательности двух участков митохондриального генома (участка *D-loop* и гена *CytB*) у симпатрично обитающих гольцов рода *Salvelinus* из оз. Начикинского (Камчатка) и проведено сравнение с последовательностями мтДНК, имеющимися в GenBank. Уровень различий по двум участкам мтДНК у совместно обитающих популяций мальмы и озерного гольца оказался достаточно высоким (15–20 мутаций). Полученные результаты подтверждают существование в оз. Начикинском двух симпатрических форм гольца, принадлежащих к разным генетическим линиям, — арктического гольца (*S. alpinus* complex) и северной мальмы (*S. malma* complex).

CHARRS OF THE GENUS *SALVELINUS* FROM NACHIKINSKOE LAKE (KAMCHATKA PENINSULA) AND THEIR POSITION IN THE PHYLOGENETIC SYSTEM OF THE *S. ALPINUS – S. MALMA* COMPLEX

A.L. Senchukova[1], S.D. Pavlov[1], E.V. Esin[2], G.N. Markevich[2], N.S. Mugue[3]

[1]Researcher, Ph. D.; assistant professor, Ph. D.; Lomonosov Moscow State University
119899, Moscow, 1–12, Leninskie Gory
Tel.: (495) 938-01-90. E-mail: a, serge_pavlov@mail.ru
[2]Senior scientist, Ph. D.; researcher, Ph. D.; Kronotsky Reserve
684000, Russia, Kamchatka region, Yelizovo, 48, Ryabikova Street
Tel.: (41531) 7-39-05. E-mail: esinevgeniy@yandex.ru, g-markevich@yandex.ru
[3]Head of Lab., Ph. D., Russian Federal Research Institute of Fishery and Oceanography (VNIRO)
107140, Moscow, Verkhnyaya Krasnoselskaya, 17
Tel.: (499) 264-93-87. E-mail: mugue@mail.ru

NACHIKINSKOE LAKE, CHARRS, S. ALPINUS COMPLEX, S. MALMA COMPLEX, MITOCHONDRIAL DNA, GENETIC DIVERSITY

The nucleotide sequences of two regions of the mitochondrial genome (*D-loop* region and *Cyt b* gene) have been determined for the first time in sympatric charrs of the genus *Salvelinus* from Nachikinskoe Lake (Kamchatka Peninsula, Russia) and compared to mitochondrial DNA sequences deposited in GenBank. The level of nucleotide differences in the two regions of mitochondrial DNA in these two sympatric charrs was found to be rather high (15–20 mutations). These results confirm the presence of two sympatric forms of charr representing two genetic groups in Nachikinskoe Lake: Arctic charr (*Salvelinus alpinus* complex) and Dolly Varden (*S. malma* complex).

Впервые озерный голец из озера Начикинского был описан К.А. Савваитовой (Савваитова, 1976). Сравнение озерного гольца и озерно-речной формы мальмы из оз. Начикинского выявило наличие репродуктивной изоляции и сильной дивергенции между ними (Савваитова, Васильев, 1976; Савваитова, 1989). Молекулярно-генетическое исследование гольцов из оз. Начикинского (рестриктный анализ трех участков мтДНК) показало, что в озере обитают 2 вида гольцов: *Salvelinus malma* и *Salvelinus* sp. (озерный голец), последний филогенетически

близок к гольцу Таранца *S. taranetzi* и гольцу Крогиус *S. krogiusae* из камчатского оз. Дальнего (Олейник, Скурихина, 2007).

Для подтверждения этих данных и более точного филогенетического анализа нами определены нуклеотидные последовательности двух участков митохондриального генома (участка *D-loop* и гена *CytB*) у симпатрично обитающих начикинских гольцов и проведено сравнение с последовательностями мтДНК, имеющимися в GenBank.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал собран в 2012 году. В исследование были включены выборки гольцов из оз. Начикинского, представленные жилой озерной формой (в нашем исследовании рассматривается как *Salvelinus* sp., далее — озерный голец из оз. Начикинского, озерный начикинский голец) и озерно-ручьевой мальмой (аналог озерно-речной формы *Salvelinus malma* по Савваитовой (1989), далее — мальма из оз. Начикинского). Всего исследовали 24 экз. гольцов, по опубликованным ранее методикам (Сенчукова и др., 2015).

Для сравнительного анализа использовали данные из GenBank, где были представлены последовательности по гену *CytB* (Радченко, 2004; Радченко и др., 2006) и участку *D-loop* (Brunner et al., 2001; Yamamoto et al., 2006; Осинов, Мюге, 2008).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оцененные филогенетические отношения между исследуемыми группами гольцов представлены на рис. 1. Видно, что гольцы из озера Начикинского имеют две сильно отличающиеся (на 15 мутаций) группы гаплотипов. К первой относится мальма из оз. Начикинского (H1, H3, H4, H7, H8), принадлежащая к филогенетической линии северной мальмы. Ко второй группе (H10, H11) относится озерный голец из оз. Начикинского. Также в первую группу входит один озерный начикинский голец (H5), что, возможно, является результатом митохондриальной интрогрессии и говорит о неполной генетической изоляции и появлении гибридов между озерным гольцом и мальмой в данном водоеме.

Для выяснения филогенетических отношений гольцов из оз. Начикинского с другими представителями рода *Salvelinus*, мы сравнили полученные нуклеотидные последовательности участка *D-loop* и гена *CytB* отдельно с аналогичными данными по гольцам, имеющимися в GenBank.

При исследовании изменчивости гена *CytB* были выявлены две филогенетические линии гольцов комплекса *S. alpinus* – *S. malma* (Радченко, 2004). Первая — Колымско-Чукотская, состоящая из типов мтДНК озерного гольца Таранца Чукотки, боганидской (*Salvelinus boganidae*) и малоротой (*Salvelinus elgyticus*) палий оз. Эльгыгытгын, озерных гольцов бассейна р. Колымы. Вторая линия разделилась на две группы. Охотская группа включила северную мальму, нейву *S. neiva* и других озерных гольцов Охотоморья. В нее же вошел проходной голец Таранца, несущий мальмоидный митотип (по данным Радченко, 2004), возникший в результате интрогрессии мтДНК от мальмы к гольцу Таранца. Другая, Сибирская группа, включила гольца Дрягина, глубоководного гольца-«пучеглазку», боганидскую палию из оз. Лама, даватчана из оз. Фролиха, арктического гольца Финляндии.

При исследовании изменчивости контрольного региона мтДНК, в 2001 году было выявлено пять филогенетических линий гольцов (Brunner et al.,

Рис. 1. Сеть гаплотипов, объединенных участков *D-loop* и гена цитохрома *b* мтДНК гольцов рода *Salvelinus*, построенная методом максимальной парсимонии (программа TCS). Размер кружков и секторов пропорционален частоте встречаемости гаплотипов; H1–H11 — гаплотипы (Сенчукова и др., 2015). Обозначения выборок: ■ — 1 *Salvelinus* sp. (оз. Начикинское), ■ — 2 *Salvelinus malma* (оз. Начикинское), ■ — 3 *Salvelinus* sp. (оз. Копылье), ■ — 4 *Salvelinus malma* (ручей Нижнекошелевский)

2001). Арктическая (ARC), включающая гольца Таранца и эльгыгытгынских гольцов; Берингийская (BER), представленная северной мальмой; Сибирская (SIB), объединяющая популяции Таймыра и Забайкалья; Атлантическая (ATL), в которую входят гольцы Европы; Акадийская (ACD), включающая популяции Южного Квебека и Новой Англии.

Сопоставляя наши данные с данными, взятыми из GenBank, можно видеть, что мальма из оз. Начикинского относится к Охотской или Берингийской линии (рис. 2, 3). При этом озерный голец из оз. Начикинского относится к Колымско-Чукотской или Арктической линии (рис. 2, 3).

Сравнение полученных последовательностей мтДНК с данными, имеющимися в GenBank, показало, что по гену *CytB* длиной 1015 пар нуклеотидов озерный начикинский голец филогенетически близок к озерным гольцам из бассейна р. Колымы (602, 603, 604, 650, 660) и *S. taranetzi* (66) из озера в бассейне р. Выквынайваам (Чукотка), относящихся к Колымско-Чукотской линии (рис. 2). По участку *D-loop* мтДНК длиной 558 п.н. озерный начикинский голец наиболее близок к *S. a. erythrinus* (оз. Свэн, о-в Кинг-Вильям и оз. Амитук, о-в Корнуоллис (Канада)) (ARC4) и к гаплотипу ARC17 (оз. Галбрейт, Аляска), что позволяет отнести его к Арктической линии по классификации Бруннера с соавторами (рис. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, впервые показанное Савваитовой (Савваитова, 1976) и подтвержденное рестриктным анализом мтДНК (Олейник, Скурихина, 2007) существование в Начикинском озере двух симпатрично обитающих видов гольцов — *S. malma* и *S.* sp., подтверждено и нашим исследованием, включившим секвенирование участков митохондриального генома (*D-loop* и гена *CytB*).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы глубоко признательны директору ВНИРО М.К. Глубоковскому за организацию и поддержку лабораторных работ, коллективу лаборатории популяционной биологии ВНИРО за помощь и поддержку при работе с молекулярно-генетическими методами (в особенности Д.А. Зелениной, А.А. Волкову, А.Е. Барминцевой, М.Е. Толочковой).

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ, проекты 11-04-02056-а, 14-04-01437-а, 13-04-10186-к, 13-04-10152-к), РГНФ № 14-06-00726, грантом «Ведущие научные школы» (НШ-719.2012.4), а также РНФ № 14-50-00029 (частичная обработка материала).

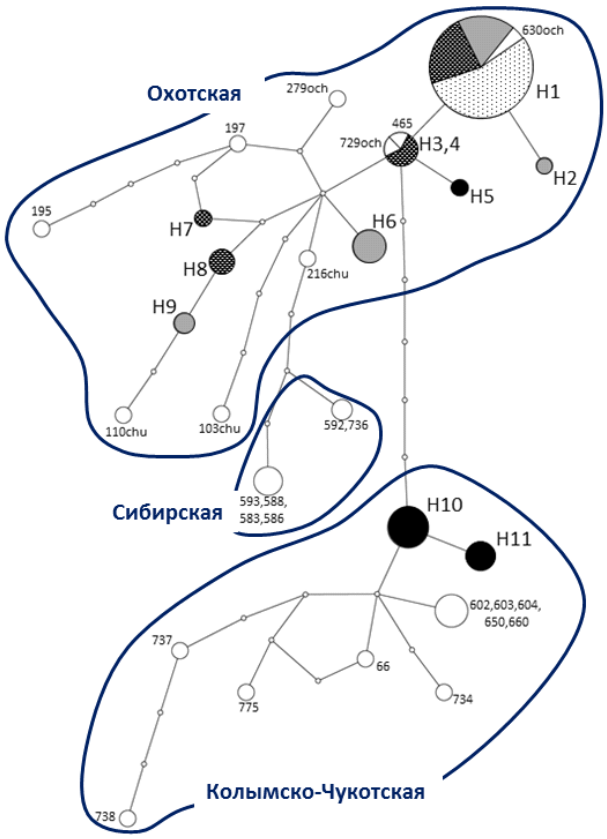


Рис. 2. Сеть гаплотипов гена цитохрома *b* гольцов рода *Salvelinus*, построенная с помощью программы TCS. Обозначения: 103chu, 110chu, 216chu, 630och, 279och, 729och, 465, 195, 197, 593, 588, 592, 736, 586, 583, 66, 737, 738, 734, 775, 602, 603, 604, 650, 660 — номера образцов по: Радченко, 2004; Радченко и др., 2006; ост. обозначения см. на рис. 1

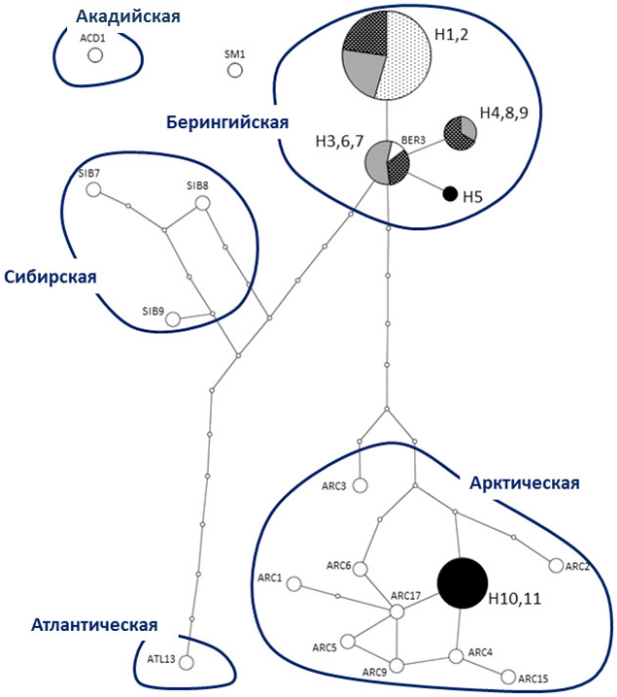


Рис. 3. Сеть гаплотипов участка *D-loop* гольцов рода *Salvelinus*, построенная с помощью программы TCS. Обозначения: ARC1, ARC2, ARC3, ARC4, ARC5, ARC6, ARC9, ARC15, ARC17, ATL13, SIB7, SIB8, SIB9, BER3, ACD1, SM1 — гаплотипы по: Brunner et al., 2001; Yamamoto et al., 2006; Осинов, Мюге, 2008; ост. обозначения см. на рис. 1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Олейник А.Г., Скурихина Л.А. 2007. Генетическая дивергенция симпатричных гольцов рода Salvelinus из озера Начикинское (Камчатка) // Генетика. Т. 43. № 8. С. 1097–1106.

Осинов А.Г., Мюге Н.С. 2008. Изменчивость контрольного района митохондриальной ДНК в популяциях южной формы мальмы (*Salvelinus malma krascheninnikovi*) Сахалина // Генетика. Т. 44. № 12. С. 1668–1676.

Радченко О.А. 2004. Изменчивость нуклеотидных последовательностей гена цитохрома *b* митохондриальной ДНК гольцов рода *Salvelinus* // Генетика. Т. 40. № 3. С. 322–333.

Радченко О.А., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. 2006. Анализ изменчивости гена цитохрома *b* у симпатричных гольцов Кроноцкого озера (Камчатская область) // Генетика. Т. 42. № 2. С. 233–243.

Савваитова К.А. 1976. Гольцы (род *Salvelinus*) озера Начикинского (Камчатка) и некоторые проблемы систематики озерных гольцов Голарктики // Вопросы ихтиологии. Вып. 2 (97). С. 274–282.

Савваитова К.А., Васильев В.П. 1976. О симпатрических популяциях у гольца рода *Salvelinus* (Salmoniformes, Salmonidae) из озера Начикинского (Камчатка) // Науч. докл. высш. шк. № 2. С. 80–87.

Савваитова К.А. 1989. Арктические гольцы. М.: Агропромиздат. 224 с.

Сенчукова А.Л., Павлов С.Д., Есин Е.В., Маркевич Г.Н., Мюге Н.С. 2015. Гольцы рода *Salvelinus* из озера Начикинское (Камчатка) и их положение в филогенетической системе *S. alpinus – S. malma* // *Вопросы ихтиологии.* Т. 55. № 1. С. 74–81.

Brunner P.C., Douglas M.R., Osinov A.G. et al. 2001. Holarctic phylogeography of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) inferred from mitochondrial DNA sequences // Evolution. V. 55. № 3. P. 573–586.

Yamamoto S., Kitano S., Maekawa K., Koizumi I., Morita K. 2006. Introgressive hybridization between Dolly Varden (*Salvelinus malma*) and white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) on Hokkaido Island, Japan // J. Fish Biol. V. 68. P. 68–85.

УДК 597. 553.2: 597-153 DOI 10.15853/978-5-902210-45-14

РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЗЕРА НАЛЫЧЕВО

Т.Л. Введенская[1], А.А. Бонк[2], Т.В. Бонк[3]

[1,3] Вед. н. с., к. б. н.; ст. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683003, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: Vvedenskaya.t.l@kamniro.ru, bonk.t.v@kamniro.ru
[2] Зав. кафедрой, к. б. н.; Камчатский государственный технический университет
683003, Петропавловск-Камчатский, Ключевская, 35
Тел., факс: (4152) 30-08-76. E-mail: bonk_aa@kamchatgtu.ru

ИХТИОЦЕНОЗ, ЗООБЕНТОС, ПЛАНКТОН, СПЕКТР ПИТАНИЯ, ИНДЕКСЫ НАПОЛНЕНИЯ ЖЕЛУДКА, ДЛИНА, МАССА, ПИЩЕВОЕ СХОДСТВО, КОНКУРЕНЦИЯ, ЛИТОРАЛЬ, МОРФА

Проведены гидробиологические исследования в литорали оз. Налычево в августе 2012 г. Состав зоопланктона представлен Copepoda (8 видов), Cladocera (8 видов), Rotifera (12 видов). Самыми массовыми среди них были *M. leucarti*, *B. longirostris* и *A. priodonta*. Ихтиофауна состояла из пяти видов — девятииглой и трехиглой колюшки, кижуча, мальмы и звездчатой камбалы, доля которых по численности соответствовала 71,6, 20,8, 7,5, 0,08 и 0,02%. В питании колюшек доминировали хирономиды (на разных стадиях метаморфоза), личинки плавунцов, биапертуры и детрит. Пищевые отношения носили конкурентный характер, а пищевое сходство изменялось в пределах 50,4–60,7%.

RESULTS OF HYDROBIOLOGICAL RESEARCHES OF NALYCHEVO LAKE

T.L. Vvedenskaya[1], A.A. Bonk[2], T.V. Bonk[3]

[1,3] Leading scientist, Ph. D.; senior scientist; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovask-Kamchatsky, Naberedzhnaya Str., 18
Tel.: (4152) 41-27-01. E-mail: Vvedenskaya.t.l@kamniro.ru, bonk.t.v@kamniro.ru
[2] Head of dep., Ph. D., Kamchatka State Technical University
683003, Petropavlovsk-Kamchatsky, Kluchevskaya Str., 35
Tel., fax: (4152) 30-08-76. E-mail: bonk_aa@kamchatgtu.ru

ICHTHYOCENOSIS, ZOOBENTHOS, PLANKTON, FOOD SPECTRUM, STOMACH FULLNESS INDEXES, LENGTH, WEIGHT, FOOD SIMILARITY, COMPETITION, LITTORAL ZONE, MORPH

Hydrobiological research was accomplished in the littoral zone of Nalychevo Lake in August of 2012. Zooplankton samples included Copepods (8 species), Cladocera (8 species) and Rotiferas (12 species). The most mass species were *M. leucarti*, *B. longirostris* and *A. priodonta*. The fish fauna consisted of five species, including ninespine and threespine sticklebacks, coho salmon, malma char and starry flounder in the abundance ratio 71.6, 20.8, 7.5, 0.08 and 0.02%. Chironomids at various stages of development, Dytiscidae, larval *Biapertura affinis* and detritus dominated in the diet of sticklebacks. Feeding interactions are competitive, food similarity varies within 50.4–60.7%.

На территории Камчатского края расположено более 112 тыс. озер общей площадью водной поверхности более 5880 км^2, что составляет 1,2% его площади. Наиболее распространенными являются озера лагунного и лиманного происхождения, суммарная площадь их водной поверхности составляет около 25% площади всех озер (Ресурсы.., 1973). Озеро Налычево по происхождению является аналогом оз. Жупановского (оз. Жупановский лиман представляет собой древнюю бухту, открывавшуюся в обширный залив, в который некогда впадала р. Жупанова), но более обособившимся от моря (Куренков, 2005), а по данным А.Г. Остроумова (1985), этот водоем относится к ледниково-фиордовым озерам. Озеро Налычево располагается в нижнем течении р. Налычева, на высоте 1,3 м над уровнем моря. Площадь водного зеркала — 13,2 км^2, общая площадь водосбора — 64,0 км^2, максимальная глубина — около 4,0 м (Ресурсы.., 1966). Несмотря на обособленность оз. Налычево, но из-за близкого расположения и низкой высоты над уровнем моря, некоторые исключительно мощные волны

цунами могут, вероятно, в какой-то мере захлестывать и частично осолонять его. Так, 5 ноября 1952 г. высота волны цунами в районе озера достигала 4,5 м (Пийп, 2006).

Это озеро является нерестово-выростным водоемом тихоокеанских лососей и других видов рыб. По данным В.Ф. Бугаева и В.Е. Кириченко (2008), ихтиоценоз в озере состоит из тихоокеанской миноги, дальневосточной ручьевой миноги, малоротой корюшки, тихоокеанской зубастой корюшки, горбуши, кеты, кижуча, нерки, чавычи, гольцов (мальмы, кунджи), колюшек (трех- и девятииглой), звездчатой камбалы. Обитание микижи, игловидной лисички и плоскоголовой широколобки требует уточнения. Нерест лососей проходит в озере и притоках. В некоторые притоки, кроме нерки, заходят кета и кижуч (численность каждого вида может достигать 1 тыс. шт.) (Остроумов, 1985). По авианаблюдениям А.В. Маслова, в современный период в притоках оз. Налычево встречаются нерка, кета, горбуша, кижуч и даже единично чавыча. В отдельные годы в бассейн оз. Налычево заходило до 20–40 тыс. шт. нерки (Бугаев, Кириченко, 2008).

В 1995 г. в Камчатском крае появился еще один природный парк — особо охраняемой природной территории (ООПТ) — «Налычево», включенный в 1996 г. в список Всемирного природного наследия. Природный парк создан в целях охраны и рационального использования лечебно-оздоровительных и рекреационных ресурсов Юго-Восточной Камчатки, на территории которой расположено оз. Налычево.

В настоящее время в бассейне оз. Налычево расположены рыбопромысловые участки, где осуществляется спортивно-любительское рыболовство, сотрудниками КамчатНИРО ведется лов тихоокеанских лососей для научных целей, это место интенсивно посещается разными туристами — «организационными» и «дикарями». В 2009, 2011–2012 гг. здесь проводилась учебно-производственная практика студентов Технологического факультета Камчатского государственного технического университета (КГТУ).

Настоящая работа является начальным этапом изучения экосистемы бассейна оз. Налычево и посвящена исследованию зоопланктона и ихтиоценоза в литоральной зоне озера, видовому разнообразию рыб и пищевых взаимоотношений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В августе 2012 г. проведены ихтиологическая и планктонная съемки в литоральной зоне по всему озеру. Схема расположения станций представлена на рисунке 1.

Ихтиологическая съемка. При отлове рыб использовали вентерь и мальковый невод длиной 10 м, с ячеей в крыльях 6, в кутке — 3 мм. Весь улов фикси-

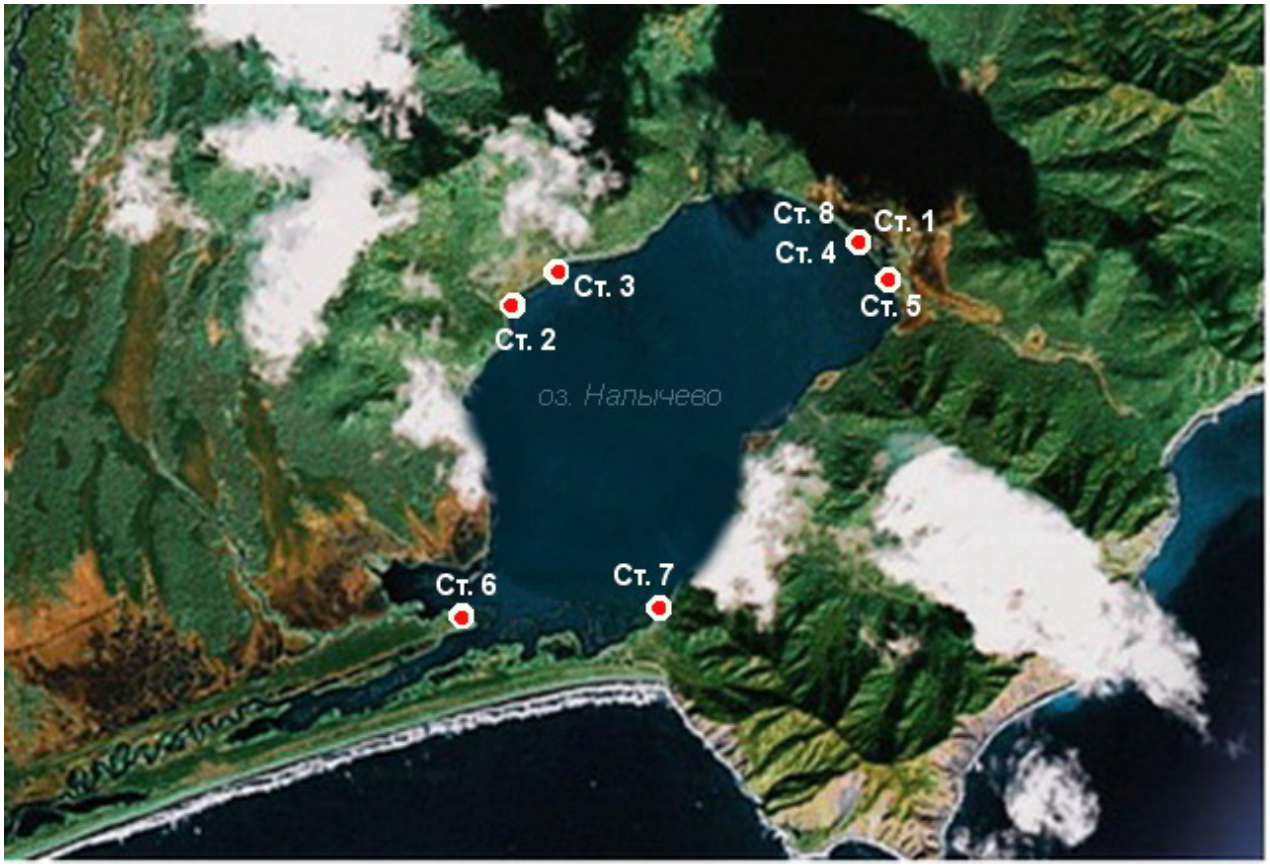


Рис. 1. Расположение станций в литоральной зоне оз. Налычево

ровали 4%-м раствором формалина. Дальнейшая обработка материала проведена в лаборатории КГТУ, на кафедре водных биоресурсов при совместном участии преподавателей и студентов. Выполнен неполный биологический анализ: рыб взвешивали и измеряли длину по Смитту (Правдин, 1966). У молоди кижуча определяли пол и возраст, у мальмы — пол, у колюшек — морфу (жилая — leiurus, проходная — trachurus). В таблице 1 представлены видовой состав и количество отловленных рыб на каждой станции.

Таблица 1. Видовой состав и количество рыб (экз.) в литоральной зоне оз. Налычево

Вид	Станция							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Gasterosteus aculeatus, leiurus	299	83	95	172	415	7	10	92
Gasterosteus aculeatus, trachurus	1	0	0	2	0	3	0	0
Pungitius pungitius	629	209	497	1153	362	641	0	257
Oncorhynhus kisutch	18	13	4	7	40	9	299	1
Salvelinus malma	0	0	0	0	0	0	4	0
Platichthys stellatus	0	1	0	0	0	0	0	0
Всего, экз.	964	310	595	1336	817	660	14	350

Если проба была многочисленна, то промеряли и взвешивали по 100 экз. каждого вида, а если малочисленна, тогда анализировали всех рыб.

При исследовании содержимого желудков руководствовались общепринятыми методиками (Методическое пособие.., 1974; Руководство.., 1961). На каждой станции анализу подвергали по 40 экз. трех- и девятииглой колюшек, у кижуча на ст. 7 — 40 экз., на остальных станциях — всех рыб. Анализировали содержимое только желудка.

Расчеты по питанию проводили от общего числа анализируемых рыб, интенсивность питания оценивали по индексам наполнения желудка (ИНЖ, ‰) и количеству пустых желудков. При сравнении пищевых спектров рыб и оценке степени пищевого сходства (СП) использовали метод Шорыгина (1952).

Планктонная съемка. Пробы отбирали способом зачерпывания воды ведром и процеживанием ее через сеть Джеди. Всего было обработано 12 проб. Для определения видового состава использовали определители: раковинные амебы — Ю.А. Мазей, А.Н. Цыганов (2006); коловратки — Л.А. Кутикова (1970, 1994); раки — определители по низшим ракообразным (Определитель пресноводных беспозвоночных.., 1995; Определитель зоопланктона.., 2010; Смирнов, 1971).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как отмечали предыдущие исследователи (Бугаев, Кириченко, 2008; Остроумов, 1985), озеро характеризуется значительными площадями мелководий, а вкупе со слабой проточностью это позволяет водным массам быстро прогреваться в летний период. Так, в период наших наблюдений в прибрежной зоне, на глубине 0,5 м, среднесуточная температура воды изменялась от 14,2 до 22,9 °С, а на глубине 0,8 м — от 13,8 до 21,9 °С.

Мелководность озера и повышенный температурный режим вод делают его пригодным для произрастания высшей водной растительности. А.С. Николаев в ходе обследования озера осенью 1994 г. предпринял попытку картографирования распределения водной растительности, но определить таксономическую принадлежность не смог. Наши же наблюдения показали, что в западной и юго-западной частях озера имеются значительные заросли водных растений. Более или менее свободным является исток р. Озерной. В остальной части водоема прибрежная зона до глубин 1–1,5 м лишена какой-либо растительности, и только глубже начинает появляться растительность, которая распространяется на всю глубинную часть озера.

Основу зарослей в западной части озера составляет горец земноводный (амурский) — *Polygonium amphibium*. Данный вид способен хорошо расти, а при высыхании водоема образует наземную форму. Подобное явление отмечено и для оз. Налычево. К августу уровень озера может понижаться более чем на 1 м, в результате прибрежные участки осыхают, и на них разрастается наземная форма гореца.

Основу зарослей в углубленной части озера составляет элодея канадская — *Elodea canadensis*, встречается рдест, по-видимому, гребешковый *Potamogeton pectinatus*, и горец. По нашим оценкам, эти заросли могут занимать 87% дна озера, а плавающая растительность — до 18%. Дно озеро представляет собой галечно-песчаный, а местами и илистый грунт. В прибрежной части дно покрыто створками раковин двустворчатых моллюсков *Beringiana beringiana*. Этот моллюск хорошо себя чувствует во всех районах озер, но предпочитает песчано-илистый, каменистый, иногда невязкий ил. В наших исследованиях *B. beringiana* встречались на различных типах грунта. На галечном грунте их количество варьировало от 20 до 30 особей, на песчано-илистом — от 33 до 50, а на илистом — от 50 до 80 особей на площади в 10 м^2 (Кириленко и др., 2010).

Просмотр планктонных сборов показал, что качественный состав зоопланктонных организмов достаточно разнообразен и представлен литоральными видами: Copepoda — 8, Cladocera — 8, Rotifera — 12. Наряду с типично мейобентическими циклопами,

присутствовал теплолюбивый вид *Mesocyclops leucarti,* в мелководных озерах достаточно обычный представитель (Куренков, 2005). Также были найдены раковинные амебы, ракушковые раки, моллюски (табл. 2).

Анализ количественных данных показал, что *M. leucarti* доминировал в данный период по всей акватории озера. Популяция была представлена науплиусами (37%) и рачками I–IV копеподитных стадий (59%). Численность половозрелых циклопов составила всего 4%. Другим массовым видом в озере являлась *B. longirostris* — эвритермный и эврибионтный вид, и хотя считается литоральной формой, во многих глубоких камчатских озерах (Дальнее, Паланское, Илир-Гытхы, Потат-Гытхын) является представителем пелагического зоопланктона. Популяция состояла в основном из половозрелых яйценосных раков (плодовитость которых составляла 1 яйцо на самку), самцов обнаружить не удалось. Были отмечены эфиппии *B. longirostris*. Численность рачка в водоеме варьировала по станциям в пределах 13–32% от общего количества раков.

Таблица 2. Видовой состав гидробионтов литорального планктона оз. Налычево

Группы и виды гидробионтов
Testacea
Centropyxis aculeate
Difflugia sp.
Rotifera
Asplanchna priodonta
Bipalpus hudsoni
Keratella cochlearis
K. quadrata
K. irregularis
Kellicottia longispina
Polyarthra dolichoptera
P. remata Skorikov
Synchaeta sp.
Conochilus unicornis
Trichocerca (s. str.) *capucina*
Euchlanis delitata
Ploesoma truncatum
Cladocera
Bosmina (B.) longirostris, s. lato
Alona affinis
Alona intermedia
Alona quadrangularis
Alona sp.
Pseudochydorus globosus
Leptodora kindtii
Sida crystallina ortiva
Simocephalus sibiricus
Copepoda
Cyclopoida:
Acantocyclops robustus
Mesocyclops leucarti
Eucyclops denticulaus
Ergasilus wilsoni
Harpacticoida:
Neomrazekiella nordenskjöldi nordenskjöldi
Echinocamptus echinatus
Mesochra rapiens
Moraria duthiei
Ostracoda
Limnocythere sp.
Mollusca
Gastropoda
Lymnaea sp.
Anisus sp.
Bivalvia
Beringiana beringiana

В составе сообщества Rotifera по численности доминировала *A. priodonta*. Высокая плотность ее в озере в августе наблюдалась на ст. 4 и достигала 190 тыс. экз./м^3, остальные коловратки отличались очень низкой численностью по всему водоему.

Среди водорослей были отмечены диатомовые родов *Surirella, Fragilaria, Gomfonema* и нитчатые родов *Spirogyra* и *Cladophora,* являющихся пищевыми объектами для разных организмов, например, гомфонема для моллюсков и личинок насекомых, спирогира для водоплавающих птиц, кладофора для рыб.

Состав ихтиоценоза представлен пятью видами рыб (табл. 1). На станциях 1, 3–6 и ст. 8 встречались три вида — молодь кижуча, колюшки трех- и девятииглая, на ст. 7 два вида — трехиглая колюшка и мальма, на ст. 2 четыре вида — кижуч, колюшки трех- и девятииглая и звездчатая камбала. Наиболее многочисленными (за исключением ст. 7) были девятииглые колюшки (доля в улове 44,3–97,1%), затем по мере убывания численности шли трехиглые колюшки (1,5–50,8%) и кижуч (0,3–5,8%).

Анализ данных о размерно-массовых характеристиках молоди кижуча показал, что на станциях 2–5 длина колебалась в пределах от 41 до 105 мм, при этом средние значения изменялись от 54,6 до 63,8 мм, масса тела — от 10 до 153 мг, а средняя — в пределах 23,8–38,0 (табл. 3). На станциях 1, 6 и 7 показатели были несколько выше — длина колебалась в пределах 61–212 мм (средние значения от 80,4 до 94,1), масса, соответственно, 32,1–413,2 и 66,4–115,9 мг. Среди проанализированных особей отмечены 4 возрастные группы от 0+ до 3+, значительное количество рыб (68,3%) имело возраст 1+, доля сеголеток (0+) и возрастной группы 2+ составляла по 15,6% и только одна особь имела возраст 3+ (0,6%).

Колюшки на Камчатке представлены тремя морфами — жилой (leiurus), проходной (trachurus) и переходной (semiarmatus). Девятииглые колюшки встречаются исключительно жилой морфы, трехиглые — жилой и проходной и очень редко переходной. В оз. Налычево популяция трехиглой колюшки образована в основном жилой морфой и лишь 0,5% — проходной.

Размерно-массовые показатели колюшек даны в таблице 3. Трехиглая колюшка жилой морфы с максимальной длиной, равной 72 мм, встретилась на ст. 7, а девятииглая длиной 57 мм — на ст. 5. Средние размеры колюшек в уловах колебались у трехиглой колюшки в пределах 41,0–62,2 мм, девятииглой — 37,0–46,4 мм.

Трехиглые колюшки проходной морфы в уловах имели следующие размерно-массовые характеристики: длина — максимальная 90 мм, минимальная 78 мм, средняя 84,2 мм; масса — максимальная 5,8 г, минимальная 4,4 г, средняя 5,0 г.

Питание колюшек исследовано на станциях 1–6 (табл. 4, 5). Состав пищевых компонентов в их рационе довольно разнообразный и представлен гидробионтами, обитающими на дне и в толще воды. Наибольшую долю в пищевом комке составляли хирономиды на стадии личинки и куколки, жуки-плавунцы и рачки *Biapertura affinis*, второстепенное значение имели брюхоногие и двустворчатые моллюски, бокоплавы и прочие ветвистоусые.

Пищевые отношения между трех- и девятииглой колюшками на исследованных участках литорали озера имели конкурентный характер, их пищевое сход-

Таблица 3. Размерно-массовые показатели молоди кижуча, трех- и девятииглой колюшек

Показатель	Вид	Станция							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Длина, мм	Кижуч	72–133 / 88,8	51–64 / 56,8	47–68 / 56	48–63 / 54,6	41–105 / 63,8	71–91 / 80,4	61–212 / 94,1	–
Масса, мг		50,2–288,9 / 93,5	17,5–35,8 / 25,3	13–46 / 25,0	15,6–33,5 / 23,8	10–153 / 38,0	42,3–98 / 66,4	32,1–413,2 / 115,9	–
Длина, мм	Трехиглая колюшка	30–64 / 46,6	29–61 / 42,0	29–68 / 45,0	25–64 / 44,0	28–64 / 41,4	20–63 / 41,06	53–72 / 62,2	30–67 / 44,5
	Девятииглая колюшка	15–55 / 37,0	34–54 / 44,8	32–50 / 39,5	24–54 / 43,5	36–57 / 45,7	39–53 / 46,4	–	12–51 / 38,8
Масса, мг	Трехиглая колюшка	0,3–3,1 / 1,7	0,3–3,1 / 1,1	0,3–3,1 / 0,9	0,3–2,9 / 1,7	0,3–2,1 / 0,9	0,4–2,4 / 1,5	–	–
	Девятииглая колюшка	0,05–1,3 / 0,8	0,4–1,3 / 0,8	0,7–1,3 / 0,4	0,2–1,4 / 0,7	0,5–1,4 / 0,8	0,5–1,6 / 0,8	–	–

Примечание: в числителе — колебания, в знаменателе — средняя

Таблица 4. Интенсивность питания трех- и девятииглой колюшек в августе 2012 г.

Показатель	Станция					
	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	Ст. 6
	Трехиглая колюшка					
ИНЖ $_{мах.}$ ‰	28,1–370,0	43,7–80,9	20,0–87,5	57,4–110,0	62,0–79,6	11,5–100,0
ИНЖ $_{ср.}$ ‰	14,7	22,0	20,7	22,0	22,8	23,9
Пустые желудки, %	23	8	23	26	0	43
	Девятииглая колюшка					
ИНЖ $_{мах.}$ ‰	4,5–43,8	13,6–42,9	25,0–43,8	17,9–50,0	19,2–150,0	11,1–45,0
ИНЖ $_{ср.}$ ‰	7,1	14,7	12,0	20,0	32,0	4,6
Пустые желудки, %	56	12	21	4	27	57

Таблица 5. Состав пищи у трех- (1) и девятииглой колюшек оз. Налычево, % от массы пищевого комка

Компонент	Станция											
	Ст. 1		Ст. 2		Ст. 3		Ст. 4		Ст. 5		Ст. 6	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Chironomidae l.	0,8	4,6	2,0	13,8	1,3	10,1	5,5	4,7	8,0	3,5	11,8	9,9
Chironomidae p.	51,2	48,0	54,4	38,6	34,0	28,7	55,0	34,4	32,9	11,5	36,0	35,0
Chironomidae i.	0,0	0,0	14,0	0,0	13,0	0,0	6,3	0,0	0,4	0,0	4,0	0,0
Trichoptera l.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0
Coleoptera l.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Dytiscidae l.	6,0	0,0	4,0	26,3	16,4	50,5	0,0	4,5	14,9	42,1	0,0	7,2
Insekta i.	0,0	0,0	8,1	0,0	4,1	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Mollusca (Gastropoda)	0,0	0,0	3,0	0,0	6,0	0,0	15,0	2,9	7,9	4,4	4,0	3,1
Mollusca (Bivalvia)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,6	2,9	0,0	35,5
Cyclops sp.	+	+	1,0	+	+	0,0	0,0	0,4	+	+	0,0	0,0
Harpacticidae	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	1,6	4,1	8,9	0,0	4,6
Biapertura affinis	0,0	3,6	0,8	1,0	0,0	4,3	11,0	31,8	13,6	21,5	6,.6	2,8
Cladocera прочие	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ostracoda	0,0	2,3	0,5	2,9	0,1	0,6	0,9	0,3	2,0	1,0	1,4	0,0
Amphipoda	13,0	0,0	3,0	0,0	14,0	1,9	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hydracarina	+	0,0	1,2	0,0	1,2	0,4	+	6,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Tardigrada	0,0	0,0	0,0	+	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	+	0,0	0,0
Nematoda	+	0,0	+	0,4	0,1	0,6	+	0,4	+	0,6	0,0	0,0
Polichaeta	0,0	+	0,0	+	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Детрит	29,0	0,8	8,0	4,5	9,8	2,7	4,7	4,0	15,0	3,6	30,0	1,9

Примечание: l. — личинки, p. — куколки, i. — имаго, + — менее 0,1%

ство было довольно высокое, величина СП на ст. 1 составляла 55,6, на ст. 2 — 50,4, на ст. 3 — 51,6, на ст. 4 — 57, 4, на ст. 5 — 60,7, на ст. 6 — 52,7%. Столь значительное пищевое сходство оказывало, видимо, влияние на величину потребления пищи колюшками; кроме того, можно предположить, что кормовая база колюшек в литоральной зоне озера была очень низкая. Интенсивность питания — индексы наполнения желудков и количество рыб с пустыми желудками трех- и девятииглой колюшек — показывают, что потребление пищи колюшками на всех участках литорали характеризовалось невысокими показателями (табл. 4). Средние индексы наполнения желудков пищей у трех- и девятииглой колюшек на всех станциях изменялись в пределах, соответственно, 14,7–23,9 и 4,6–32,0‰. Рыбы с пустыми желудками встречались на всех станциях, за исключением ст. 5, где все проанализированные трехиглые колюшки питались.

В питании проходной трехиглой колюшки основу пищи составляли хирономиды на разных стадиях метаморфоза (личинки, куколки, имаго), второстепенной пищей были ветвистоусые рачки *B. affinis*. Детрит находился в 40% исследуемых желудков. Индексы наполнения были очень низкими — 2,1–4,7‰, и из шести выловленных рыб у половины пища в желудках отсутствовала.

По питанию колюшек в водных объектах Камчатки имеется достаточно обширная информация. Так, исследования, проведенные в озерах Дальнее, Курильское, Азабачье, Большой Вилюй, Саранное, Култучное, р. Большая, показали, что трех- и девятииглая колюшки являются эврифагами, и величина потребления пищи характеризуется более высокими показателями, чем в оз. Налычево (Марковцев, 1972; Введенская, 1992; Введенская, Бугаев, 2010, 2011; Введенская, Травина, 2001; Введенская и др., 2013; Максименков, Токранов, 1994; Ярош и др., 2009; и др.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный гидробиологический мониторинг в оз. Налычево является начальным этапом исследования экосистемы озера. Зоопланктон в литорали озера состоит из Copepoda (8 видов), Cladocera (8 видов), Rotifera (12 видов). Самыми массовыми среди них были *M. leucarti*, *B. longirostris* и *A. priodonta*. В грунте обитали раковинные амебы (2 вида), ракушковые раки (1 вид) и моллюски (3 вида). Среди водорослей отмечены диатомовые и нитчатые водоросли.

Состав ихтиоценоза в литорали озера представлен пятью видами — девятииглой и трехиглой колюшками, кижучем, мальмой и звездчатой камбалой, доля которых в уловах по численности соответствовала 71,6, 20,8, 7,5, 0,08 и 0,02%.

Пищевой рацион колюшек состоял в основном из хирономид (на разных стадиях метаморфоза), личинок плавунцов, биапертур и детрита. Наполнение желудков было невысоким и в среднем составляло 14,7–23,9 у трехиглой и 4,6–32,0‰ у девятииглой колюшек. Рыбы с пустыми желудками встречались на всех станциях. Пищевые отношения у колюшек разных видов носили конкурентный характер, и пищевое сходство между ними было довольно высокое. Величина СП на ст. 1 составляла 55,6, на ст. 2 — 50,4, на ст. 3 — 51,6, на ст. 4 — 57, 4, на ст. 5 — 60,7, на ст. 6 — 52,7%.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражает глубокую благодарность Д.Д. Данилину, научному сотруднику КамчатНИРО, проводившему определение моллюсков до вида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев В.Ф., Кириченко В.Е. 2008. Нагульно-нерестовые озера азиатской нерки (включая некоторые другие водоемы ареала). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 280 с.

Введенская Т.Л. 1992. Питание и пищевые взаимоотношения рыб в литорали оз. Дальнего (Камчатка). М.: Автореф. дис. … канд. биол. наук. 24 с.

Введенская Т.Л., Бугаев В.Ф. 2010. К вопросу о питании трехиглой колюшки в литорали оз. Азабачьего (бассейн р. Камчатки) // Матер. XI Междунар. конф. Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилег. морей. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 244–253.

Введенская Т.Л., Бугаев В.Ф. 2011. Некоторые черты биологии трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* (leiurus) оз. Саранного на о. Беринга (Командорские острова) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Матер. XII Междунар. науч. конф. Петропавловск-Камчатский. Камчатпресс. С. 207–210.

Введенская Т.Л., Травина Т.Н. 2001. Роль донной фауны беспозвоночных озера Курильское в питании молоди нерки *Oncorhynchus nerka* // Вопросы ихтиологии. Т. 41. № 4. С. 73–80.

Введенская Т.Л., Улатов А.В., Бонк Т.В. 2013. Экологическое состояние озера Култучного (Восточная Камчатка) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Доклады XII–XIII международных научных конференций, 2011–2012 гг. Петропавловск-Камчатский: «Камчатпресс». С. 72–91.

Кириленко Е.В., Михайлов В.В., Бонк А.А., Белоусова И.Н. 2010. Некоторые данные о беззубке Беринга (*Beringiana beringiana*) оз. Налычево // Природно-ресурсный потенциал региона: современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 77–78.

Куренков И.И. 2005. Зоопланктон озер Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 178 с.

Кутикова Л.А. 1970. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Л.: Наука. 744 с.

Кутикова Л.А. 1994. Rotatoria. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 1. Низшие беспозвоночные. СПб.: Наука. 395 с.

Мазей Ю.А., Цыганов А.Н. 2006. Пресноводные раковинные амебы. М.: КМК. 290 с.

Максименков В.В., Токранов А.М. 1994. Питание девятииглой колюшки *Pungitius pungitius (Gasterosteidae)* в эстуарии и нижнем течении реки Большая (Западная Камчатка) // Вопросы ихтиологии. Т. 34. № 5. С. 697–702.
Марковцев В.Г. 1972. Питание и пищевые отношения молоди красной и трехиглой колюшки озера Дальнего // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 82. С. 227–235.
Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях 1974. М.: АН СССР. 252 с.
Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные. 1995. СПб.: Наука. Т. 2. 631 с.
Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон. 2010. Под ред. В.Р. Алексеева. СПб.: ЗИН. Тов-во науч. изд. Т. 1. 496 с.
Остроумов А.Г. 1985. Нерестовые озера Камчатки // Вопр. геогр. Камчатки. Вып. 9. Петропавловск-Камчатский. С. 47–56.
Пийп Б.И. 2006. Дневники вулканолога Бориса Пийпа. М., Петропавловск-Камчатский: ЛОГАТА. 160 с.
Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть. 375 с.
Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Камчатка. 1966. Л.: Гидрометеоиздат. Т. 20. 260 с.
Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Камчатка. 1973. Л.: Гидрометеоиздат. Т. 20. 260 с.
Руководство по изучению питания рыб в естественных условиях. 1961. М.: АН СССР. 263 с.
Смирнов Н.Н. 1971. Ракообразные. Chydoridae Фауны мира. Л.: Наука. 515 с.
Шорыгин А.А. 1952. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря. М.: Наука. 253 с.
Ярош Н.В., Травина Т.Н., Введенская Т.Л. 2009. Питание трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* (leiurus) в нижнем течении реки Большая // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Вып. 15. С. 94–102.

УДК 582.26+579.262 DOI 10.15853/978-5-902210-45-15

БАКТЕРИИ И ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ МАЛКИНСКИХ, НАЧИКИНСКИХ И ВЕРХНЕ-ПАРАТУНСКИХ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ (КАМЧАТКА, РОССИЯ)

Т.В. Никулина[1], Е.Г. Калитина[2], Е.А. Вах[3], Н.А. Харитонова[2]

[1]Ст. н. с., к. б. н.; Биолого-почвенный институт ДВО РАН
690022, Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159
Тел.: (423) 254 9745. E-mail: nikulina@biosoil.ru
[2]Ст. н. с., к. б. н.; зав. лаб., д. г.-м. н.; Дальневосточный геологический институт ДВО РАН
690022, Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159
Тел.: 8 914 793 7247, (423) 231 7601
E-mail: microbiol@mail.ru, tchenat@mail.ru
[3]Ст. н. с., к. г.-м. н., Дальневосточный федеральный университет
690950, Владивосток, ул. Суханова, 8
Тел.: 8 914 703 6265. E-mail: Adasea@mail.ru

МИКРООРГАНИЗМЫ, ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ, БАКТЕРИИ, ТЕРМАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ, КАМЧАТКА

Таксономический состав бактерий и диатомовых водорослей, а также структура сообществ микроорганизмов трех термальных источников Камчатки (Малкинских, Начикинских и Верхне-Паратунских) изучены в сентябре 2013 г. Результаты исследований показали, что количество бактерий в микробных матах значительно превышало их численность в термальных водах источников. Наибольшее количество микроорганизмов из различных эколого-трофических групп отмечено в Начикинских гидротермах. В термальных источниках и микробных матах преобладали бактерии рода *Bacillus*. В целом флора диатомовых водорослей горячих источников представлена 90 видами (94 таксонами внутривидового ранга) из 3 классов. В перифитонных сообществах комплексы доминирующих видов составляли диатомовые водоросли *Achnanthes exigua*, *Nitzschia amphibia, Planothidium lanceolatum*, *Rhopalodia acuminata*, *Caloneis bacillum* и *Cymbella* aff. *pusilla*.

BACTERIA AND DIATOMS OF MALKINSKIYE, NACHIKINSKIYE AND VERKHNE-PARATUNSKIYE HOT SPRINGS (KAMCHATKA, RUSSIA)

T.V. Nikulina[1], E.G. Kalitina[2], E.A. Vakh[3], N.A. Kharitonova[2]

[1]Senior scientist, Ph. D.; Institute of Biology and Soil Science, Russian Academy of Sciences, Far East Branch
690022, Vladivostok, 100-letiya Vladivostoka Avenue, 159
Tel.: (423) 254 9745. E-mail: nikulina@biosoil.ru
[2]Senior scientist, Ph. D.; head of lab., Dr. Sc.; Institute of Geology, Russian Academy of Sciences, Far East Branch
690022, Vladivostok, 100-letiya Vladivostoka Avenue, 159
Tel.: 8 914 793 7247, (423) 231 7601
E-mail: microbiol@mail.ru, tchenat@mail.ru
[3]Senior scientist, Ph. D.; Far Eastern Federal University
690950, Vladivostok, Sukhanova Str., 8
Tel.: 8 914 703 6265. E-mail: Adasea@mail.ru

MICROORGANISMS, DIATOMS, BACTERIA, HOT SPRINGS, KAMCHATKA

Taxonomic composition of diatoms and bacteria, as well as the structure of microbial communities of three hot springs (Malkinskiye, Nachikinskiye and Verkhne-Paratunskiye) of Kamchatka in September of 2013 were studied. The results of the study indicate that the number of bacteria in the microbial mats exceeded their number in the thermal waters of the hot springs. The highest taxonomic diversity of microorganisms in various eco-trophic groups was found in Nachinskiye hot springs. *Bacillus* gen. bacteria dominated in the hot springs and microbial mats. Diatom flora of the hot springs represented 90 species (94 infraspecific taxa) from 3 classes. The major complexes of diatoms in the periphyton communities consisted of *Achnanthes exigua*, *Nitzschia amphibia, Planothidium lanceolatum*, *Rhopalodia acuminata*, *Caloneis bacillum* and *Cymbella* aff. *pusilla*.

Камчатка — это уникальный район проявления современного вулканизма нашей планеты. Камчатские гидротермальные проявления характеризуются разнообразием значений температуры и pH, высокой минерализацией, повы-

шенным содержанием токсичных и тяжелых элементов, таких как кадмий, мышьяк, ртуть, железо и др. Термальные источники — экстремальные места обитания для живых организмов, проявляющих устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды. Исследование биоразнообразия и состава доминирующих видов микробных и альгологических сообществ, ассоциированных с высокотемпературными экологическими нишами, представляет научный и практический интерес, поскольку многие микроорганизмы, обитающие в условиях современной вулканической активности, аналогах древнейших биоценозов Земли, относятся к эволюционно древним ветвям бактерий, архей, цианопрокариот и водорослей.

Первые сведения о термальных источниках Камчатки известны из работ С.П. Крашенинникова и Ж.-Б. Лессепса за 1755 и 1779 гг. (по: Крашенинников, 1994; Мурадов, Рогатых, 2009). Начиная с конца восемнадцатого века, многие камчатские гидротермальные системы были детально исследованы и продолжают изучаться в настоящее время. За 250-летний период выявлены признаки их ювенильного питания, источники компонентов в гидротермальных растворах и процессы формирования химического состава, дана классификация термальных флюидов по особенностям их газового и ионно-солевого состава (Крашенников, 1994), выделены более семидесяти групп из семи структурных зон распределения гидротерм Камчатки, получены данные о химическом составе, среднем содержании, дебите и выносе компонентов вод источников различных структурных зон, проведены работы по картированию минеральных холодных и горячих источников, выходов и проявлений гидротерм Камчатского п-ова (Кононов, 1983; Трухин, 2003; Карта.., 2006).

Данные о бактериальной флоре минеральных источников Камчатки известны из работ А.А. Ефимова и М.В. Ефимовой (2007), А.В. Марданова с соавторами (2010), В.М. Гумерова с соавторами (2011) и др.

Альгофлора горячих источников Камчатки изучалась более 100 лет многими авторами (Schmidt, 1885; Gutwinski, 1891; Еленкин, 1914; Petersen, 1946; Никитина, 2001, 2005; Кузякина и др., 2005; Yoshitake et al., 2008; и др.). Результаты последних исследований диатомовых водорослей из горячих источников п-ова Камчатка описаны в работе японских и российских авторов (Yoshitake et al., 2008).

Цель нашего исследования — изучить особенности Верхне-Паратунских, Малкинских и Начикинских термальных источников: выявить химические компоненты (химический состав) вод, видовой состав микроорганизмов, комплексы доминирующих видов в сообществах бактерий и диатомовых водорослей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Пробы вод и водорослей перифитона были отобраны из Верхне-Паратунских, Малкинских и Начикинских термальных источников в сентябре 2013 г. При проведении полевых работ нестабильные показатели химического состава pH, NO_3, HCO_3, CO_2 и температура измерялись непосредственно на месте. Водные пробы фильтровались через целлюлозный фильтр, с размером пор 0,45 мкм, и собирались в пластиковые пробирки. Основные катионы и анионы определялись методом жидкостной ионной хроматографии (HPLC-10AVp, SHIMADZU). Пробы для анализа содержания в воде микрокомпонентов дополнительно консервировались путем добавления в них азотной кислоты, и их определение выполнено с помощью масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Agilent 7500c (Agilent Technologies, Inc., USA). Работы проведены аналитиками: М.Г. Блохиным и Е.В. Еловским. Все исследования выполнены в Приморском центре локального элементного и изотопного анализа ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток).

Пробы воды для микробиологического анализа были отобраны в стерильные стеклянные флаконы объемом 100 мл, в трех повторностях. Численность бактерий различных физиологических групп определяли методом предельных разведений и методом Коха. Наиболее вероятное количество эколого-трофических групп микроорганизмов оценивали методом предельных разведений с использованием элективных сред (Нетрусов и др., 2005). Учет численности и выделение аэробных бактерий, обладающих экзогенной гидролитической активностью, проводили путем высева суспензии на агар на среду Пфеннига следующего состава (г/л): NH_4Cl — 0,3; KH_2PO_4 — 0,3; $MgCl_2$ — 0,3; $CaCl_2$ — 0,3; дрожжевой экстракт — 0,5; агар — 20; раствор микроэлементов по Липперту, Витману — 1 мл. В качестве субстратов вносили (в %): для протеолитиков — молоко (1,5); для амилолитиков — крахмал (1,5); для целлюлолитиков — целлюлозу (1,5); для липолитиков — твин-80 (1,5), для сахаролитиков — глюкозу (1,5). Температура инкубации составляла для культур, выделенных из Малкинского источника — 65 °C, Верхне-Паратунского — 39 °C, Начикинского — 42 °C. Амилолитическую активность бактерий определяли по гидролитическому расщеплению крахмала под действием амилаз. На среду высевали суспензию термальной воды или микробного мата. Зоны гидролиза крахмала обнаруживали после обработки агаровой пластин-

ки раствором Люголя. Подсчитывали число колоний бактерий, способных к гидролизу крахмала.

Липолитическую активность бактерий определяли по гидролитическому расщеплению липидов под действием липаз. На среду высевали суспензию термальной воды или микробного мата. На наличие липаз указывало образование вокруг колоний непрозрачной зоны кальциевых солей жирных кислот, освобожденных из твина. Для лучшего выявления результата заливали поверхность чашки насыщенным раствором $CuSO_4$. Подсчитывали число колоний бактерий, имеющих зоны гидролиза, указывающие на активность липазы.

Микроорганизмы, обладающие протеолитической активностью, обнаруживали по зоне просветления среды вокруг колоний бактерий. Для лучшего проявления результата среду заливали 10%-м р-ром HCl. Подсчитывали число колоний микроорганизмов, образующих зоны просветления.

Численность бактерий, обладающих экзогенной сахаролитической активностью, определяли на твердой среде Пфенинга с добавкой глюкозы и индикатора бромкрезолового пурпурного. На среду высевали суспензию термальной воды или микробного мата. После культивирования вокруг колоний бактерий, обладающих сахаролитической активностью, появлялись желтые зоны в результате выделения кислоты. Подсчитывали численность колоний бактерий, образующих желтые зоны.

Определение численности целлюлолитических бактерий проводили на твердой среде Пфенига с добавкой 1,5% растворимой целлюлозы. На среду высевали суспензию термальной воды или микробного мата. После культивирования чашки заливали 0,1%-м раствором красителя Конго красного (3–4 мл) и выдерживали 15 мин. Краситель сливали, а чашки промывали несколько раз 8%-м раствором NaCl. Наличие светлых неокрашенных пятен в месте роста бактерий и вокруг них свидетельствует о продукции клетками внеклеточных целлюлолитических ферментов. Подсчитывали активные колонии бактерий.

Идентификацию бактерий проводили с помощью современных методов с использованием биохимических тест-систем API 20E, API 20A, API 50CH (BioMerieux, Франция), а также диагностических ключей определителя Берджи и с учетом характеристик термофильных бактерий в первоисточниках (Определитель.., 1997; Логинова и др., 1966).

Микробиологический анализ проводился в лаборатории гидрогеохимии и океанического литогенеза ДВГИ ДВО РАН.

Пробы водорослей перифитона отбирали по общепринятым методикам (Голлербах, Полянский, 1951) и фиксировали 4%-м раствором формальдегида. Для определения видовой принадлежности диатомовых водорослей готовили постоянные препараты методом прокаливания створок диатомей в перекиси водорода (Swift, 1967). При идентификации водорослей использовали световые микроскопы “Axioskop 40” (Zeiss, объективы 40×/0,65 и 100×/1,25 oil) и “Alphaphot-2 YS-2” (Nikon, объективы 40×/0,65 и 100×/1,25 oil). Видовая принадлежность диатомей определена согласно современным систематическим данным (Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, b; Hartley et al., 1996; Lange-Bertalot, Genkal, 1999; Krammer, 2000, 2002, 2003; Lange-Bertalot, 2001; и др.).

Частоту встречаемости видов водорослей определяли по шестибалльной шкале (Кордэ, 1956). При описании структуры альгосообществ выделяли преобладающие комплексы видов, к которым были отнесены доминанты — таксоны с частотой встречаемости 6 («масса») и субдоминанты с оценкой обилия 4 и 5 («часто» и «очень часто»). Все водоросли с частотой встречаемости от 1 («единично») до 3 («нередко») классифицированы как второстепенные виды. В случае отсутствия в водорослевом сообществе реального доминирования вида к доминантам относили таксоны, имеющие максимально высокую частоту встречаемости.

При составлении эколого-географической характеристики флоры водорослей использовали литературные данные об экологии и распространении водорослей: Sladeček, 1986; Van Dam et al., 1994; Bukhtiyarova, 1999; Баринова и др., 2006.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Верхне-Паратунские термальные источники находятся в долине р. Паратунки, в 2,5 км выше впадения в нее р. Карымшиной и в 16 км юго-западнее с. Паратунка, на левом склоне долины. Источники расположены в небольшом перегибе склона сопки Горячей, разделяющей долины этих рек, на высоте примерно 80 м. Горячие ключи, а их больше 16, образуют три параллельно текущих теплых ручья. В 70 м от источников ручья, имеющего довольно крутой уклон, находится теплый водопад. Малкинские термальные источники расположены в 5 км на восток от с. Малки, на левом берегу р. Ключовки (левый приток р. Быстрой). Долина реки имеет здесь ширину 0,4–0,5 км и с обеих сторон ограничена возвышенностями. На небольшой термальной площадке, покрытой галечником, расположено 6 групп грифонов, в которых термальная вода источников смешивается с холодной водой реки. Начикинские источники расположены в долине р. Плотниковой, в

1,5 км севернее пос. Начики (в 90 км от г. Петропавловска-Камчатского), у подножия г. Зеркальце Начикинское. Основная группа источников расположена на высокой террасе р. Плотниковой (правый берег) и охватывает площадь 200×75 м. Всего здесь имеется 2 крупных и около 60 мелких источников. Термальная площадка заболочена, покрыта водорослями и грязевыми образованиями.

Верхне-Паратунские термальные источники. В момент отбора проб температура воды в источниках — 39,5 °С, pH=8,25. Основные компоненты, формирующие химический облик воды: Cl — 45,5 мг/л; SO_4 — 212 мг/л; Na — 109 мг/л; Ca — 40,2 мг/л; Si — 105 мг/л; повышено содержание Li (151,6 мг/л), Zn (5,8 мг/л) и As (5,4 мг/л). Вода хлоридно-сульфатная кальциево-натриевая умеренно кремнистая (до 45 мг/л) с общей минерализацией около 1 г/л. Состав свободно выделяющегося газа на 97% состоит из азота.

Численность микроорганизмов (бактерий) в Верхне-Паратунских источниках варьировала от 0 до $7{,}8\times10^3$ кл/мл (вода), и от $1{,}8\times10^3$ до $1{,}2\times10^4$ кл/мл (микробный мат), при этом в микробиоценозе значительно преобладали гетеротрофные нитрификаторы, осуществляющие процессы окисления соединений азота до нитритов и нитратов, а также тионовые бактерии. По физиолого-биохимическим свойствам тионовые бактерии были близки к *Thiobacillus thiooxidans* (табл. 1). Тионовые бактерии в исследуемых источниках представлены короткими палочками длиной 1,0–3,0 мкм, одиночные. Идентификация выделенных штаммов бактерий показала: в Верхне-Паратунском источнике доминируют микроорганизмы рода *Thermus*, *Thiobacillus*, и *Bacillus*.

Обрастания камней представлены 50 видами и разновидностями диатомовых водорослей. В альгосообществах Верхне-Паратунских источников доминировали два вида — *Achnanthes exigua* Grunow и *Nitzschia amphibia* Grunow, имевшие максимально высокую оценку обилия — 6 («в массе»). Все остальные виды оказались второстепенными, их частота встречаемости оценена как 1–3 («единично»–«нередко»).

Малкинские источники. Температура воды 65,9 °С, pH=3,5, основные компоненты: Cl — 68,0 мг/л; HCO_3 — 202 мг/л; NO_3 — 188 мг/л; SO_4 — 82,7 мг/л; Na — 100 мг/л; повышено содержание Li (84,9 мг/л), Mn (13,2 мг/л) и Rb (27,8 мг/л). Воды источников гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные натриевые с общей минерализацией до 0,7 г/л. Состав газа азотный.

Результаты исследования показали, что численность бактериальных организмов различных физиологических групп в Малкинских горячих источниках была невысока и в среднем составляла в воде $1{,}2\times10^2$ кл/мл, в микробном мате $4{,}5\times10^2$ кл/мл, при этом и в воде, и в мате значительно преобладали копиотрофные и железоокисляющие бактерии. Выделенные термофильные бактерии были в основном представлены родами *Bacillus*, *Sulfolobus*, *Thiobacillus* (табл. 1).

Флора водорослей Малкинских источников отличается наиболее бедным видовым составом, представленным 23 внутривидовыми таксонами диатомей. Частота встречаемости водорослей — «единично»–«нередко», к числу преобладающих отнесены *Caloneis bacillum* (Grunow) Cleve, имевший оценку обилия 5 («очень часто»), и два вида *Cymbella* aff. *pusilla* Grunow и *A. exigua,* частота встречаемости которых не превышала 4 балла («часто»).

Начикинские источники. Температура воды около 42,5 °С, pH=7,91, основные компоненты: Cl — 120 мг/л; SO_4 — 323 мг/л; Na — 234 мг/л; повышено содержание Ca (20,5 мг/л) и Si (120 мг/л). Воды источников хлоридно-сульфатные натриевые с минерализацией 1,2 г/л. Состав газа азотный.

Количество бактерий различных физиологических групп в микробных матах Начикинских источников было значительно выше и в среднем составляло $3{,}7\times10^3$ кл/мл, при этом в составе сообщества значительно преобладали копиотрофные, осуществляющие разложение органических веществ, и бесцвет-

Таблица 1. Изменение численности физиологических групп микроорганизмов в термальных источниках Камчатки

Термальный источник	Численность микроорганизмов, кл/мл		Доминирующие виды
	вода	мат	
Малкинский	$\frac{0 – 2{,}5\times10^2}{1{,}2\times10^2}$ (копиотрофы)	$\frac{0 – 2{,}4\times10^3}{1{,}5\times10^2}$ (копиотрофы)	*Bacillus acidocaldarius* *Sulfolobus acidocaldarius* *Thiobacillus ferooxidans*
Верхне-Паратунский	$\frac{0 – 7{,}8\times10^3}{2{,}0\times10^2}$ (гетеротрофные нитрификаторы)	$\frac{1{,}8\times10^2 – 1{,}2\times10^4}{3{,}5\times10^2}$ (гетеротрофные нитрификаторы)	*Thermus thermophilus* *Thiobacillus thioxidans* *Bacillus caldolyticus*
Начикинский	–	$\frac{1{,}0\times10^2 – 3{,}6\times10^5}{3{,}7\times10^3}$ (копиотрофы)	*Thermus aquaticus* *Thermothrix thiopara* *Bacillus thermocatenulatus*

Примечание: в числителе указан диапазон значений, в знаменателе — средняя численность и преобладающая физиологическая группа; «–» — нет данных

ные серобактерии *Thermothrix thiopara*. В микробных матах Начикинских минеральных источников доминировали бактерии рода *Thermus*, *Thermothrix* и *Bacillus* (табл. 1).

Диатомовая флора Начикинских источников включает 72 вида, разновидности и формы водорослей. Комплекс преобладающих видов был представлен диатомеями *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot, *Rhopalodia acuminata* Krammer и *A. exigua*, имевшими частоту встречаемости 5 («очень часто») баллов.

Анализ состава бактериальной флоры обследованных гидротерм показал: на начальных этапах деструкции важную роль играют бактерии-гидролитики, разлагающие полимерные соединения. В Начикинских и Верхнепаратунских источниках в матах наиболее многочисленными являлись протеолитические и сахаролитические бактерии, численность которых составляла в среднем $1{,}0\times10^5$ КОЕ/мл. Количество целлюлолитиков варьировало от $1{,}0\times10^2$ до $1{,}0\times10^3$ КОЕ/мл, при этом максимальная численность отмечена в мате Начикинских источников. Число липолитиков в микробном мате Верхнепаратунских термальных вод достигало $0{,}5\times10^3$ КОЕ/мл. Наибольшая численность амилолитиков составляла $2{,}0\times10^3$ КОЕ/мл в источнике Малкинский.

Из проб воды и микробных матов изучаемых источников было выделено около 50 штаммов аэробных термофильных бактерий, обладающих экзогенной гидролитической активностью. На поверхности агаризованных сред бактерии-гидролитики формировали округлые колонии диаметром 2–4 мм желтых, оранжевых, розовых и кремовых оттенков, имеющие выпуклый профиль, ровные края и однородную структуру. Клетки преимущественно имели форму прямых палочек, как правило одиночных или в парах. Клетки имели размеры (2–2,3)×(9,3–16,6) мкм. Все выделенные штаммы являются термофилами с диапазоном роста от 37 до 75 °C и оптимумом 58–61 °C. Диапазон pH от 3,5 до 10,5, оптимум pH 7,0–8,5. Выделенные штаммы термофильных гидролитически активных бактерий перспективны для применения в сфере биотехнологии.

Диатомовая флора трех обследованных горячих источников представлена 90 видами (94 таксонами внутривидового ранга, включая номенклатурный тип вида) из 3 классов (табл. 2). Для альгофлоры Камчатки впервые указаны виды *Pinnularia isselana* Krammer, *P. rhomboelliptica* Krammer и *Rexlowea navicularis* Kociolek et Tomas.

Наиболее разнообразно представлен класс *Bacillariophyceae*, который включает 76 внутривидовых таксонов (80,8% общего числа найденных водорослей). В систематической структуре флоры к числу ведущих отнесены роды, представленные максимальным количеством видов и разновидностей: *Pinnularia* и *Nitzschia* — по 9 и *Amphora* — 7.

Анализ диатомовой флоры трех термальных источников Камчатки показал, что большинство найденных водорослей относится к обитателям бентосных и бентосно-планктонных видов (84,0 и 11,7% соответственно). Для 83 таксонов видового и внутривидового ранга имеются данные по отношению к солености (88,3% общего числа). Самая многочисленная группа — водоросли, индифферентные к изменению солености, их доля составляет 59,5%. Для 80 видов и разновидностей диатомей известны сведения по отношению к pH среды (85,1% от общего числа диатомей), среди них преобладают алкалифильные виды (47,8%). Географическое распространение известно для 86,2% от общего числа водорослей, доли широко распространенных или космополитных видов — 57,5%, бореальных — 19,1%, аркто-альпийских — 9,6%.

Показателями степени сапробности воды являются 75 таксонов, или 79,8% от общего их числа. Наиболее представлены олигосапробионты и бета-мезосапробионты — 31,9 и 29,8% соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что воды Верхне-Паратунских и Начикинских термальных источников по химическому составу и pH среды схожи между собой, а Малкинских — относятся к другому типу. Верхне-Паратунские источники содержали повышенные значения лития, цинка и мышьяка, в водах Малкинского источника было отмечено более высокое содержание лития, марганца и рубидия, в Начикинских источниках по количеству преобладали сульфаты, натрий, кальций и кремний. Минерализация термальных вод составляла 0,7 г/л (Малки), до 1 г/л (Верхне-Паратунские) и 1,2 г/л (На-

Таблица 2. Таксономический состав диатомовых водорослей Малкинских, Начикинских и Верхне-Паратунских термальных источников (Камчатка, Россия)

Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид	Вид, разновидность и форма	Процентное соотношение
Coscinodiscophyceae	2	2	2	4	4	4,3
Fragilariophyceae	1	2	9	12	14	14,9
Bacillariophyceae	8	17	28	74	76	80,8
Всего	11	21	39	90	94	100

чики). Во всех исследуемых термальных источниках и микробных матах отмечены бактерии и диатомовые водоросли. Численность бактерий различных эколого-трофических групп была в среднем наибольшей в Верхне-Паратунских термальных водах (вода) и Начикинских источниках (микробный мат), при этом в Малкинском и Начикинском источниках преобладали копиотрофные бактерии, в Верхне-Паратунском — гетеротрофные нитрификаторы. Среди микроорганизмов-гидролитиков в Малкинском источнике доминировали амилолитические бактерии, в Начикинских и Верхне-Паратунских водах — протеолитические и сахаролитические бактерии. В термальных источниках и микробных матах преобладали бактерии рода *Bacillus*. Флора диатомовых водорослей горячих источников представлена 94 видами, разновидностями и формами из классов Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae и Bacillariophyceae. Верхне-Паратунские и Начикинские термы характеризуются большим числом произрастающих в них диатомовых водорослей — 50 и 72 вида и разновидности соответственно, а в Малкинских источниках отмечено вегетирование наименьшего количества диатомей — 23 внутривидовых таксона. Вид *Achnanthes exigua* достигал обильного развития в альгосообществах всех источников, кроме него к числу преобладающих видов отнесены *Nitzschia amphibia, Planothidium lanceolatum*, *Rhopalodia acuminata*, *Caloneis bacillum* и *Cymbella* aff. *pusilla*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. Биоразнообразие водорослей — индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Русское издательство Piles Studio. 498 с.

Голлербах М.М., Полянский В.И. 1951. Общая часть. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Советская наука. Вып. 1. 200 с.

Гумеров В.М., Марданов А.В. Белецкий А.В., Бонч-Осмоловская Е.А., Равин Н.В. 2011. Молекулярный анализ биоразнообразия микроорганизмов в источнике Заварзина, кальдера Узон, Камчатка // Микробиология. Т. 80. С. 258–265.

Еленкин А.А. 1914. Пресноводные водоросли Камчатки / Камчатская экспедиция Федора Павловича Рябушинского. Ботанический отдел. Вып. II. Споровые растения Камчатки: 1) водоросли, 2) грибы. (Ред. А.А. Еленкина). М. 612 с.

Ефимов А.А., Ефимова М.В. 2007. Альгобактериальные сообщества плавающих матов Нижне-Паратунских горячих источников (Камчатка) // Современные проблемы науки и образования. № 6. С. 29–33.

Карта термоминеральных источников и геотермальных ресурсов Камчатки масштаба 1:1 500 000. 2006. (Ред. А.В. Кирюхин, Ю.Ф. Манухин.) Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН.

Кононов В.И. 1983. Геохимия термальных вод областей современного вулканизма. М.: Наука. 216 с.

Кордэ Н.В. 1956. Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ) // Жизнь пресных вод СССР. М., Л.: Изд-во АН СССР. Т. 4. Ч. 1. С. 383–413.

Крашенинников С.П. 1994. Описание земли Камчатки. СПб.: Наука; Петропавловск-Камчатский: Камшат. Т. 1. 438 с.

Кузякина Т.И., Ефимова М.В., Ефимов А.А. 2005. Биологическое разнообразие синезеленых водорослей альгобактериальных сообществ гидротерм Камчатки // Мат-лы VI науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 29–30 ноября 2005 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 49–51.

Логинова Л.Г., Головачева Р.С., Егорова Л.А. 1966. Жизнь микроорганизмов при высоких температурах. М.: Наука. 240 с.

Марданов А.В., Гумеров В.М., Белецкий А.В., Бонч-Осмоловская Е.А., Равин Н.В., Скрябин К.Г. 2010. Характеристика биоразнообразия термофильного микробного сообщества методом параллельного пиросеквенирования // Доклады Академии наук. Т. 432. С. 544–548.

Мурадов С.В., Рогатых С.В. 2009. История изучения термальных вод Камчатского края // Мат-лы Междунар. исторических XXVI Крашенинниковских чтений «Люди великого долга» (Петропавловск-Камчатский, 22–23 апреля 2009 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатская краевая научная библиотека им. С.П. Крашенинникова. С. 146–152.

Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М., Колотилова Н.Н., Котова И.Б., Семенова Е.В. и др. 2005. Практикум по микробиологии. (Под ред. А.И. Нетрусова.) М.: Издательский центр «Академия». 608 с.

Никитина В.Н. 2001. К флоре *Cyanophyta* термальных источников Камчатки / Мат-лы II науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 9–10 апреля 2001 г.). Петропавловск-Камчатский: Камшат. С. 73–75.

Никитина В.Н. 2005. Синезеленые водоросли (цианобактерии) природных термальных биотопов. СПб.: Изд-во СПб. ун-та. 110 с.

Определитель бактерий Берджи. 1997. (Под ред. Хоулта Дж., Крига Н., Снита П., Стейли Дж., Уильямса С.). М.: Мир. Т. 1. 432 с.

Трухин Ю.П. 2003. Геохимия современных геотермальных процессов и перспективные геотехнологии. М.: Наука, 376 с.

Bukhtiyarova L.N. 1999. Diatoms of Ukraine. Inland waters. Kyiv. 133 p.

Gutwinski R. 1891. Algarum e lacu Baykal et e Peninsula Kamtschatka clariss. prof. Dr. B. Dybowski anno 1877 reportatarum enumeratio et diatomacearum lacus Baykal cum iisdem tatricorum, italicorum atque franco-gallicorum lacuum comparatio // Nuova Not. S. 2. P. 1–27, 300–305, 357–466, 407–417.

Hartley B., Barber H.G., Carter J.R. 1996. An atlas of British diatoms. England: Biopress Ltd. 601 p.

Krammer K. 2000. The genus Pinnularia // Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. V. 1. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G. 703 p.

Krammer K. 2002. Cymbella // Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. V. 3. Ruggell: A.R.G. Ganter Verlag K.G. 584 p.

Krammer K. 2003. Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocymbella // Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. V. 4. Ruggell: A.R.G. Ganter Verlag K.G. 530 p.

Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae: Naviculaceae // Süβwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/1. Jena: Gustav Fischer Verlag. 860 S.

Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae // Süβwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/2. Stuttgart; New York: Gustav Fischer Verlag. 596 S.

Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Süβwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/3. Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verlag. 576 S.

Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gompho-

nema Gesamtliteraturverzeichnis // Süβwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/4. Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verlag. 437 S.
Lange-Bertalot H. 2001. Navicula sensu stricto, 10 Genera Separated from Navicula sensu stricto, Frustulia // Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. V. 1. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G. V. 2. 526 p.
Lange-Bertalot H., Genkal S. 1999. Diatoms from Siberia I. Islands in the Arctic Ocean (Yugorsky-Shar Strait) // Iconographia diatomologica: annotated diatom micrographs. Germany: A.R.G. Gantner Verlag K.G. V. 6. 304 p.
Petersen J.B. 1946. Algae collected by Eric Hultén on the Swedish Kamtschatka Expedition 1920-22, especially from hot springs // Det Kgl. Danske Vidensk. Selskab, Biol. Meddel. V. 20. N 1. 120 p.
Schmidt C. 1885. Hydrologische Untersuchungen. XLIV. Die Thermalwasser Kamtschatka's. St. Pétersbourg: Mémoire de l'Académie Impériale des Sciences. S. VII. T. XXXII. N18. 29 p.
Sládeček V. 1986. Diatoms as indicators of organic pollution // Hydrochim. hydrobiol. V. 14. N 5. P. 555–566.
Swift E. 1967. Cleaning diatoms frustules with ultraviolet radiation and peroxide // Phycologia. V. 6. N 2/3. P. 161–163.
Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands // Netherlands J. Aquat. Ecol. V. 1. N 28. P. 117–133.
Yoshitake S., Fukushima H., Lepskaya E.V. 2008. The diatom flora of some hot springs in Kamchatka, Russia // Proceedings of the 19 International Diatom Symposium. Bristol: Biopress Ltd. P. 151–168.

УДК 591.524.11; УДК 597. 553.2: 597-153 DOI 10.15853/978-5-902210-45-16

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГО-РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА БАССЕЙНА ОЗЕРА МИКИЖА (РЕКИ ПАРАТУНКА, КАМЧАТКА)

Т.Л. Введенская, А.В. Улатов

Вед. н. с., к. б. н.; ст. н. с.; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683003, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: Vvedenskaya.t.l@kamniro.ru

ИХТИОЦЕНОЗ, ЗООБЕНТОС, ЧИСЛЕННОСТЬ, БИОМАССА, ОЗЕРО, РУЧЕЙ, ИНДЕКС НАПОЛНЕНИЯ ЖЕЛУДКА, ПИЩЕВОЕ СХОДСТВО

Проведен эколого-рыбохозяйственный мониторинг в бассейне оз. Микижа, который в настоящее время интенсивно используется в рекреационных целях. В зообентосе ручья по количеству и массе доминировали хирономиды и олигохеты, в озере количественно преобладали хирономиды и олигохеты, по массе — моллюски. Соответственно, в среднем за период наблюдений численность бентоса в ручье была выше, чем в озере (30 и 14 тыс. экз./м^2), а биомасса — значительно ниже (6,7 и 47,1 г/м^2). Ихтиофауна состояла из кижуча, микижи, мальмы, малоротой корюшки, трех- и девятииглой колюшек, амурского сазана и серебряного карася. В августе кижуч в озере и ручье питался в основном имаго наземных насекомых, в желудках мальмы и микижи по массе преобладали личинки ручейников. Показатели накормленности этих трех видов невелики — в среднем от 69 до 186‰, а у колюшек и корюшки не превышали 58‰.

RESULTS OF ECOLOGICAL AND FISHERY MONITORING OF MIKIZHA LAKE (PARATUNKA RIVER, KAMCHATKA)

T.L. Vvedenskaya, A.V. Ulatov

Leading scientist, Ph. D.; senior scientist; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovask-Kamchatsky, Naberedzhnaya Str., 18
Tel.: (4152) 41-27-01. E-mail: Vvedenskaya.t.l@kamniro.ru

ICHTHYOCENOSIS, ZOOBENTHOS, ABUNDANCE, BIOMASS, LAKE, BROOK, INDEX OF FULLNESS, FOOD SIMILARITY

Ecological and fishery monitoring, extensively used now to regulate recreational pressure, has been provided for the Mikizha River basin. Chirinomids and olygochaetes dominated in zoobenthos of brook in number and weight, but in the lake zoobenthos they dominated in number and mollusks dominated in weight. Averagely for the observation period the abundance of the benthos in the brook was higher than in the lake (30 and 14 thousand/m^2 respectively), but the weight was visibly lower (6.7 *vs.* 47.1 g/m^2). The fish fauna consisted of coho salmon, mikizha, malma char, pond smelt, three- and ninespine sticklebacks, Amur and German carps. In August the diet of coho salmon in the brook and lake consisted of imago terrestrial insects, and larval caddis flies dominated in stomachs of mikizha and malma char. The content of stomach was not very high in three mentioned fish species (from 69 to 186‰ averagely), and in marine smelt and three- and ninespine sticklebacks it was just 58‰.

Внутренние водоемы Камчатки в подавляющем большинстве имеют рыбохозяйственное значение высшей категории, так как в них воспроизводятся ценные виды рыб (Приказ.., 2009). Преобладающая часть камчатских водотоков и водоемов — небольшие по размерам, но именно они формируют лососевые экосистемы (Ресурсы.., 1966). Река Паратунка и ее притоки являются местом нереста и воспроизводства тихоокеанских лососей. К настоящему времени рыбопродуктивность этой реки заметно снизилась и промышленный лов в ней не ведется, осуществляется только спортивное рыболовство. Столь резкое падение численности лососей обусловлено массовым и многолетним браконьерством, деградацией некоторых водотоков из-за загрязнения сточными водами, нарушения миграционных путей производителей лососей и ее молоди. Одним из притоков р. Паратунки является руч. Микижа, в среднем течении которого расположено одноименное озеро. Исследования в оз. Микижа ранее не проводились, имеются лишь неопубликованные фрагментарные сведения в отчетах Е.М. Крохина (1952) и экспедиции Камчатрыбвода (Отчет.., 1965).

В настоящее время оз. Микижа используется рыбаками-любителями, а в его водоохранной зоне базируются объекты рекреационного назначения — бассейн «Голубая лагуна» и водно-лыжный стадион — Вейк-парк «Микижа». В связи с этим берега озера, несмотря на периодические уборки мусора, захламлены твердыми бытовыми отходами.

Цель настоящей работы — охарактеризовать современное состояние сообществ зообентоса и ихтиофауны в бассейне оз. Микижа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В июле–сентябре 2014. г проведены 4 бентосные съемки руч. Микижа при впадении в озеро (ст. 1) и его прибрежных мелководий на юго-западе озера (ст. 2) (рис. 1). В августе на этих же станциях обследовали рыб.

Отбор проб бентоса проводили по стандартным методикам (Тиунова, 2003), используя бентометры площадью облова 0,0576 и 0,0625 м^2.

Рыб отлавливали мальковым неводом длиной 10 м, с ячеей в крыльях 6, в кутке — 3 мм. При исследовании содержимого желудков руководствовались общепринятыми методиками (Методическое пособие.., 1974). Индексы наполнения желудков (ИНЖ, ‰) рассчитаны по массе пищевого комка, средние значения ИНЖ рыб рассчитаны с учетом пустых желудков. Степень пищевого сходства различных видов рыб (СП) оценивали по методу Шорыгина (1952).

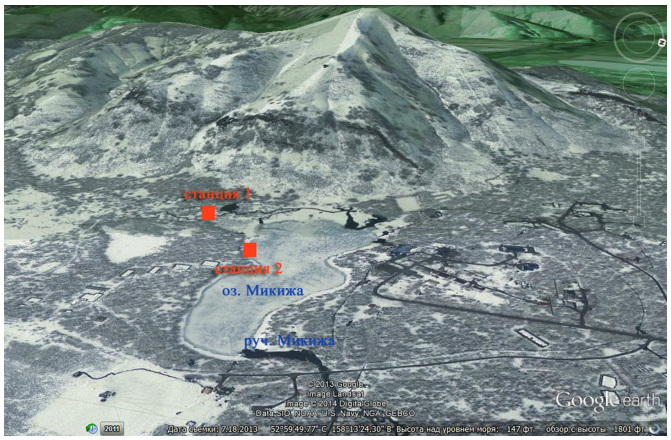


Рис. 1. Карта-схема бассейна оз. Микижа: ст. 1 — отбор проб в руч. Микижа; ст. 2 — отбор проб в оз. Микижа

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Озеро Микижа ледникового происхождения расположено в небольшой котловине у подножья соп. Микижинский Мыс. По данным КамчатНИРО, площадь водного зеркала озера составляет 0,12 км^2, объем воды — 164,1 тыс. м^3, средняя глубина — 1,36 м, максимальная — 2,5 м, длина береговой линии — 1740 м, высота н. у. м. — 207 м. Из-за малых глубин вода в озере в летний период прогревается до самого дна. Ручей Микижа берет начало в оз. Лесное, до впадения в оз. Микижа протяженность и уклон русла составляют 3,5 км и 8°, после выхода из озера — соответственно 5 км и 4°.

Питание озера и ручья смешанное: грунтовые воды и атмосферные осадки. В летний период прибрежные участки озера зарастают водной растительностью (в т. ч. хвощом, осокой, рдестом) и из-за слабой проточности и незначительной глубины на дне озера много илистых отложений, вода имеет буро-желтый цвет с характерным запахом тины. Ледостав происходит в ноябре–декабре, вскрытие — в апреле–мае. Средняя толщина льда в оз. Микижа — 0,4–0,7 м. Подъем уровня воды оз. Микижа в периоды половодья и паводков — 0,4–0,8 м. Величина стока за зимний период (ноябрь–март) составляет 19,8% годового объема (Ресурсы.., 1966). На участке русла ручья, где были проведены исследования, вода прозрачная, без запаха, бесцветная и приятная на вкус. Грунт состоит из песка, гальки и камней разных размеров. По берегам местами много иловых отложений и листового опада. Берега равнинные, поросшие ольхой, ивой и разнотравьем. Ширина русла 3–6 м, скорость течения 0,4 м/с. Отдельные участки водотока не замерзают всю зиму вследствие разгрузки в русле подземных вод.

В период проведения исследования температура воды в озере в конце июля – августе колебалась от 17,5 до 19,5, в ручье — от 9,0 до 11,5 °С, в конце сентября составляла соответственно 10,0 и 7,0 °С. Вода исследуемых водных объектов слабощелочная, в озере pH 8,5, в ручье — 8,0.

Бентофауна озера и ручья различается. В озере были обнаружены пиявки *Batracobdella paludosa* и *Protoclepsis*, sp., бокоплавы *Gammarus lacustris*, двустворчатые моллюски *Parasphaerium nitidum* и *Beringiana beringiana*, поденки *Caenis* sp., *Baetis vernus* и *Ephemerella aurivilli*, ручейники *Hydatophylax* sp., личинки мокрецов и жуков, веснянок *Suwallia* sp. В ручье встречались бабочницы *Berdeniella* sp., болотницы *Dicranota* (*D.*) *bimaculata*, долгоножки *Tipula* (*Arctotipula*) *salisetorum*, толкунчики *Chelifera* sp., поденки *Baetis* sp. и *Cinygmula* sp., ручейники *Onocosmoecus unicolor*, веснянки *Suwallia* sp. и *Taenionema japonicum*. Из беспозвоночных, определенных до вида, общими для ручья и озера были только поденки *Caenis* sp.

Озеро. В июле на мелководьях обнаружены пятнадцать групп донных беспозвоночных, в начале августа и сентябре — до девяти, причем в разные

даты встречаемость их существенно изменялась (табл. 1). В третьей декаде июля наиболее массовыми обитателями были хирономиды (51,7%), олигохеты (15,6%) и нематоды (8,4%), но в биомассе их доля в сумме составляла 9,7%. Малочисленные моллюски (2,0%) составляли в биомассе долю, равную 46,5%, и они были представлены молодью брюхоногих (масса одного экз. 0,5 мг) и взрослыми двустворчатыми — *B. beringiana* (масса одного экз. 27,2 мг). Самые многочисленные насекомые — хирономиды, составляли всего 6,8% по массе, тогда как на долю малочисленных поденок (5,8%) и ручейников (4,0%) приходилось, соответственно, 21,7 и 15,4%. Популяция поденок состояла из *Caenis* sp. и *Baetis vernus*, а ручейников — *Hydatophylax* sp. Общая численность и биомасса зообентоса соответствовала 24,1 тыс. экз./м^2 и 24,4 г/м^2.

В середине августа структура бентоса изменилась. Обследованные участки дна оказались заселенными многочисленными хирономидами (39,7%) и олигохетами (36,7%), но доля их в биомассе была значительно ниже, соответственно 14,3 и 9,4%. Возросло значение бокоплавов *G. lacustris* — относительная биомасса увеличилась в 12,3 раза, составив 7,4%. Наибольшую биомассу (39,9%) образовывали малочисленные (1,3%) двустворчатые моллюски *P. nitidum*, при средней массе одного экземпляра 42,0 мг. Среди прочих насекомых, значение которых в сообществе зообентоса ранее было довольно высоким, по-прежнему встречались личинки из отрядов поденок и ручейников, представленные взрослыми *Caenis* sp. и молодью *Hydatophylax* sp., но роль их в формировании биомассы заметно снизилась — в 1,7 раз у поденок (до 12,5%) и в 3,3 раза у ручейников (до 4,6%) при практически неизменной доле от общей численности. По сравнению с июлем численность и биомасса уменьшились незначительно — до 19,8 тыс. экз. /м^2 и 21,6 г/м^2.

Таблица 1. Состав и доля макрозообентоса в оз. Микижа в 2014 г.

Таксон	22 июля	12 августа	31 августа	30 сентября
	Численность, %			
Нематоды	8,4	1,0	5,0	1,4
Мермитиды	2,3	–	5,0	–
Олигохеты	15,6	36,8	30,2	43,5
Волосатики	2,9	6,0	7,5	0,7
Пиявки	0,9	1,5	10,1	0,7
Остракоды	2,9	–	–	–
Бокоплавы	1,2	2,8	–	–
Клещи	0,3	–	–	–
Моллюски	2,0	1,3	0,6	1,4
Хирономиды л.	51,7	39,8	32,8	45,2
Хирономиды к.	1,4	0,3	–	–
Мокрецы л.	0,3	0,7	7,5	1,4
Поденки л.	5,8	4,2	1,3	5,7
Ручейники л.	4,0	5,6	–	–
Жуки л.	0,3	–	–	–
	Биомасса, %			
Нематоды	0,2	<0,1	<0,1	<0,1
Мермитиды	1,4	–	0,2	–
Олигохеты	2,7	9,4	1,1	1,4
Волосатики	1,4	4,0	0,3	0,1
Пиявки	0,9	6,5	3,3	0,5
Остракоды	0,1	–	–	–
Бокоплавы	0,6	7,4	–	–
Клещи	<0,1	–	–	–
Моллюски	46,5	39,9	93,9	93,9
Хирономиды л.	6,8	14,3	1,0	2,1
Хирономиды к.	2,0	0,7	–	–
Мокрецы л.	0,2	0,7	0,2	0,1
Поденки л.	21,7	12,5	<0,1	1,9
Ручейники л.	15,4	4,6	–	–
Жуки л.	0,1	–	–	–

Примечание: л. — личинки, к. — куколки

В конце августа количественно преобладали также, как и в середине августа, две группы беспозвоночных — хирономиды (32,7%) и олигохеты (30,2%), кроме того, значительно возросла доля других животных — пиявок (10,1%), волосатиков (7,5%) и мокрецов (7,5%). В структуре биомассы также отмечены значительные изменения, связанные с резко возросшей относительной биомассой моллюсков, которая достигала 93,9%. Они были представлены одним видом, *B. beringiana*. Доля остальных представителей зообентоса изменялась в пределах 0,04–3,3%. Наибольшую долю среди них образовывали довольно крупные пиявки *B. paludosa*, массой от 4 до 5 мг. Численность всех обитателей бентали в это время была крайне низкой и составляла всего 2,8 тыс. экз./м^2, тогда как биомасса достигала 38,1 г/м^2. Высокая биомасса при столь низкой численности гидробионтов обусловлена обитанием на этих участках моллюсков — относительно малочисленных, но с большой массой.

В конце сентября состав зообентоса уменьшился до восьми таксонов. В зообентосе четко выделяются три группы беспозвоночных: две из них формировали структуру по численности — олигохеты (43,6%) и хирономиды (45,3%), а одна по биомассе — моллюски (93,9%). Последние представлены двумя видами — очень крупными по размерам *B. beringiana* (средняя масса одного экз. — 2700 мг) и менее крупными *P. nitidum* (средняя масса одного экз. 54 мг). Общая биомасса беспозвоночных за весь период исследований в это время достигала максимальной величины, равной 104,3 г/м^2, при относительно невысокой численности — 10,1 тыс. экз./м^2. Также как и в августе, наибольшую биомассу давали моллюски.

Ручьевые биотопы. В бентофауне ручья наиболее массовыми были хирономиды, олигохеты, волосатики, нематоды и веснянки (табл. 2).

В начале третьей декады июля преобладали хирономиды, составлявшие 81,6% общей численности и 68,1% биомассы донных беспозвоночных. Среди других представителей амфибиотических насекомых встречались реофилы, такие как поденки, ручейники и веснянки. Первые два отряда представлены были малочисленными взрослыми особями: поденки тремя видами — *Caenis* sp., *Baetis* sp., *Cinygmula* sp.; ручейники одним видом — *O. unicolor*. Доля этих насекомых от общей численности составляла, соответственно, 0,6 и 0,4%, тогда как биомасса их очень сильно различалась — поденкам принадлежало 3,0, а ручейникам — 11,0%. Столь значительные отличия обусловлены были их размерами. Популяция веснянок состояла только из многочисленной молоди *T. japonicum* (10,2%), и их доля от общей биомассы не превышала 7,1%, при средней массе одной личинки, равной 0,11 мг. Немногочисленными были личинки мошек (1,2% по численности, 7,7% по биомассе), среди которых встречались зрелые личинки и их молодь в соотношении 5:1. Мелкие по размерам популяции нематод и клещей характеризовались небольшой численностью и биомассой. Общая численность зообентоса равнялась 32,6 тыс. экз./м^2, а биомасса — 5,4 г/м^2.

Таблица 2. Состав и доля макрозообентоса в руч. Микижа в 2014 г.

Таксон	22 июля	12 августа	31 августа	30 сентября
		Численность, %		
Нематоды	0,2	–	14,2	4,1
Мермитиды	–	–	0,2	–
Олигохеты	–	51,7	31,4	4,7
Волосатики	–	–	27,2	<0,1
Остракоды	–	1,3	2,4	2,1
Клещи	5,1	0,7	–	2,1
Моллюски	–	0,2	–	–
Хирономиды л.	81,5	42,7	23,9	85,1
Хирономиды к.	0,8	0,1	0,5	–
Болотницы л.	–	–	–	0,2
Бабочницы л.	–	–	–	0,1
Долгоножки л.	–	–	–	<0,1
Мошки л.	1,2	0,1	–	0,1
Толкунчики л.	–	–	0,2	0,3
Веснянки л.	10,2	2,6	–	0,9
Поденки л.	0,6	0,4	–	0,3
Ручейники л.	0,4	–	–	–
Ручейники к.	–	0,2	–	–
		Биомасса, %		
Нематоды	0,1	–	0,4	0,2
Мермитиды	–	–	1,1	–
Олигохеты	–	60,3	24,4	9,5
Волосатики	–	–	57,5	0,1
Остракоды	–	0,1	0,2	0,3
Клещи	1,4	0,1	–	0,3
Моллюски	–	0,2	–	–
Хирономиды л.	68,2	21,3	15,0	50,9
Хирономиды к.	1,5	0,1	0,7	–
Болотницы л.	–	–	–	2,4
Бабочницы л.	–	–	–	0,9
Долгоножки л.	–	–	–	24,0
Мошки л.	7,7	0,1	–	<0,1
Толкунчики л.	–	–	0,7	1,0
Веснянки л.	7,1	4,0	–	3,3
Поденки л.	3,0	0,2	–	7,1
Ручейники л.	11,0	–	–	–
Ручейники к.	–	13,6	–	–

Примечание: как в таблице 1

В середине следующего месяца проба бентоса взята на том же участке реки, но не на стрежне, а ближе к берегу, на плесе, где грунт состоял из песка, различных по размерам камней, покрытых толстым слоем ила и листового опада. Состав и количественные показатели зообентоса существенно отличались от таковых на стрежне. Самыми многочисленными обитателями были малощетинковые черви, они преобладали здесь как по численности (51,7%), так и по биомассе (60,3%). Обилие этих организмов связано с очень благоприятными для них трофическими и температурными условиями (Монаков, 1998). Значение хирономид несколько снизилось, тем не менее, они по-прежнему играли существенную роль в формировании донного сообщества (42,7% по численности, 21,3% по биомассе). Условия обитания для других насекомых ухудшились, и это отразилось на их видовом составе и количественных характеристиках. Видовое разнообразие в популяции поденок уменьшилось до одного вида *Caenis* sp., против трех, а у веснянок, наоборот, возросло за счет появления *Suwallia* sp. Немногочисленные куколки ручейников (0,2%), но крупные по размерам, занимали значительную долю по биомассе (13,6%). Другими обитателями на этом биотопе были остракоды, клещи, молодь двустворчатых моллюсков, но значение их в формировании донного сообщества было незначительным. Общая численность и биомасса всех обитателей бентали в прибрежье характеризовалась более низкими показателями численности (26,1 тыс. экз./м^2) и более высокой биомассой (8,1 г/м^2).

В конце августа проба бентоса также, как и предыдущая, была отобрана в 1,5 м от берега. По-прежнему в донном сообществе доминировали черви — по численности (73,0%) и биомассе (83,4%). Помимо нематод, мермитид и олигохет, список червей пополнился волосатиками, которые ранее не встречались. Их доля от общей биомассы была самой высокой и составляла 57,5%. Заметные изменения произошли и в сообществе насекомых — они представлены были только двумя семействами: многочисленными комарами-хирономидами и немногочисленными мухами *Chelifera* sp. из семейства толкунчиков, их доля по численности и биомассе составляла, соответственно, 23,9, 0,2 и 15,0, 0,7%. Общая численность и биомасса всех обитателей прибрежья заметно понизились: численность — до 7,3 тыс. экз./м^2, био-

масса — до 2,4 г/м^2. Возможно, столь резкое снижение количественных показателей зообентоса обусловлено метаморфозом насекомых, а именно — их массовым вылетом.

Исследования зообентоса, проведенные в конце сентября, выявили следующие особенности. Во-первых, резко снизилась доля всех червей как по численности (до 8,8%), так и по биомассе (до 9,0%). Во-вторых, состав насекомых значительно расширился за счет бабочниц *Berdeniella* sp., болотниц *Dicranota* (*D.*) *bimaculata* и долгоножек *T.* (*Arctotipula*) *salisetorum*, и произошло увеличение количественных показателей некоторых представителей из них. Самыми массовыми обитателями бентали стали личинки хирономид (85,1%), они образовывали и наибольшую биомассу (50,9%). Численность прочих насекомых, представленных семью таксономическими группами, была очень низкой (1,9%) по сравнению с хирономидами, тогда как высокую долю по биомассе (24,0%) образовывали малочисленные (0,1%), но очень крупные по размерам личинки долгоножек *T.* (*Arctotipula*) *salisetorum* и личинки поденок (7,1%). Общая численность и биомасса всех обитателей бентали в это время достигала максимальных величин за весь период исследования — 56,1 тыс. экз./м^2 и 10,8 г/м^2. Изменения в составе и увеличение количественных показателей в сообществе донных беспозвоночных могут быть связаны с обильными дождями, которые прошли в начале сентября. Увеличившийся поток в ручье вынес иловые осадки и листовой опад вместе с червями, а очищенные таким образом биотопы заселились активными мигрантами — зрелыми формами личинок реофильных насекомых.

Кроме количественных сборов проб бентоса, были проведены качественные сборы, которые расширили состав бентосных животных. Обнаружены очень крупные по размерам личинки стрекоз из сем. Libellulidae, пиявки из рода *Protoclepsis*, малощетинковые черви из сем. Lumbriculidae. Встречены кладки моллюсков, по форме представляющие собой длинные ленты слизи овальной формы (70 мм), в которой без определенного порядка размещены яйца, покрытые толстой слизистой оболочкой. Кладки моллюсков были собраны в июле, и в слизистом матриксе содержались уже молодые брюхоногие моллюски численностью около 120 экз.

Ихтиофауна. В оз. Микижа в 1961 г. было выпущено 420 экз. карася *Carassius auratus gibelio.* Согласно данным экспедиции Камчатрыбвода, в 1965 г. нерест тихоокеанских лососей в оз. Микижа не отмечен и интродуцированный серебряный карась не обнаружен.

По данным А.Г. Остроумова (1998), при аэровизуальном обследовании бассейна оз. Микижа в 1980–1990-е годы отмечен нерест тихоокенских лососей — нерки, кеты и кижуча ранней и поздней рас. В отчете описано нерестовое значение для нерки: в озере — «нерестовые площадки размещаются по всей площади литорали через небольшие промежутки, или дна озера, при средней плотности заполнения нерестилищ производителями; в ручье — «частые нерестовые площадки, на каждой из которых размещаются по 2–10 штук лососей».

По результатам неводных обловов 2014 г., в ручье и озере состав ихтиоценоза представлен кижучем *Oncorhynchus kisutch*, микижей *Parasalmo mykiss*, мальмой *Salvelinus malma*, обыкновенной малоротой корюшкой *Hypomesus olidus*, трех- — *Gasterosteus aculeatus* — и девятииглой *Pungitius pungitius* колюшками (морфы leiurus), серебряным карасем *C. auratus gibelio* и амурским сазаном *Cyprinus carpio.* Вселение последнего в оз. Микижа произошло, видимо, стихийно, т. к. каких-либо документальных подтверждений о зарыблении этого водоема не найдено. Отловить амурского сазана не удалось, но есть видеосъемка за 22.07.2014. Визуально количество рыб в стайке составляло 5–6 экз., размеры которых были около 50–60 см.

Размерно-массовые характеристики рыб в неводных обловах приведены в таблице 3. Молодь кижуча в реке и озере по размерно-массовым показателям практически не различались, тогда как более крупные

Таблица 3. Размерно-массовые показатели рыб в бассейне оз. Микижа 12 июля 2014 г.

Вид	Ручей		Кол-во, экз.	Озеро		Кол-во, экз.
	Длина, см	Масса, г		Длина, см	Масса, г	
Кижуч*	8,4–11,4 / 9,8	7,7–19,7 / 13,7	5	8,7–10,0 / 9,5	9,8–14,2 / 11,8	5
Микижа	11,8–15,9 / 14,5	22,9–55,7 / 43,8	4	–	–	–
Мальма*	10,3–17,9 / 9,8	14,9–63,7 / 13,7	6	14,8–19,8 / 16,6	35,9–85,5 / 55,0	12
Корюшка малоротая	7,8–8,4 / 8,1	3,4–3,9 / 3,7	2	–	–	–
Девятииглая колюшка	5,0–8,4 / 6,2	0,9–4,7 / 2,1	21	4,8–9,4 / 6,3	0,7–6,0 / 2,1	15
Трехиглая колюшка	4,8–5,0 / 5,0	1,2–1,5 / 1,3	4	8,8	7,5	1
Серебряный карась	–	–	–	20,3	304,0	1
Амурский сазан	–	–	–	+	+	5–6

Примечание: * — в озере средние размерно-массовые показатели рассчитаны без одного экз. кижуча (21,6 см и 111,0 г) и мальмы (30,2 см и 515,0 г); + — присутствие; – — отсутствие

экземпляры в популяциях мальмы, трех- и девятииглых колюшек отмечены для озера.

Питание рыб в ручье в летнее время характеризовалось разнообразным составом, и кормовые организмы представлены были разными таксономическими группами (табл. 4). В питании молоди кижуча, в каждом желудке, встречались имаго наземных насекомых, их доля по массе составляла 79,4%, при средней численности на один желудок — 13,8 экз. Молодь кижуча потребляла как упавших насекомых с поверхности воды, так и летающих над водой живых насекомых, выпрыгивая за ними из воды. Общая доля имаго насекомых, в том числе и амфибиотических, составляла 83,7%. Очень часто (60%) встречались личинки бабочек, и на их долю приходилось 7,9% от массы пищевого комка. Среди прочих личинок насекомых кормовыми в это время были ручейники, хирономиды и поденки, но они заметной роли в питании не играли. Все проанализированные рыбы питались, и максимальный индивидуальный ($ИНЖ_{max}$.) показатель накормленности достигал 194,8‰, при среднем значении 98,6‰.

Пищевой спектр молоди мальмы и микижи был очень схожим. Эти виды рыб предпочитали потреблять личинок ручейников и имаго наземных насекомых, доля которых по массе у мальмы составляла 80,7, у микижи — 75,9%. В рационе молоди мальмы довольно часто встречались личинки бабочек (33%), микижи — крупные по размерам стрекозы (25%), доля которых по массе была одинаковой — 12,3 и 12,5%. Величина потребления пищи оказалась значительно выше у микижи: средние показатели ИНЖ равнялись 185,8 против 80,2‰ у мальмы, при максимальных значениях, соответственно, 279,2 и 181,0‰. Следует отметить, что вся отловленная молодь микижи питалась, тогда как у 33% молоди кижуча пища отсутствовала.

Питание колюшек — трех- и девятииглой — имело свои отличительные особенности. В пищевом спектре последней из них основными объектами питания были три компонента — личинки хирономид, ручейников и дождевые черви, которые в сумме составляли наибольшую долю от массы пищевого комка, равную 90,7%. Спектр питания трехиглой колюшки оказался более разнообразным и состоял из личинок хирономид, ручейников, поденок, бабочек, доля которых в пищевом комке составляла 52,7%. Более его трети (35,8%) занимали куколки хирономид, а у некоторых рыб (25%) встречались имаго наземных насекомых (5,2%). Средние показатели ИНЖ у колюшек разных видов различались незначительно — 38,4 и 31,8‰, а вот максимальные значения ИНЖ у девятииглой колюшки в 3,6 раз были выше (300,0 у девятииглой против 83,3‰ у трехиглой), при этом коли-

Таблица 4. Состав пищи (по массе, %) и показатели накормленности рыб в руч. Микижа 12.08.2014 г.

Пищевые компоненты	Мальма			Кижуч			Микижа			Девятииглая колюшка			Трехиглая колюшка			Корюшка малоротая		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Хирономиды личинки	17	0,2	<0,1	40	0,8	0,7	–	–	–	71	6,6	33,8	50	1,0	21,4	50	9,0	62,5
Хирономиды куколки	–	–	–	–	–	–	25	0,3	<0,1	–	–	–	25	4,3	35,8	–	–	–
Хирономиды имаго	–	–	–	20	0,2	0,1	25	0,3	0,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Долгоножки личинки	–	–	–	–	–	–	25	0,3	3,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ручейники личинки	17	3,0	57,1	20	0,2	3,0	100	7,3	47,3	24	0,2	38,3	25	1,8	5,2	–	–	–
Ручейники имаго	–	–	–	–	–	–	50	0,5	1,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Веснянки личинки	17	0,3	0,4	–	–	–	25	0,3	<0,1	5	0,1	1,5	–	–	–	50	1,0	1,0
Веснянки имаго	–	–	–	20	0,6	4,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Поденки личинки	–	–	–	20	0,4	0,8	–	–	–	–	–	–	50	0,8	10,4	–	–	–
Бабочки личинки	33	2,2	12,3	60	1,0	7,9	25	0,5	3,4	–	–	–	25	0,3	15,7	–	–	–
Личинки стрекозы	–	–	–	–	–	–	25	0,3	12,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Жуки личинки	33	0,3	0,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Пауки	33	0,5	5,1	40	0,4	3,9	25	0,3	1,4	–	–	–	25	0,3	0,5	–	–	–
Наземные насекомые имаго	50	1,8	23,6	100	13,8	79,4	100	5,0	28,6	5	<0,1	0,5	25	0,5	5,2	–	–	–
Дождевые черви	–	–	–	–	–	–	25	0,3	2,2	5	<0,1	18,6	–	–	–	–	–	–
Мермитиды	17	0,3	0,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Хидорусы	–	–	–	–	–	–	–	–	–	24	0,3	<0,1	–	–	–	–	–	–
Гарпактициды	–	–	–	–	–	–	–	–	–	19	0,7	0,1	–	–	–	50	1,0	0,5
Остракоды	–	–	–	–	–	–	–	–	–	38	8,9	2,4	–	–	–	–	–	–
Циклопы	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10	0,1	<0,1	25	0,3	0,1	–	–	–
Моллюски брюхоногие	–	–	–	–	–	–	25	0,3	0,3	5	<0,1	0,1	–	–	–	–	–	–
Растительные остатки, детрит	17	–	0,2	–	–	–	–	–	–	10	–	2,5	25	–	5,2	50	–	35,0
Количество, экз.	6			5			4			21			4			20		
Пустые желудки, %	33			–			–			10			25			50		
Пределы колебаний ИНЖ, ‰	9,3–181,0			41,0–194,8			63,6–279,2			8,6–300,0			0,8–83,3			–		
$ИНЖ_{ср.}$, ‰	80,2			98,6			185,8			58,4			31,8			11,8		

Примечание: 1 — частота встречаемости, %; 2 — среднее количество организмов в одном желудке, экз.; 3 — масса организмов в одном желудке, %; прочие по массе — у девятииглой колюшки прочие личинки мух (0,1) и икра колюшки (2,0), клещи — у трехиглой колюшки (0,4) и малоротой корюшки (1,0)

чество рыб с пустыми желудками у трехиглой колюшки составляло 25%, тогда как у девятииглой — 10%.

Пищевой спектр малоротой корюшки представлен четырьмя компонентами, из которых основу пищи составляли личинки хирономид, представленные двумя возрастными группами: II (77,8%) и III (22,2%). Было отловлено всего два экз. корюшек, из которых одна питалась, причем пищи в желудке было мало (ИНЖ 11,8‰).

Из сравнения пищевых спектров рыб, обитающих в ручье, следует, что пищевые отношения носят конкурентный характер, отношения хищник–жертва обнаружены не были. Наиболее сходное питание отмечено у мальмы и микижи, их пищевой спектр совпадал на 75,5%, у других видов рыб СП изменялся в пределах 0,0–41,0%. Меньшее сходство в питании складывалось у разных видов рыб с малоротой корюшкой (0,0–26,6%), но это может быть методической ошибкой из-за малого количества проанализированных корюшек.

Питание рыб в озере по составу пищевых компонентов довольно сильно различалось (табл. 5). Молодь кижуча является эврифагом, т. к. в его пищевом спектре встречались организмы, обитающие на дне, в толще воды, падающие на поверхность имаго или летающие над водоемом насекомые. Наиболее часто в желудках попадались куколки хирономид (100%) и имаго наземных насекомых (80%), и эти организмы составляли наибольшую долю пищевого комка (44,8%). Большое значение в питании имели бокоплавы, которых довольно часто отмечали в желудках (40%), и их относительная масса достигала 19,3%. На долю личинок насекомых приходилась пятая часть массы пищевого комка (20,5%), и среди них встречались хирономиды, ручейники, веснянки, поденки и жуки. Среди прочих беспозвоночных можно выделить дождевых червей, относительная масса которых 8,1%. Все проанализированные рыбы питались, а ИНЖ$_{ср}$. составлял 84,2‰ при максимальной величине 151,0‰. Один экз. кижуча, который отличался большой длиной и массой (его данные приведены в табл. 4), потреблял различных личинок насекомых (хирономид, ручейников, жуков, мух), бокоплавов и рачков (биапертур), относительная масса которых равнялась соответственно 14,6, 5,4 и менее 0,01%. Основная масса пищевого комка принадлежала неопределенным переваренным остаткам. Средняя величина ИНЖ составляла 72,4‰.

Пищевой рацион мальмы включал в основном беспозвоночных, которые не совершают вертикальных миграций, обитание их происходит на дне водоема, и таковыми являются личинки ручейников и брюхоногие моллюски. Наибольшее значение принадлежало первым: они встречались у большинства рыб (62%), и их доля составляла 62,2% от всей массы пищевого комка; вторых отмечали крайне редко (8%), относительная масса равнялась 22,3%, но их количество в одном желудке достигало 23 экз. Второстепенными пищевыми объектами были различные амфи-

Таблица 5. Состав пищи (по массе, %) и показатели накормленности рыб в оз. Микижа 12.08.2014 г.

Пищевые компоненты	Кижуч			Мальма			Девятииглая колюшка			Трехиглая колюшка	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3
Хирономиды личинки	–	–	–	23	0,3	0,1	73	20,3	60,1	2,0	0,5
Хирономиды куколки	100	3,3	8,3	8	0,1	0,0	–	–	–	–	–
Болотницы личинки	–	–	–	–	–	–	7	0,1	1,6	–	–
Мошки личинки	–	–	–	8	0,1	0,1	–	–	–	–	–
Прочие мухи личинки	25	0,3	0,1	–	–	–	7	0,1	11,2	1,0	14,1
Ручейники личинки	–	–	–	62	2,4	62,2	–	–	–	–	–
Ручейники куколки	25	0,3	6,7	8	0,1	0,1	–	–	–	–	–
Ручейники имаго	25	0,5	2,7	8	0,1	0,8	–	–	–	–	–
Веснянки личинки	25	0,5	1,6	8	2,4	1,0	–	–	–	–	–
Поденки личинки	25	0,5	1,0	–	–	–	7	0,1	1,9	–	–
Бабочки личинки	–	–	–	8	0,1	0,2	–	–	–	–	–
Жуки личинки	–	–	–	8	0,1	1,6	–	–	–	–	–
Пауки	25	0,3	0,8	–	–	–	–	–	–	–	–
Наземные насекомые имаго	100	7,0	51,3	23	0,3	0,3	–	–	–	–	–
Дождевые черви	25	0,3	11,4	–	–	–	–	–	–	1,0	40,4
Пиявки	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0	5,1
Гаммарусы	25	0,3	16,1	–	–	–	7	0,1	0,0	–	–
Хидорусы	–	–	–	–	–	–	13	0,4	<0,1	–	–
Остракоды	–	–	–	–	–	–	33	1,5	0,1	–	–
Моллюски	–	–	–	8	1,9	22,3	7	0,1	1,9	–	–
Рыба	–	–	–	8	0,1	11,3	–	–	–	–	–
Растит. и неопр. остатки	–	–	–	–	–	–	40	–	23,2	–	39,9
Количество, экз.	5			12			15			1	
Пустые желудки, %	–			25			7			–	
Пределы колебаний ИНЖ, ‰	36,1–151,0			0,5–280,0			0,1–116,5			–	
ИНЖ$_{ср.}$, ‰	84,2			68,6			49,6			132,7	

Примечание: 1 — частота встречаемости, %; 2 — среднее количество организмов в одном желудке, экз.; 3 — масса организмов в одном желудке

биотические насекомые, частота встречаемости которых изменялась в пределах 8–23%, а доля в пищевом комке не превышала 4,2%. У одной мальмы длиной 17,2 см была обнаружена в желудке девятииглая колюшка, размер которой составил 4,6 см. Интенсивность питания была не очень высокой: средние и максимальные показатели ИНЖ соответствовали 68,6 и 280,0‰, а количество рыб с пустыми желудками достигало 25%.

Обитающие в озере трех- и девятииглые колюшки питались в основном личинками насекомых (хирономиды, ручейники, поденки, болотницы), дождевыми червями и растительными остатками. Столь узкий спектр питания колюшек обусловлен их жизненной стратегией — добывание пищи в придонных участках или со дна. Подтверждение тому — отсутствие куколочных и имагинальных стадий насекомых.

В сообществе рыб в озере пищевые отношения имели сходный характер и отношения хищник–жертва. Второй тип отношений отмечен только у мальмы с девятииглой колюшкой. Конкурентные отношения между рыбами были очень слабыми, величина СП изменялась от 0,1 до 34,9%. Столь низкие показатели сходства в питании рыб объясняются тем, что места обитания мальмы, трех- и девятииглой колюшек находятся в придонном горизонте, тогда как молодь кижуча активно питается в разных биотопах водоема.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зообентос в бассейне оз. Микижа исследован в ручье и озере в период июля–сентября 2014 г.: в ручье наибольшее значение по численности и биомассе принадлежало амфибиотическим насекомым (хирономиды, ручейники, веснянки), волосатикам, нематодам и молигохетам; в озере преобладали по численности хирономиды, олигохеты и пиявки, по биомассе — моллюски, поденки, ручейники и хирономиды. Общая численность и биомасса зообентоса в ручье изменялись в пределах 7,3–56,1 экз./м^2 и 2,4–10,8 г/м^2, минимальные показатели обнаружены 31 августа, максимальные — 30 сентября. В озере общая численность и биомасса зообентоса изменялись в пределах 2,8–24,1 экз./м^2 и 21,6–104,3 г/м^2, минимальные показатели численности обнаружены 31 августа, а максимальные показатели биомассы — 30 сентября.

Ихтиоценоз в ручье образован кижучем, микижей, мальмой, малоротой корюшкой, трех- и девятииглой колюшками, в озере — кижучем, мальмой, трех- и девятииглой колюшками, сазаном и серебряным карасем. В пище рыб встречались различные беспозвоночные, по широте пищевого спектра, в порядке убывания количества пищевых компонентов, они располагались следующим образом: девятииглая колюшка (13), микижа (12), трехиглая колюшка (10), мальма (9), кижуч (8) и малоротая корюшка (5). Средние показатели ИНЖ варьировали в пределах 11,8–185,8‰ при максимальном значении ИНЖ 300,0‰. Наибольшее количество пищи потребляла микижа.

В озере ихтиоценоз состоял из кижуча, мальмы, трех- и девятииглой колюшки и интродуцированных амурского сазана и серебряного карася, питание исследовано у первых четырех. Наиболее широкий пищевой спектр по числу таксонов у кижуча (14), далее следуют мальма (12), девятииглая колюшка (8) и трехиглая колюшка (5). Средние показатели ИНЖ варьировали в пределах 49,6–81,8‰, при максимальном значении ИНЖ — 280,0‰. Наибольшее количество пищи потребляла молодь кижуча.

Пищевые отношения между рыбами в ручье и озере имели в основном сходный характер, отношения хищник–жертва отмечены у мальмы с девятииглой колюшкой. Пищевое сходство у рыб в ручье и озере различалось: в ручье наибольшее СП отмечено у микижи и мальмы (75,7%), между другими видами эта величина варьировала в пределах 0,0–39,6%, в озере СП было значительно ниже и изменялось в пределах 0,1–34,9%.

БЛАГОДАРНОСТИ

Сотрудникам КамчатНИРО Д.Д. Данилину (за определение до вида моллюсков) и Д.Ю. Хивренко (за определение насекомых отрядов Ephemeroptera, Trichoptera и Plecoptera).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Крохин Е.М. 1952. Малые озера в бассейне р. Паратунки. Архив КамчатНИРО. Инв. № 592. 31 с.

Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. 1974. М.: Наука. 252 с.

Монаков А.В. 1998. Питание пресноводных беспозвоночных. М.: Российская АН, Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцева. 319 с.

Остроумов А.Г. 1998. Нерестовое значение рек и озер Камчатской области и КАО (восточное побережье). Архив КамчатНИРО. Инв. № 6298. 145 с.

Отчет экспедиции Камчатрыбвода по рыбохозяйственному обследованию рек Авачинского и Кроноцкого заливов. 1965 г.

Приказ «Об утверждении перечня особо ценных и ценных видов водных биоресурсов, отнесенных к объектам рыболовства» от 16 марта 2009 г. № 191.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Камчатка. 1966. Л.: Гидрометеоиздат. Т. 20. 260 с.

Тиунова Т.М. 2003. Методы сбора и первичной обработки количественных проб // Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России. М.: ВНИРО. С. 5–13.

Шорыгин А.А. 1952. Питание и пищевые взаимоотношение рыб Каспийского моря. М.: Наука. 253 с.

УДК 597.553.2 DOI 10.15853/978-5-902210-45-17

СИБИРСКИЙ УСАТЫЙ ГОЛЕЦ *BARBATULA TONI* В БАССЕЙНЕ Р. КАМЧАТКИ

А.М. Токранов, А.А. Бонк

Директор, д. б. н., Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН
683000, Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6
Тел.: (4152) 42-47-40, факс: (4152) 41-24-64. E-mail: tok_50@mail.ru
Зав. кафедрой, к. б. н., Камчатский государственный технический университет
683003, Петропавловск-Камчатский, ул. Вилюйская, 56
Тел.: (4152) 300-876. E-mail: itanking@mail.kamchatka.ru

СИБИРСКИЙ УСАТЫЙ ГОЛЕЦ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ, БИОЛОГИЯ, БАССЕЙН Р. КАМЧАТКИ

Рассмотрена хронология появления и расселения в бассейне реки Камчатки нового на полуострове представителя пресноводной ихтиофауны — сибирского усатого гольца *Barbatula toni.* Приведены данные о местах его поимки в 1999–2013 гг., а также размерно-весовом составе, индивидуальной плодовитости и составе пищи в некоторых водоемах бассейна р. Камчатки. Учитывая стабильное воспроизводство сибирского усатого гольца, в ближайшие годы вполне вероятно ожидать увеличения его численности, дальнейшего расселения в бассейне р. Камчатки и даже проникновения в другие речные системы полуострова.

SIBERIAN STONE LOACH *BARBATULA TONI* IN THE KAMCHATKA RIVER WATERSHED

A.M. Tokranov, A.A. Bonk

Dir., Dr. Sc., Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
683000, Petropavlovask-Kamchatsky, Partyzanskaya Str., 6
Phone: (4152) 42-47-40, fax: (4152) 41-24-64. E-mail: tok_50@mail.ru
Head of dep., Ph. D., Kamchatka State Technical University
683003, Petropavlovask-Kamchatsky, Vilyuiskaya Str., 56
Phone: (4152) 300-876. E-mail: itanking@mail.kamchatka.ru

SIBERIAN STONE LOACH, DISTRIBUTION, BIOLOGY, KAMCHATKA RIVER WATERSHED

Chronology of appearance and distribution in the Kamchatka River watershed of a new representative freshwater ichthyofauna on the peninsula — Siberian stone loach *Barbatula toni* — is presented. The data are reviewed on its size-weight composition, individual fecundity, and feeding in some of Kamchatka River watershed. With consideration of stable reproduction of Siberian stone loach it is assumed that in the nearest years its abundance may increase, its distribution in Kamchatka River watershed may expand, and it may penetrate other river systems of the peninsula.

В конце прошлого столетия в бассейне р. Камчатки был впервые обнаружен ранее неизвестный во внутренних водоемах полуострова представитель пресноводной ихтиофауны — сибирский усатый голец *Barbatula toni* (Dybowski, 1869) (сем. Balitoridae), экземпляр которого 10 сентября 1999 г. попался на удочку одному из рыболовов-любителей непосредственно у п. Ключи (Токранов, 2001). Пойманный экземпляр оказался взрослой самкой длиной 184 мм в возрасте 6 лет. По устному сообщению местных жителей, похожую на сибирского усатого гольца рыбу в 1998–1999 гг. еще несколько раз вылавливали как в самой р. Камчатке в окрестностях п. Ключи, так и в одном из ее близко расположенных крупных притоков, р. Еловке. По мнению специалистов, одним из наиболее возможных путей проникновения этого вида на Камчатку являлся случайный завоз его икры или молоди вместе с амурским сазаном *Cyprinus rubrofuscus* Lacepede, 1803 во время проведения работ по акклиматизации сазана в бассейне р. Камчатки (как раз в районе п. Ключи) в период с 1955 по 1970 гг. (Шейко, Федоров, 2000; Токранов, 2004а).

Через год после первой поимки сибирского усатого гольца в р. Камчатке, в сентябре 2000 г. еще один его экземпляр длиной 170 мм был вновь выловлен у

п. Ключи. В дальнейшем в течение почти двух лет достоверных сообщений о случаях поимки этой рыбы в водоемах полуострова не поступало. Но в августе 2002 г., во время проведения контрольных обловов мальковым неводом молоди лососей, сотруднику Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО) Г.В. Базаркину в расположенном сравнительно недалеко от п. Ключи пойменном озере Куражечном попалось сразу более десятка экземпляров усатого гольца размером от 70 до 130 мм, после чего стало окончательно ясно, что в бассейне р. Камчатки не только появился, но и начал размножаться новый представитель пресноводных рыб (Токранов, 2004а, б, 2005).

В последующие годы сибирский усатый голец был зарегистрирован в уловах не только в оз. Куражечном, но как ниже, так и выше по течению р. Камчатки: от оз. Азабачьего и протоки, соединяющей его с основным руслом, до п. Долиновка и пойменного озера в низовье р. Кирганик (Токранов, 2006, 2013), что наглядно свидетельствует об активном расселении его взрослых особей в бассейне этой реки в 2000-е годы. Обобщение имеющихся в нашем распоряжении материалов, собранных в 1999–2013 гг., позволяет охарактеризовать современное распространение и некоторые черты биологии сибирского усатого гольца в бассейне р. Камчатки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для настоящей работы послужила информация о всех достоверно зарегистрированных случаях поимки сибирского усатого гольца в бассейне р. Камчатки в 1999–2013 гг., а также результаты обработки его 228 зафиксированных в формалине особей размером 27–186 мм, выловленных на удочку, мальковым неводом, вентерем и сачком в различных участках бассейна р. Камчатки. При проведении обловов усатого гольца последним из перечисленных орудий лова, В.А. Осиным, сотрудником КамчатНИРО, была разработана оригинальная методика (сходная с использовавшимся в прошлом лучением рыбы), согласно которой в темное время суток ловец перемещался с фонариком по мелководью водоема, облавливая встреченных особей данного вида сачком. Обработку желудков проводили количественно-весовым методом в соответствии с «Методическим пособием…» (1974). Для изучения плодовитости использованы яичники 7 самок длиной 90–155 мм на III–IV стадиях зрелости, каждый из которых взвешивали, брали навеску (около 20–25% от общей массы яичника), просчитывали в ней икру, а затем рассчитывали индивидуальную плодовитость. Размеры ооцитов (максимальный и минимальный диаметр) определяли при помощи окуляр-микрометра, вариационные ряды составляли по полусумме двух измерений. Статистическую обработку проводили по общепринятым методикам (Лакин, 1980).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как было показано ранее (Токранов, 2001, 2004а, б, 2006), сибирский усатый голец, впервые обнаруженный в 1999 г. в р. Камчатке у п. Ключи, в последующий период до 2005 г. был отмечен на значительном протяжении реки от п. Долиновки до оз. Азабачьего (рис. 1). Однако его молодь размером менее 60 мм в эти годы удалось достоверно зарегистрировать лишь в оз. Куражечном, расположенном недалеко от п. Клю-

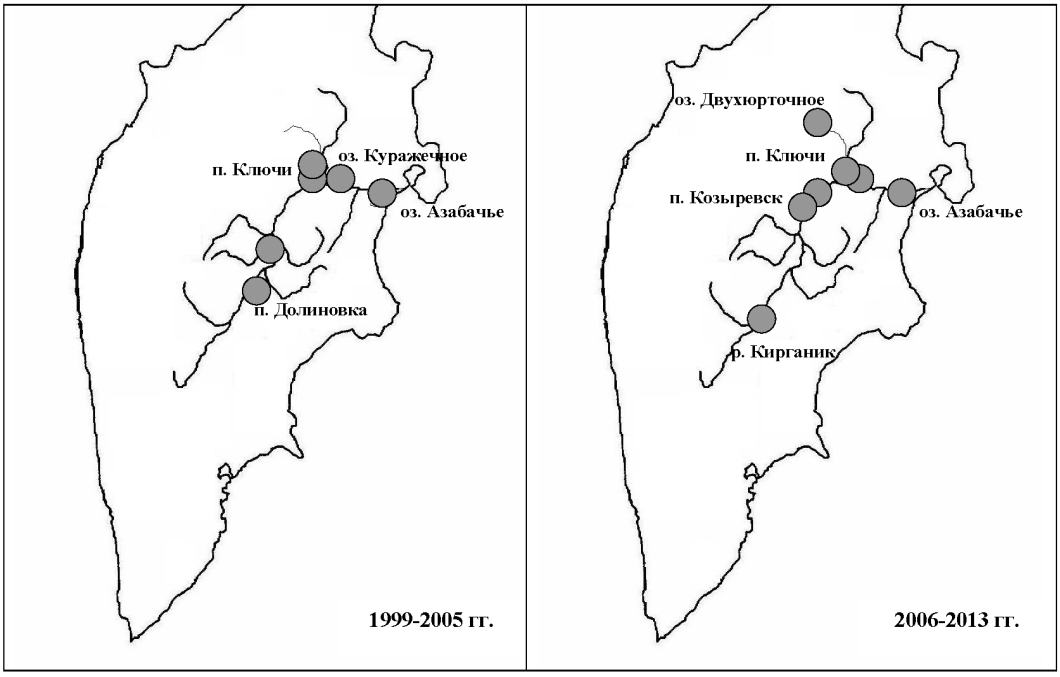


Рис. 1. Места поимки сибирского усатого гольца в бассейне р. Камчатки в различные годы

чи. Здесь же пойманы половозрелые самки с яичниками на III стадии зрелости, что также подтверждало заключение о размножении этого вида в оз. Куражечном. Материалы, собранные в 2006–2013 гг., свидетельствуют, что в настоящее время область распространения данного представителя ихтиофауны в бассейне р. Камчатки значительно шире, причем его самки с гонадами на III–IV стадиях зрелости встречаются не только в оз. Куражечном, но также в оз. Двухюрточном (бассейн р. Еловки) и на участке выше п. Козыревск (рис. 1).

Имеющиеся в нашем распоряжении материалы позволяют дать биологическую характеристику сибирского усатого гольца в оз. Двухюрточном, в пойменном озере в низовье р. Крюки и в расположенной ниже п. Ключи р. Ключевке. Размеры усатого гольца в первом из этих водоемов в октябре 2013 г. варьировали от 94 до 128 (в среднем 112±4) мм, а масса тела — от 4,8 до 14,8 (в среднем — 9,9±1,1) г (рис. 2, 3). Но в улове доминировали достаточно крупные рыбы длиной свыше 120 мм (36,3%) с массой тела 12–14 г (27,2%), что, возможно, обусловлено использованием в качестве орудия лова сачка. В небольшом пойменном озере в низовье р. Крюки в сентябре–октябре 2010 г. усатый голец в уловах малькового невода был представлен особями от 76 до 151 (в среднем 109±7) мм с массой тела от 2,9 до 21,4 (в среднем 5,5±1,5) г (рис. 2, 3). Однако чаще других встречались его экземпляры длиной 81–90 (21,4%) и 111–130 мм (50,3%) с массой 2–4 (28,6%), 8–10 и 12–14 (по 21,5%) г. В отличие от этих двух водоемов, в р. Ключевке в уловах в период с июля по декабрь (2006, 2012 и 2013 гг.) преобладали особи двух размерных групп усатого гольца: в основном молодь 27–60 мм (25,5%) с массой тела менее 2 г (37,5%) и крупные рыбы 101–180 мм (72,4%) и 8,1–35,7 г (56,3%) (рис. 2, 3), что довольно сходно с его размерно-весовыми показателями в августе–сентябре в расположенном сравнительно недалеко от этой реки оз. Куражечном (Токранов, 2005, 2006). Соотношение полов у рыб из трех рассматриваемых водоемов заметно отличалось. Если в оз. Двухюрточном доля самцов достигала 72,3%, то в пойменном озере в низовье р. Крюки и в р. Ключевке, наоборот, преобладали самки, относительное количество которых составляло, соответственно, 64,3 и 63,1%.

Ранее было установлено, что основными объектами питания сибирского усатого гольца всех размеров в оз. Куражечном в 2003–2004 гг. служили личинки хирономид, составляющие в период с июля по сентябрь от 74,7 до 97,7% массы пищи (Токранов, 2005, 2006). Согласно нашим данным, аналогичную роль эти кормовые организмы играли в сентябре в

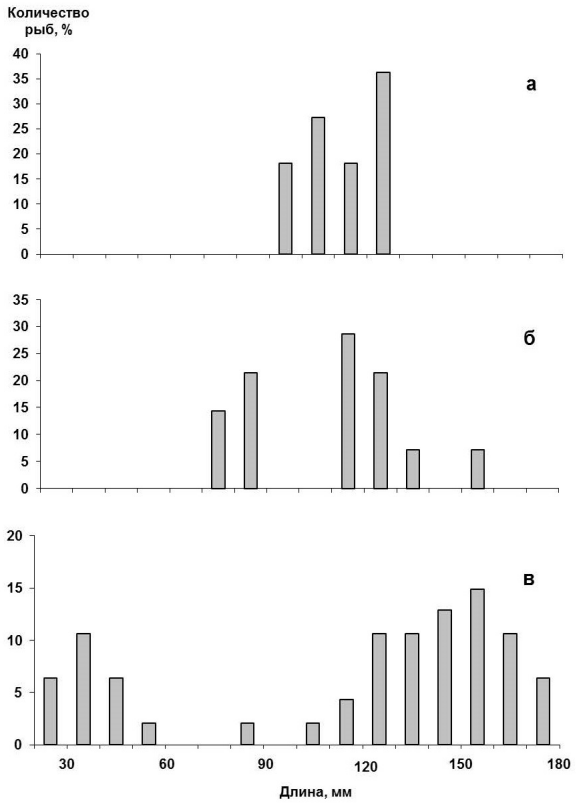


Рис. 2. Размерный состав сибирского усатого гольца в различных водоемах бассейна р. Камчатки: а — оз. Двухюрточное (октябрь, 2013 г., n=11), б — пойменное озеро в низовье р. Крюки (сентябрь–октябрь, 2010 г., n=14), в — р. Ключевка (июль–декабрь, 2006, 2012 и 2013 гг., n=47)

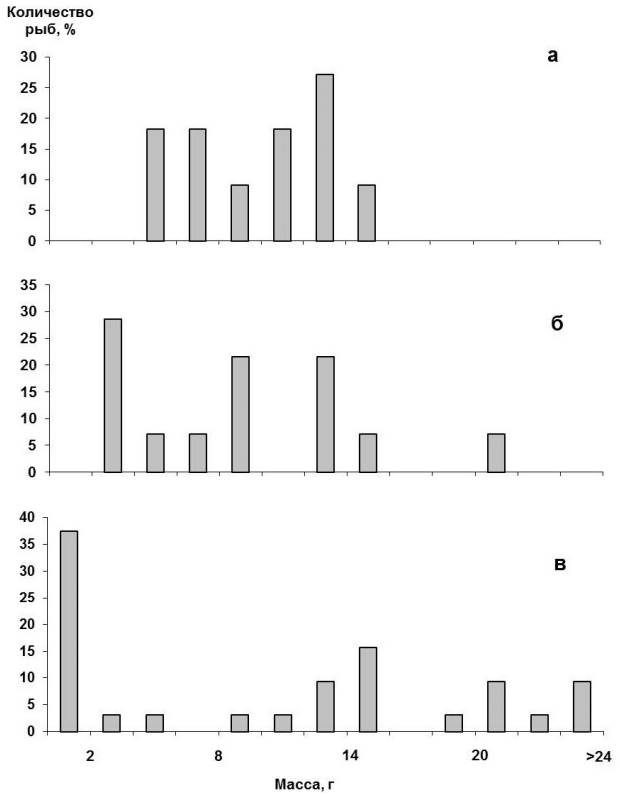


Рис. 3. Весовой состав сибирского усатого гольца в различных водоемах бассейна р. Камчатки: а — оз. Двухюрточное (октябрь, 2013 г., n=11), б — пойменное озеро в низовье р. Крюки (сентябрь–октябрь, 2010 г., n=14), в — р. Ключевка (июль–декабрь, 2006, 2012 и 2013 гг., n=32)

рационе усатого гольца в р. Ключевке и пойменном озере в низовье р. Крюки (соответственно, 97,6 и 64,1% по массе), хотя в октябре их значение во втором из рассматриваемых водоемов сократилось до 38,0% (табл. 1). Однако в оз. Двухюрточном основными объектами питания усатому гольцу в октябре служили личинки ручейников, доля которых достигала 50,6% от массы всей пищи, тогда как значение личинок хирономид не превышало 15% (табл. 1).

гольца в бассейне р. Камчатки позволяет сделать вывод, что в настоящее время данный представитель ихтиофауны успешно акклиматизировался на полуострове, пополнив список типично пресноводных видов рыб, встречающихся в водоемах Камчатки. За прошедшие полтора десятилетия с момента его первого достоверного обнаружения в 1999 г. вблизи п. Ключи, он освоил значительную часть бассейна р. Камчатки, встречаясь сегодня от некоторых водных

Таблица 1. Состав пищи (% по массе) сибирского усатого гольца в различных участках бассейна р. Камчатки в 2000-е годы

Пищевой компонент	Оз. Куражечное (по: Токранов, 2006)			Р. Ключевка	Пойменное озеро в низовье р. Крюки		Оз. Двухюрточное
	Июль, 2003	Август, 2004	Сентябрь, 2003	Сентябрь, 2012	Сентябрь, 2010	Октябрь, 2010	Октябрь, 2013
Oligochaeta	12,0	1,0	–	0,3	–	–	16,8
Amphipoda	6,3	–	4,4	0,5	–	–	1,7
Ephemeroptera (l.)	1,3	–	0,7	–	–	–	–
Plecoptera (l.)	–	–	–	–	0,1	–	1,0
Trichoptera (l.)	–	–	–	0,4	0,2	26,4	50,6
Odonata (l.)	–	–	–	0,3	0,3	–	3,9
Chironomidae (l.)	74,7	97,7	88,7	97,6	64,1	38,0	15,0
Coleoptera (imago)	–	1,3	5,3	0,1	2,9	–	0,2
Mollusca	2,5	–	0,9	–	18,1	–	10,3
Растительные остатки	–	–	–	–	1,6	6,8	0,1
Детрит	–	–	–	–	11,4	28,4	–
Прочие	3,2	–	–	0,8	1,3	0,4	0,4
Число рыб, экз.	14	57	76	11	7	7	11
Индекс наполнения желудков, ‰	46	50	23	63	199	39	75
Доля пустых желудков, %	35,7	3,5	23,7	9,1	–	–	–
Длина исследованных рыб, мм	56–91	36–95	42–130	113–180	81–151	75–121	94–128

Две самки усатого гольца, выловленные сачком в октябре 2013 г. в оз. Двухюрточном, и одна самка, попавшаяся в мае 2009 г. в вентерь в р. Камчатке выше п. Козыревска, оказались половозрелыми, что позволило оценить их индивидуальную плодовитость. Диаметр ооцитов старшей генерации в яичниках колебался от 0,4 до 0,8 мм. Плодовитость двух самок длиной 105 и 128 мм (ориентировочно на III стадии зрелости) из первого водоема, по нашей оценке, составляла 2,0 и 3,6 (в среднем 2,8) тыс. икринок, тогда как более крупной самки размером 155 мм, пойманной выше п. Козыревска, — 4,8 тыс. икринок. С учетом уже имеющихся данных по плодовитости сибирского усатого гольца из оз. Куражечного (Токранов, 2006), в целом индивидуальная плодовитость этого вида в бассейне р. Камчатки в настоящее время варьирует от 2,0 до 6,8, составляя в среднем 3,5 тыс. икринок, что вполне соответствует таковой (2,5–6,0 тыс. икринок) в традиционных местах его обитания (Лебедев и др., 1969).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обобщение всей имеющейся на сегодня информации о нахождении и местах обитания сибирского усатого

объектов ее верхнего течения (пойменное озеро р. Кирганик) до низовий (протока и прилегающая часть оз. Азабачьего), а также в таком крупном притоке, как р. Еловка и соединяющемся с ней оз. Двухюрточном (рис. 4).

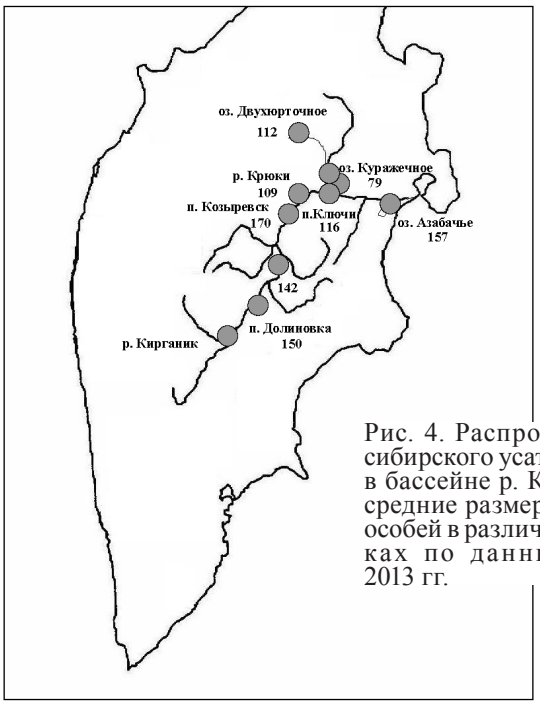


Рис. 4. Распространение сибирского усатого гольца в бассейне р. Камчатки и средние размеры (мм) его особей в различных участках по данным 1999–2013 гг.

Очевидно, наличие многочисленных, хорошо прогреваемых пойменных озер и проток в среднем течении р. Камчатки с достаточным количеством донных беспозвоночных (в первую очередь, личинок хирономид) создает здесь благоприятные условия для обитания и воспроизводства сибирского усатого гольца, а также нагула его молоди, что подтверждают размеры рыб, выловленных в этом районе (рис. 4). Нахождение же в 2000-е годы крупных взрослых особей данного вида на расстоянии почти на 100–200 км выше (в районе оз. Кулпик, вблизи п. Долиновки и в пойменном озере р. Кирганик) или более чем на 50 км ниже (в протоке и самом оз. Азабачьем) по течению р. Камчатки от окрестностей п. Ключи, на наш взгляд, наглядно свидетельствует, что он активно расселяется в бассейне этой реки, чему, возможно, способствовали высокие температуры воды в летние месяцы в последние годы.

Поскольку взрослые особи сибирского усатого гольца в местах своего традиционного распространения ведут одиночный скрытный образ жизни, прячась днем под камнями и становясь более активными в сумерки и ночные часы (Лебедев и др., 1969), сегодня сложно судить об истинной численности этого вида в бассейне р. Камчатки. Однако, по сообщению рыбаков, в последние годы в сентябре–октябре вблизи п. Ключи нередко можно наблюдать целые стайки усатого гольца, что, на наш взгляд, свидетельствует о его успешном размножении в данном районе. Учитывая стабильное воспроизводство усатого гольца, в ближайшие годы вполне вероятно ожидать дальнейшего увеличения численности этого представителя ихтиофауны, расселения в бассейне р. Камчатки и даже проникновения в другие речные системы полуострова. Для получения более достоверной и объективной картины распространения сибирского усатого гольца в бассейне р. Камчатки и хотя бы ориентировочной оценки его современной численности в районе п. Ключи, по нашему мнению, необходимо проведение специального обследования пойменных водоемов бассейна этой реки и ее крупных притоков.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность всем жителям Камчатского края, предоставившим информацию о случаях поимки сибирского усатого гольца в бассейне р. Камчатки; научному сотруднику КамчатНИРО Г.В. Базаркину, обеспечившему в 2002–2004 гг. сбор материалов по этому виду в оз. Куражечном и некоторых других районах, и лаборанту КамчатНИРО В.А. Осину, выполнившему в 2006–2013 гг. обловы усатого гольца вблизи п. Ключи и в 2013 г. в оз. Двухюрточном; студенту кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры КамчатГТУ С.Н. Арефьеву, собравшему в 2010 г. материал по усатому гольцу в пойменном озере в низовье р. Крюки, и ведущему научному сотруднику КамчатНИРО, к.б.н. Т.Л. Введенской, обработавшей данные по питанию гольца из этого озера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Лакин Г.Ф. 1980. Биометрия. М.: Высшая школа. 292 с.

Лебедев В.Д., Спановская В.Д., Савваитова К.А., Соколов Л.И., Цепкин Е.А. 1969. Рыбы СССР. М.: Мысль. 446 с.

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

Токранов А.М. 2001. Нахождение сибирского усатого гольца *Barbatula toni* (Balitoridae) на Камчатке // Вопр. ихтиологии. Т. 41. № 2. С. 268–269.

Токранов А.М. 2004а. Акклиматизация рыб на Камчатке в XX в. // Матер. XXI Крашенинниковских чтений «Камчатка: прошлое и настоящее». Петропавловск-Камчатский: Камч. обл. науч. библиотека. С. 213–218.

Токранов А.М. 2004б. Становление популяции сибирского усатого гольца *Barbatula toni* (Balitoridae) в бассейне р. Камчатка // Матер. V науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 22–24 ноября 2004 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 88–91.

Токранов А.М. 2005. Становление популяции сибирского усатого гольца *Barbatula toni* (Balitoridae) в бассейне р. Камчатка // Докл. V науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 123–127.

Токранов А.М. 2006. Распространение и некоторые черты биологии сибирского усатого гольца *Barbatula toni* (Balitoridae) в бассейне реки Камчатка // Вопр. ихтиологии. Т. 46. № 6. С. 760–765.

Токранов А.М. 2013. Чужеродные виды гидробионтов в фауне Камчатки // Матер. I Всерос. науч.-практич. конф. «Экология Камчатки и устойчивое развитие региона» (Петропавловск-Камчатский, 22–23 октября 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга. С. 114–124.

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.

УДК 597.585.1 DOI 10.15853/978-5-902210-45-18

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ГЛОХИДИЕВ *BERINGIANA* И *KUNASHIRIA*

Е.М. Саенко

Ст. н. с., к. б. н., Биолого-почвенный институт ДВО РАН
690022, Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159
Тел., факс: (4232) 231-01-93. E-mail: sayenko@ibss.dvo.ru

BERINGIANA, KUNASHIRIA, ANODONTINAE, ГЛОХИДИЙ, МИКРОСКУЛЬПТУРА

Исследовано с помощью сканирующей электронной микроскопии ультратонкое строение личиночных раковин (глохидиев) пресноводных беззубок из дальневосточных родов *Beringiana* и *Kunashiria*. Приводятся первые данные о микроскульптуре наружной поверхности глохидиев *Beringiana chereshnevi*, *B. compressa*, *Kunashiria japonica* и *K. haconensis*. Микроскульптура сетчатого (петлевидного) типа, различающаяся между представителями двух исследованных родов, приведена в деталях.

MORPHOLOGY OF THE GLOCHIDIA OF *BERINGIANA* AND *KUNASHIRIA*

E.M. Sayenko

Senior scientist, Ph. D.; Institute of Biology and Soil Science, Far Easten Branch, Russian Academy of Sciences
690022, Vladivostok, 100-letia Vladivostoka Ave., 159
Тел., факс: (4232) 231-01-93. E-mail: sayenko@ibss.dvo.ru

BERINGIANA, KUNASHIRIA, ANODONTINAE, GLOCHIDIUM, MICRO-SCULTURE

Ultra-fine morphology of glochidia of freshwater anodontins from the Far Eastern genera *Beringiana* and *Kunashiria* was analysed with the use of scanning electron microscopy. First data on the micro-sculpture of the outer surface of glochidia for *Beringiana chereshnevi*, *B. compressa*, *Kunashiria japonica* and *K. haconensis* have been provided. The circuit-type micro-sculpture of the exterior valve, different in two examined genera, is demonstrated in details.

Пресноводные двустворчатые моллюски из семейства Unionidae имеют особую личинку — глохидий. Долгое время морфологию глохидиев изучали с помощью световой микроскопии. С появлением сканирующей электронной микроскопии, позволившей по-новому исследовать личиночные раковины, было установлено, что микроскульптура наружной поверхности створок глохидиев у разных таксономических групп унионид различается (Hoggarth, 1999). Первые результаты по микроскульптуре глохидиальных раковин дальневосточных видов унионид показали возможность использования этого признака при таксономических ревизиях (Саенко, 2012а, 2012б, 2013, 2014).

Описанные в 1983 г. М.Н. Затравкиным представители родов *Beringiana* и *Kunashiria* первоначально относились к разным подсемействам. В настоящее время они входят в состав Anodontinae, при этом считается, что берингианы обитают на северо-востоке России, включая Чукотку, Северные Курильские острова и Камчатку, а кунаширии — в Приморье в водоемах восточного склона Сихотэ-Алиня, на Сахалине и Южных Курильских островах (Старобогатов и др., 2004; Саенко и др., 2009).

Первые сведения по морфологии глохидиев берингиан опубликованы в работе Л.А. Антоновой и Я.И. Старобогатова (1988). Позже были получены сведения по морфологии и данные о мерных характеристиках для 4-х из 6-ти видов берингиан (Саенко, 2006; Данилин, 2010). Первые характеристики глохидиев для моллюсков *Kunashiria* с о-вов Кунашир, Итуруп (Южные Курильские о-ва) и Хоккайдо (Япония) можно найти в работах Инаба (Inaba, 1941, 1964). Позже к ним добавились исследования, в основном на световом микроскопе, для 6-ти из 10-ти видов кунаширий (Антонова, Старобогатов, 1988; Мартынов, Чернышев, 1992; Богатов и др., 2002; Саенко, 2003, 2006). Для большинства видов берингиан и кунаширий глохидии на сканирующем электронном микроскопе не иссле-

довались, микроскульптура поверхности личиночных раковин не была изучена ни у одного вида из обсуждаемых родов, что и определило цель данной работы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы сборы моллюсков, хранящиеся в коллекции лаборатории пресноводной гидробиологии БПИ ДВО РАН (г. Владивосток):

– *Beringiana chereshnevi* Bogatov et Starobogatov, 2001: Чукотка, оз. Элергытгын, басс. р. Хатырка, 09.08.1987 г. (голотип); Камчатка, оз. Азабачье, 20.09.1998;
– *Beringiana compressa* Sayenko et Bogatov, 1998: Северные Курильские о-ва, о-в Парамушир, оз. Пернатое, 03.08.1996;
– *Kunashiria japonica* (Clessin, 1874): Южные Курильские о-ва, о-в Зеленый, оз. Утиное, 05.08.1994;
– *Kunashiria haconensis* (Ihering, 1893): Южные Курильские о-ва, о-в Кунашир, оз. Песчаное, 12.08.1999.

Зрелые глохидии извлекали из фиксированных в 75% спирте жабр моллюсков и очищали в 5%-м КОН в течение 1,5–2 часов (Саенко, 2006). Для подготовки к работе на сканирующем электронном микроскопе очищенные глохидии проводили через серию спиртов (80%, 90%, 96%), после чего крепили на столик с помощью специального двухстороннего скотча; напыление проводили сразу же после подсушивания пробы на столике.

Микроскульптуру наружной поверхности глохидиальных створок смотрели в трех точках: в центре створки (район аддуктора), ближе к вентральному концу и у лигамента. Фотографии глохидиев получены на сканирующем микроскопе Zeiss EVO 40.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зрелые личинки всех анодонтин, включая берингиан и кунаширий (рис. 1), имеют округло-треугольные раковины с прикрепительным аппаратом в виде крупного крючка (Саенко, 2006; Hoggarth, 1999; и др.). Анализ мерных характеристик глохидиев показывает некоторые различия между кунаширями и берингианами. Значения верхних пределов изменчивости абсолютных мерных характеристик больше у глохидиев берингиан, составляя для длины и высоты створок 340 мкм против 315 мкм у кунаширий. Максимальный размер лигамента — 250 мкм у берингиан и 235 мкм у кунаширий. Относительные размеры (отношение высоты глохидия к его длине, отношение длины крючка к высоте глохидия) у представителей обоих родов лежат в одних пределах (Саенко, 2006, 2012а; Саенко и др., 2009).

Раковины глохидиев состоят из двух слоев: более толстый внутренний слой пронизан порами, при этом выходы пор покрыты тонким наружным слоем, который формирует особую микроскульптуру.

Микроскульптуру глохидиев всех изученных *Beringiana* и *Kunashiria* можно отнести к сетчатому (петлевидному) типу. Однако в деталях микроскульптура представителей двух родов имеет свои отличия.

Микроскульптура глохидиев *Beringiana* (рис. 2) имела одинаковый рисунок во всех трех точках на створках (как в центре, так у вентрального угла и лигамента), состоящий из выпуклых хаотичных плотно-петлевидных линий. Гранулы имеются. Толщина скульптурных линий у изученных видов *Beringiana* составила 0,05–0,065 мкм.

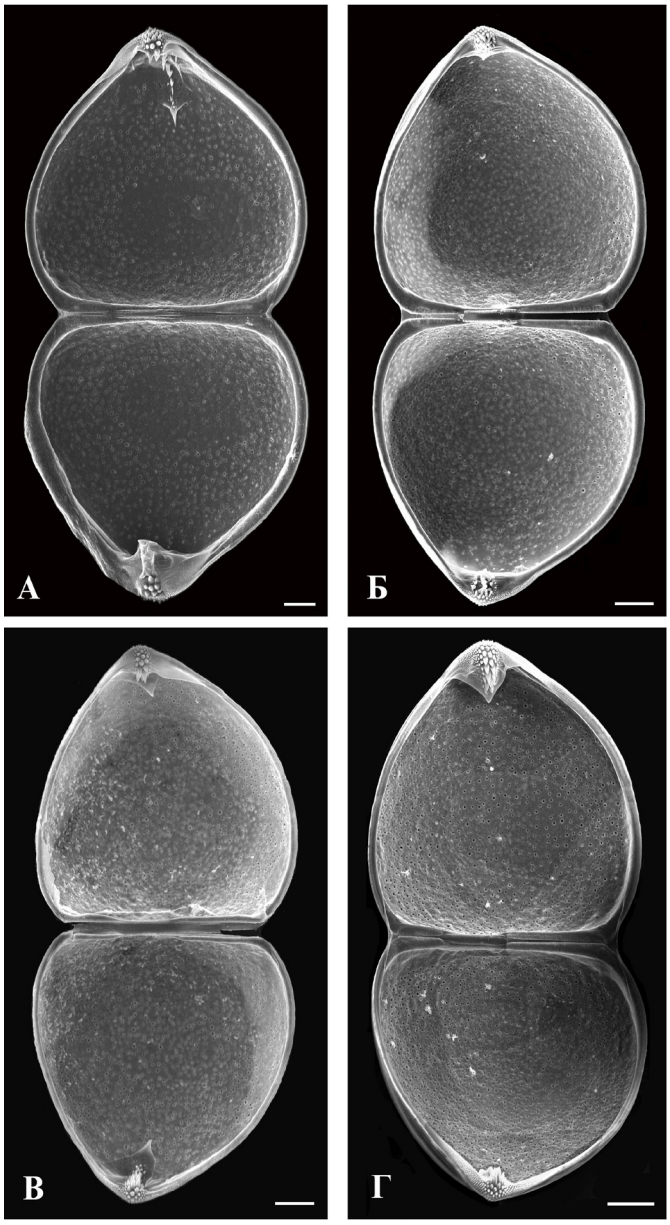


Рис. 1. Внешний вид глохидиев (створки открыты): А — *Beringiana chereshnevi* (Чукотка, оз. Элергытгын, басс. р. Хатырки); Б — *Berianiana compressa*; В — *Kunashiria japonica*; Г — *Kunashiria haconensis*. Масштабная линейка — 40 мкм

Микроскульптура глохидиев *Kunashiria* (рис. 3) в районе аддуктора (центральная часть створок) имела четкий петлевидный рисунок с очень плотными, хаотичными, не структурированными петлями (рис. 3, А); ближе к вентральному концу створок и у лигамента рисунок микроскульптуры становился промежуточным между петлевидным и вермикулярным (рис. 3, В). Гранулы полностью отсутствуют. Толщина скульптурных линий у изученных видов *Kunashiria* составила 0,097–0,11 мкм. Интересно, что среди дальневосточных беззубок вермикулярниый тип микроскульптуры отмечен только у *Cristaria plicata* (Leach, 1815) (Саенко, 2013).

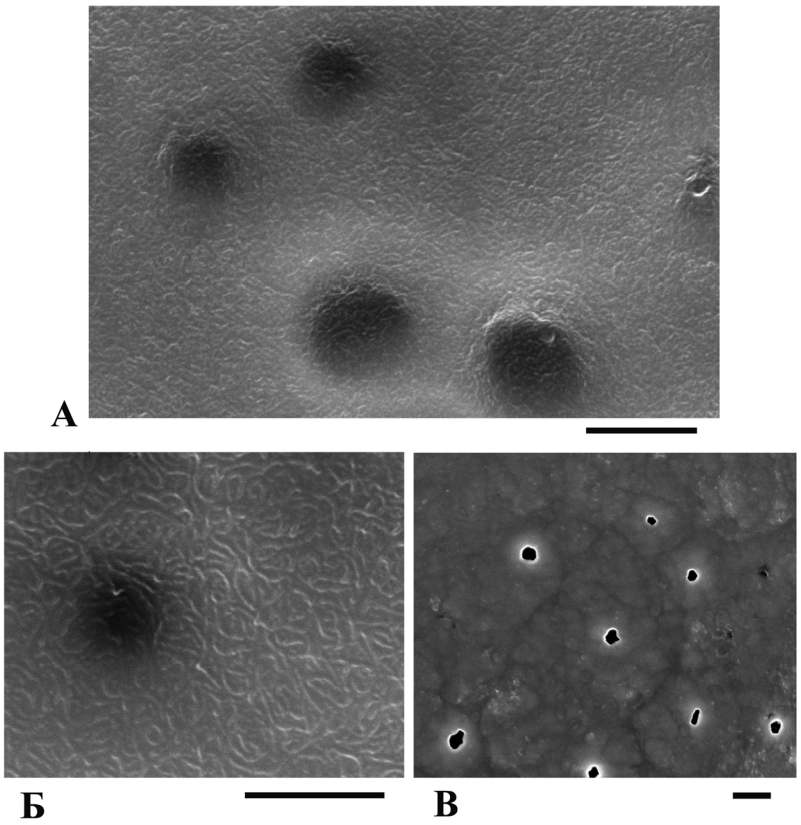


Рис. 2. Особенности ультратонкого строения глохидиев *Beringiana*: А — микроскульптура наружной поверхности створки глохидия *B. compressa*; Б — микроскульптура наружной поверхности створки глохидия *B. chereshnevi* (Камчатка, оз. Азабачье); В — внутренняя поверхность глохидия *B. chereshnevi* (Чукотка, оз. Элергытгын, басс. р. Хатырки). Масштабная линейка — 2 мкм (А, Б); 4 мкм (В)

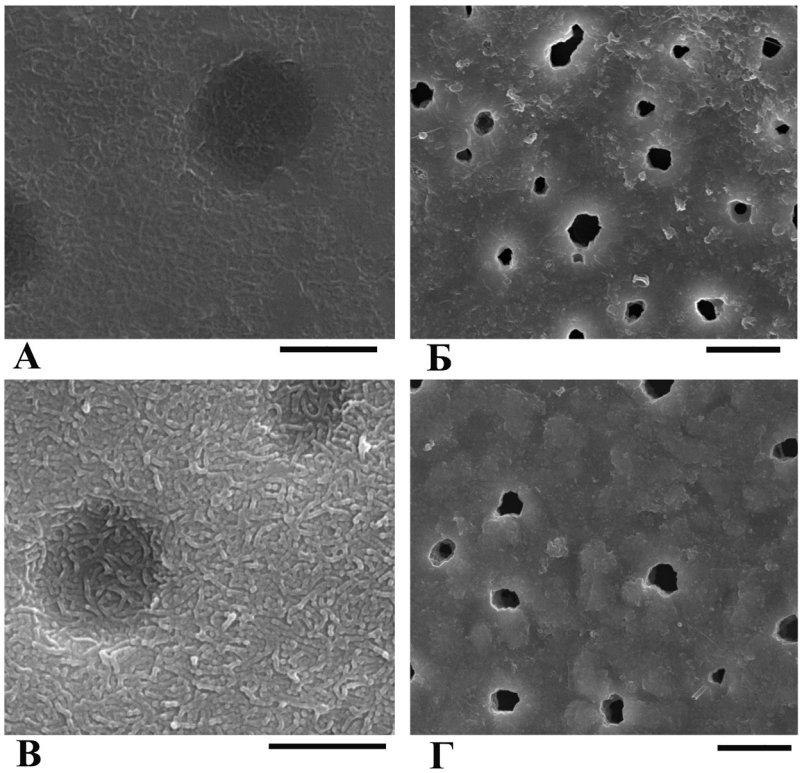


Рис. 3. Особенности ультратонкого строения глохидиев *Kunashiria japonica* (А, Б) и *K. haconensis* (В, Г): микроскульптура наружной поверхности створки глохидия в районе аддуктора (А) и у лигамента (В); внутренняя поверхность глохидия (Б, Г). Масштабная линейка — 2 мкм (А, В); 4 мкм (Б, Г)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование микроскульптуры глохидиальных раковин представителей близких родов беззубок — *Beringiana* и *Kunashiria* — подтвердило несомненную близость данных моллюсков. Однако при общем плане рисунка микроскульптуры имеются некоторые различия. Для решения вопроса о том, какой представители данной группы имеют статус, видовой или родовой, необходимо привлечь дополнительные методы исследования, в первую очередь генетические.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает свою признательность за помощь в работе к. б. н. Н.Н. Нарышкиной (Центр коллективного пользования «Биология и генетическая инженерия» БПИ ДВО РАН).

Работа частично поддержана грантом ДВО РАН № 15-I-6-069 «Сохранение биоразнообразия и ресурсного потенциала пресноводных экосистем юга Дальнего Востока России в условиях глобальных изменений окружающей среды (климата, ландшафтов, качества воды)» (руководитель — чл.-корр., д. б. н. В.В. Богатов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Антонова А.Н., *Старобогатов Я.И.* 1988. Родовые различия глохидиев наяд (Bivalvia Unionoidea) фауны СССР и вопросы эволюции глохидиев // Систематика и фауна брюхоногих, двустворчатых и головоногих моллюсков. Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Т. 187. Л.: Наука. С. 129–154.

Богатов В.В., Саенко Е.М., Старобогатов Я.И. 2002. О систематическом положении рода *Kunashiria* (Bivalvia, Unioniformes) // Зоол. журнал. Т. 81. Вып. 5. С. 521–528.

Данилин Д.Д. 2010. Идентификация моллюсков рода *Beringiana* (Bivalvia, Unionidae) с помощью конхометрических характеристик личинок-глохидиев // Тез. докл. VIII Межд. конф. по раннему онтогенезу рыб и промысловых беспозвоночных. Калининград: АтлантНИРО. С. 35–36

Мартынов А.В., *Чернышев А.В.* 1992. Новые и редкие виды пресноводных двустворчатых моллюсков Дальнего Востока СССР // Зоол. журнал. Т. 71. Вып. 6. С. 18–23.

Саенко Е.М. 2003. Особенности морфологии глохидиев островных популяций дальневосточных беззубок (Bivalvia, Anodontinae) // Чтения памяти проф. В.Я. Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 165–171.

Саенко Е.М. 2006. Морфология глохидиев беззубок (Bivalvia: Unionidae: Anodontinae) фауны России. Владивосток: Дальнаука. 72 с.

Саенко Е.М. 2012а. Новые данные по морфологии глохидиев беззубок рода *Kunashiria* (Южные Курильские острова) // Растительный и животный мир островов северо-западной части Тихого океана (Мат-лы Междунар. курильского и Междунар. сахалинского проектов). Владивосток: Дальнаука. С. 169–178.

Саенко Е.М. 2012б. Новые данные по микроструктуре личиночных раковин унионид (Bivalvia: Unionidae) с о-ва Хонсю, Япония // Современные исследования в биологии: Мат-лы I Всерос. науч. конф. Владивосток: БПИ ДВО РАН, ДВФУ. С. 233–236.

Саенко Е.М. 2013. Морфология глохидиев пресноводной беззубки *Cristaria plicata* (Bivalvia: Unionidae: Anodontinae) из оз. Дунтинху, КНР // Жизнь пресных вод. Вып. 1. Владивосток: Дальнаука. С. 103–110.

Саенко Е.М. 2014. Данные о микроскульптуре личиночных раковин беззубок (Bivalvia: Unionidae: Anodontinae) // Чтения памяти проф. В.Я. Леванидова. Вып. 6. Владивосток: Дальнаука. С. 585–593.

Саенко Е.М., *Богатов В.В.*, *Зайкин Д.В.* 2009. О систематическом положении дальневосточных родов *Kunashiria* и *Arsenievinaia* (Bivalvia, Unionidae) // Зоол. журнал. Т. 88. № 11. С. 1298–1310.

Саенко Е.М., *Сорока М.* 2013. Морфология глохидиев беззубок *Sinanodonta woodiana* (Bivalvia: Unionidae) из Польши // Бюл. ДВМО. Вып. 17. С. 214–223.

Старобогатов Я.И., *Прозорова Л.А.*, *Богатов В.В.*, *Саенко Е.М.* 2004. Моллюски // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 6. Моллюски, полихеты, немертины. СПб.: Наука. С. 9–491.

Hoggarth M.A. 1999. Descriptions of some of the glochidia of the Unionidae (Mollusca: Bivalvia) // Malacologia. V. 41. N 1. P. 1–118.

Inaba S. 1941. A preliminary note on the glochidia of Japanese freshwater mussels // Annot. Zool. Jpn. V. 20. N 1. P. 14–23.

Inaba S. 1964. Morphological and ecological studies on the glochidia larvae of the Unionidae // Sci. Rep. Faculty Lib. Arts and Edu., Gifu Univ. V. 3. P. 275–307.

УДК 574.587 DOI 10.15853/978-5-902210-45-19

ЗООБЕНТОС РЕК ЭЛЬБАН И МАГЛОЙ БАССЕЙНА РЕКИ АМУР (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Н.М. Яворская

Ст. н. с., к. б. н.; Институт водных и экологических проблем ДВО РАН
680000, Хабаровск, ул. Дикопольцева, 56
Тел., факс: (4212) 21-08-46, 32-57-55. E-mail: yavorskaya@ivep.as.khb.ru

БАССЕЙН РЕКИ АМУР, ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ, ЗООБЕНТОС, ПЛОТНОСТЬ, БИОМАССА, БИОРАЗНООБРАЗИЕ, КАЧЕСТВО ВОДЫ

Приведены первые данные о биоразнообразии донных беспозвоночных животных и количественные показатели зообентоса рек Эльбан и Маглой (бассейн реки Амур, Хабаровский край). Рассмотрена структура группового и видового состава сообществ по плотности и биомассе. Установлено, что сообщество макрозообентоса р. Маглой представлено 14 группами беспозвоночных, р. Эльбан — 9 группами. Всего в р. Маглой выявлено 52 вида из 41 рода 15 семейств амфибиотических насекомых, в р. Эльбан — 34 вида из 25 родов 14 семейств. Проведена оценка качества воды в реках по биологическим показателям.

ZOOBENTHOS OF THE ELBAN AND MAGLOI TRIBUTARIES OF THE AMUR RIVER (KHABAROVSK TERRITORY)

N.M. Yavorskaya

Senior scientist, Ph. D.; Institute for Water and Ecological Problems
Far Eastern Branch, Russian Academy of Science
680000, Khabarovsk, Dikopoltsev Str., 56
Tel.: (4212) 21-08-46. E-mail: yavorskaya@ivep.as.khb.ru

AMUR RIVER BASIN, KHABAROVSK TERRITORY, ZOOBENTHOS, BIOMASS, BIODIVERSITY, WATER QUALITY

The first data on the biodiversity of benthic invertebrates and on the abundance of zoobenthos in the Elban and Magloi tributaries of the Amur River are demonstrated. Species composition, abundance and biomass of benthos communities are considered. It is found that the macrozoobenthos community includes 14 groups of invertebrates in the Magloi tributary and 9 groups in the Elban tributary. Fifty two species of 41 genera from 15 families of aquatic insects are found in the Magloi tributary and 34 species of 25 genera from 14 families in the Elban tributary. An assessment of water quality in the rivers on the biological indicators is carried out.

В результате интенсивного развития общества резко возросло антропогенное воздействие на природу и особенно на водные объекты. Наиболее успешно в настоящее время изучаются экосистемы прудов, озер и водохранилищ. Однако исследованию речных экосистем внимания уделяется явно недостаточно (Богатов, 1994).

В бассейне р. Амур, начиная с 1990-х и особенно в последние годы, резко обострились многие экологические проблемы, непосредственно связанные с изменениями климатических условий и хозяйственной деятельностью в регионе. Происходящие негативные изменения затрагивают не только пойму р. Амур, но и прилегающие к ней равнинные и даже горные территории (Махинов, Шугуан, 2013; Водно-экологические.., 2003).

В нижнем течении р. Амур большинство водотоков, в которых проходят нерест тихоокеанских лососей и нагул их молоди, относятся к высшей рыбохозяйственной категории, и обследованные нами реки Эльбан и Маглой входят в их число. Фауна пресных вод исследуемых водотоков широко представлена амфибиотическими насекомыми, которые играют важную роль в донных биоценозах, являются ценными пищевыми объектами для многих видов рыб, в т. ч. молоди тихоокеанских лососей, и представляют огромный научный интерес в качестве индикаторов экологического состояния водных экосистем.

В настоящее время в Хабаровском крае активно выполняются работы по прокладке газо- и нефтепроводов, которые затрагивают и экосистемы лососевых водотоков. Т.М. Тиуновой (2007) отмечено, что для проведения гидробиологи-

ческого мониторинга необходимо иметь сведения об исходном состоянии зообентоса в исследуемом водотоке. Для этого необходимо создание «паспорта» реки различной типологической принадлежности, где, помимо гидрохимических показателей, должны быть представлены данные о структуре зообентосных сообществ, биомассе и численности входящих в сообщества организмов.

Цель работы — изучение структуры сообществ донных беспозвоночных рек Эльбан и Маглой и определение их экологического состояния до строительства трассы нефтепровода.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работы выполнялись 15 и 17 июля 2010 г. в верхнем течении рек Эльбан и Маглой. Количественные пробы бентоса отбирались на перекатах с помощью бентометра Леванидова (площадь захвата 0,16 м^2), фиксировались 4%-м раствором формалина и обрабатывались по общепринятой методике (Тиунова, 2003). Параллельно, для уточнения видовой принадлежности амфибиотических насекомых, собирались качественные и имагинальные пробы.

Река Эльбан впадает в оз. Омми (бассейн р. Амур). Длина реки 99 км. Площадь водосбора 1400 км^2. Река имеет 153 притока длиной менее 10 км каждый, общей длиной 195 км. На водосборе реки имеется 71 озеро, общей площадью 2,41км^2 (Гидрологическая изученность, 1966). В районе проведения работ ширина реки составляла 35–40 м, глубина — 50 см, температура воды — 7 °С.

Река Маглой впадает с правого берега в р. Эльбан на 45 км от устья. Протяженность водотока 36 км. Река имеет 80 притоков длиной менее 10 км, общая длина которых составляет 105 км (Гидрологическая изученность, 1966). Ширина реки в районе проведения работ составляла 10–15 м, глубина — 20 см, температура воды — 10 °С. Вода в реках прозрачная, грунт дна представлен разноразмерной галькой с примесью песка.

При определении структуры сообществ использовалась классификация А.М. Чельцова-Бебутова в модификации В.Я. Леванидова (1977), по которой доминанты от общей плотности (N) или биомассы (B) составляют 15% и более, субдоминанты — 5,0–14,9%, второстепенные виды — 1,0–4,9%, третьестепенные — менее 0,1%.

Для определения качества воды применялись олигохетный индекс (Goodnight, Whitley, 1961) и биотический индекс Вудивисса (Вудивисс, 1977).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Бентосное сообщество р. Маглой насчитывало 14 групп донных беспозвоночных, в т. ч.: Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Megaloptera, Coleoptera, Chironomidae, Limoniidae, Ceratopoganidae, Simuliidae, Tipulidae, Hydrachnidae, Amphipoda, Oligochaeta, Nematoda. В р. Эльбан — 9 таксонов, из указанных выше не выявлены Megaloptera, Ceratopoganidae, Tipulidae, Oligochaeta и Nematoda (табл. 1).

В р. Эльбан по обоим количественным показателям доминировали Chironomidae (68,1 и 45,1%) и Ephemeroptera (16,3 и 23,1%). Лидерами только по биомассе еще являлись Amphipoda (22,2%). Субдоминанты по биомассе отсутствовали, по плотности их представляли Amphipoda. В разряд второстепенных по плотности вошли Plecoptera, Simuliidae и Trichoptera; по биомассе — Limoniidae, Plecoptera, Simuliidae и Trichoptera.

В р. Маглой и по плотности, и по биомассе преобладали Chironomidae (67,6 и 23,7%). К ним по биомассе также присоединились еще Amphipoda (41,3%) и Ephemeroptera (26,1%). Категорию субдоминантов по плотности представляли Amphipoda и Ephemeroptera; по биомассе они отсутствовали. К разряду второстепенных по плотности относились

Таблица 1. Показатели плотности (N) и биомассы (B) донных беспозвоночных рек Маглой и Эльбан

Группа	Маглой				Эльбан			
	N, экз./м^2	N, %	B, г/м^2	B, %	N, экз./м^2	N, %	B, г/м^2	B, %
Plecoptera	349	2,1	1,803	4,9	333	2,9	0,987	3,1
Ephemeroptera	2000	12,6	9,541	26,1	1873	16,3	7,378	23,1
Trichoptera	302	1,9	0,829	2,3	175	1,5	0,511	1,6
Megaloptera	16	0,1	0,002	+	–	–	–	–
Coleoptera	381	2,4	0,170	0,5	16	0,1	0,002	+
Chironomidae	10 762	67,6	8,672	23,7	7825	68,1	14,373	45,1
Limoniidae	48	0,3	0,097	0,3	48	0,4	0,814	2,6
Ceratopoganidae	32	0,2	0,040	0,1	–	–	–	–
Simuliidae	143	0,9	0,203	0,6	270	2,4	0,720	2,3
Tipulidae	16	0,1	0,008	+	–	–	–	–
Hydrachnidae	111	0,7	0,017	+	48	0,4	0,012	+
Amphipoda	1571	9,9	15,127	41,3	905	7,9	7,075	22,2
Oligochaeta	159	1,0	0,075	0,2	–	–	–	–
Nematoda	32	0,2	0,008	+	–	–	–	–
Всего	15 922	100	36,592	100	11 493	100	31,872	100

Примечание: + — менее 0,1%.

Coleoptera, Oligochaeta, Plecoptera и Trichoptera; по биомассе — Plecoptera и Trichoptera.

Предварительный список фауны амфибиотических насекомых р. Маглой включает 52 вида из 41 рода и 15 семейств, в т. ч. 24 вида и формы из сем. Chironomidae (*Pagastia orientalis* Tschernovskij, *Sympotthastia fulva* Joh., *Constempellina* sp., *Corynoneura* sp., *Cricotopus* gr. *tremulus*, *Eukiefferiella* gr. *brehmi*, *Eukiefferiella* gr. *devonica*, *Orthocladius* gr. *rivicola*, *Orthocladius* gr. *rivulorum*, *O. saxosus* Tokunaga, *O. setosus* Makarchenko et Makarchenko, *Orthocladius* sp., *Parakiefferiella bathophila* Kieffer, *Parametriocnemus borealpinus* Gowin, *Stilocladius intermedius* Wang, *Thienemannimyia* sp., *Thinemanniella* sp., *Tokunagaia ambigua* Makarchenko et Makarchenko, *Tvetenia* gr. *bavarica*, *Zavrelia* sp., *Micropsectra togacontralia* Sasa et Okazawa, *Polypedilum* sp., *Rheotanytarsus* sp., *Tanytarsus* sp.), 13 видов из отряда Ephemeroptera (*Acentrella sibirica* (Kazlauskas), *Baetis* (*Baetis*) *pseudothermicus* Kluge, *B.* (*B.*) *vernus* Curtis, *Cinygmula hirasana* Imanishi, *Cinygmula* sp., *Drunella triacantha* Tshernova, *Epeorus* (*Iron*) *alexandri* Kluge et Tiunova, *E.* (*Belovius*) *pellucidus* (Brodsky), *Ephemerella aurivillii* Bengtsson, *E.* (*Zonadia*) *kozhovi* Bajkova, *E.* (*Ephemerella*) *dentate* Bajkova, *Ephemerella* sp., *Leptophlebia* (*Neoleptophlebia*) *chocolate* (Imanishi), 2 формы из сем. Limoniidae (*Antocha* sp., *Dicranota* sp.), 1 вид из отряда Megaloptera (*Sialis* sp.), 5 видов и форм из отряда Plecoptera (*Alaskaperla longidentata* (Rauser), *Amphinemura* sp., *Arcynopteryx* sp., *Megarcys* sp., *Pictetiella asiatica* (Zwick et Levanidova) и 7 видов и форм из отряда Trichoptera (*Agapetus* sp., *Brachycentrus americanus Banks*, *Glossosoma* sp., *Lepidostoma* sp., *Neophylax ussuriensis* Martynov, *Rhyacophila* gr. *sibirica*, *Rhyacophila* sp.).

Предварительный список фауны амфибиотических насекомых р. Эльбан включает 34 вида из 25 родов и 14 семейств, в т. ч. 9 видов и форм из сем. Chironomidae (*Diamesa* gr. *insignipes*, *P. orientalis*, *Constempellina* sp., *Eukiefferiella* sp., *O. saxosus* Tok., *O. setosus*, *Orthocladius* sp., *Tvetenia tamaflava* Sasa, *Rheotanytarsus* sp.), 14 видов и форм из отряда Ephemeroptera (*Ameletus* gr. *cedrensis*, *A. sibirica*, *B.* (*Baetis*) *fuscatus* Linnaeus, *B.* (*B.*) *pseudothermicus* Kluge, *Cinygmula cava* Ulmer, *Cinygmula* sp., *Drunella lepnevae* Tshernova, *Epeorus* (*Iron*) *maculatus* (Tshernova), *E.* (*Belovius*) *pellucidus*, *E. aurivillii*, *E.* (*Zonadia*) *kozhovi*, *E.* (*Ephemerella*) *dentata*, *Ephemerella* sp., *L.* (*N.*) *chocolate*), 2 формы из сем. Limoniidae (*Dicranota* sp., *Hexatoma* sp.), 4 вида и формы из отряда Plecoptera (*A. longidentata*, *Amphinemura* sp., *Megarcys* sp., *Protonemura* sp.) и 5 видов и форм из отряда Trichoptera (*Brachycentrus* sp., *Glossosoma* sp., *Lepidostoma* sp., *N. ussuriensis*, *Rhyacophila* sp.).

В зообентосе р. Маглой, среди всех выявленных бентосных групп, наиболее высоким видовым разнообразием представлено семейство Chironomidae, из которого по плотности населения преобладал *Rheotanytarsus* sp. (табл. 2). В р. Эльбан обнаружено 9 групп организмов. Из них наибольшим разнообразием отличался отряд Ephemeroptera, где по плотности лидировал *B.* (*A.*) *sibirica*. По обоим количественным показателям в обследованных водотоках доминировали Chironomidae.

Таблица 2. Структура сообществ зообентоса по плотности и биомассе (в %) в реках Эльбан и Маглой

Категория	Эльбан	%	Маглой	%
	По плотности			
Доминанты	*Pagastia orientalis*	47,5	*Rheotanytarsus* sp.	23,7
Субдоминанты	*Orthocladius saxosus*	7,5	Amphipoda	9,9
	Rheotanytarsus sp.	5,1	*Orthocladius* sp.	14,1
	Amphipoda	7,9	*Pagastia orientalis*	8,7
Второстепенные виды	*Eukiefferiella* sp.	1,4	*Corynoneura* sp.	1,8
	Orthocladius setosus	1,9	*Eukiefferiella* gr. *brehmi*	1,0
	Orthocladius sp.	2,8	*Micropsectra togacontralia*	4,8
	Acentrella sibirica	4,7	*Orthocladius* gr. *rivicola*	1,8
	Cinygmula sp.	3,6	*Orthocladius* gr. *rivulorum*	1,4
	Epeorus (*Iron*) *maculatus*	1,1	*Orthocladius saxosus*	2,3
	Ephemerella (*Zonadia*) *kozhovi*	2,5	*Tvetenia* gr. *bavarica*	1,6
	Alaskaperla longidentata	1,9	Coleoptera	2,4
			Acentrella sibirica	1,4
			Cinygmula sp.	4,0
			Ephemerella aurivillii	1,1
			Ephemerella (*Zonadia*) *kozhovi*	2,0
			Ephemerella sp.	1,2
			Oligochaeta	1,0
	По биомассе			
Доминанты	Amphipoda	22,2	Amphipoda	41,3
	Pagastia orientalis	36,3		
Субдоминанты	*Ephemerella aurivillii*	7,2	*Orthocladius* sp.	11,0
			Ephemerella aurivillii	10,1
			Ephemerella (*Ephemerella*) *dentate*	6,1

Таблица 2. Окончание

Категория	Эльбан	%	Маглой	%
Второстепенные виды	*Diamesa* gr. *insignipes*	1,4	*Pagastia orientalis*	4,0
	Orthocladius saxosus	3,2	*Rheotanytarsus* sp.	4,6
	Orthocladius sp.	2,1	*Epeorus* (*Belovius*) *pellucidus*	1,9
	Rheotanytarsus sp.	1,2	*Ephemerella* (*Zonadia*) *kozhovi*	4,2
	Ameletus gr. *cedrensis*	1,0	*Alaskaperla longidentata*	1,4
	Acentrella sibirica	2,8	*Pictetiella asiatica*	2,6
	Baetis (*Baetis*) *pseudothermicus*	1,0		
	Cinygmula cava	1,3		
	Epeorus (*Iron*) *maculatus*	1,0		
	Ephemerella (*Ephemerella*) *dentate*	3,0		
	Ephemerella (*Zonadia*) *kozhovi*	3,6		
	Hexatoma sp.	2,4		
	Alaskaperla longidentata	2,7		
	Brachycentrus sp.	1,4		

По олигохетному индексу (по 1%) воды в реках Эльбан и Маглой соответствовали I классу качества («очень чистые»), или ксеносапробной зоне. По индексу Вудивисса (9 и 8 баллов соответственно) воды относились ко II классу качества («чистые»), или олигосапробной зоне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые проведенные исследования зообентоса в реках Эльбан и Маглой перед строительством трассы нефтепровода показывают, что они относятся к чистым рекам, а выявленный комплекс группового состава донного населения является характерным для ритрона горных и предгорных рек Дальнего Востока России. Полученные показатели по количественному развитию, групповому и видовому составам донных беспозвоночных в дальнейшем могут использоваться как фоновые для определения степени изменения состояния сообществ беспозвоночных.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность за помощь в определении видовой принадлежности амфибиотических насекомых Е.А. Макарченко, М.А. Макарченко, О.А. Орел, В.А. Тесленко, Т.М. Тиуновой, Т.С. Вшивковой (БПИ ДВО РАН, г. Владивосток); за организацию полевых исследований — Г.В. Новомодному, Н.М. Панасенко (Хф ТИНРО, Хабаровск); за ценные критические замечания и советы при написании статьи — Т.Л. Введенской (Петропавловск-Камчатский).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Богатов В.В. 1994. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 218 с.

Водно-экологические проблемы бассейна реки Амур. 2003. Владивосток: ДВО РАН. 187 с.

Вудивисс Ф.С. 1977. Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеоиздат. 230 с.

Гидрологическая изученность. 1966. Т. 18. Вып. 1. Амур. Ленинград. 487 с.

Леванидов В.Я. 1977. Биомасса и структура донных биоценозов реки Кедровой // Пресноводная фауна заповедника «Кедровая падь». Владивосток: ДВНЦ АН СССР. Т. 45 (148). С. 126–158.

Махинов А.Н., Шугуан Лю. 2013. Формирование рельефа русел и берегов рек. Хабаровск: ДВО РАН. 174 с.

Тиунова Т.М. 2003. Методы сбора и первичной обработки количественных проб // Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России: Методическое пособие. М.: ВНИРО. С. 5–13.

Тиунова Т.М. 2007. Динамика биомассы бентоса в экосистемах лососевых рек юга Дальнего Востока // Биологические ресурсы Дальнего Востока России: комплексный региональный проект ДВО РАН / Под ред. Ю.Н. Журавлева. М.: Тов-во научных изданий КМК. С. 195–216.

Goodnight C.J., Whitley L. 1961. Oligochaetes as indicators of pollution // Proc. 15th Ind. Waste Conf. Pardue Univ. Ext. Ser. 106. P. 139–142.

УДК 597.552.511 (470.22) DOI 10.15853/978-5-902210-45-20

СОСТОЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА КУМЖИ В МАЛЫХ ПРИТОКАХ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА (НЕЛУКСА, ОРЗЕГА, БОЛЬШАЯ УЯ)

И.А. Тыркин[1], Ю.Н. Лукина[2], Л.А. Беличева[1]

[1]Н. с., к. б. н.; н. с., к. б. н.; Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук
185030, Петрозаводск, пр. Александра Невского, 50
Тел., факс: (8142) 57-84-64. E-mail: igor7895@yandex.ru, belicheva.lida@yandex.ru
[2]Ученый секретарь, д. б. н., Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства
199004, Санкт-Петербург, Набережная Макарова, 26
Тел., факс: (812) 400-01-78. E-mail: jlukina@list.ru

КУМЖА, ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО, РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПОПУЛЯЦИЯ

Исследованы особенности естественного воспроизводства кумжи в основных притоках Онежского озера. Изучена размерно-возрастная и половая структура популяций (выявлено количество возрастных групп в каждом притоке, отмечено доминирование самок). Выявлены притоки, в которых естественное воспроизводство осуществляется наиболее эффективно, а также притоки, в которых воспроизводство находится в депрессивном состоянии. Установлены возможные причины ухудшения естественного воспроизводства кумжи, к которым относятся нелегальный вылов производителей и малая водность. Исследованы гидрологические условия, грунты и кормовая база, которые соответствуют требованиям для молоди кумжи.

STATE OF NATURAL REPRODUCTION OF SALMON TROUT IN SMALL TRIBUTARIES OF ONEGA LAKE (NELUKSA, ORZEGA, BIG UYA)

I.A. Tyrkin[1], Yu.N. Lukina[2], L.A. Belicheva[1]

[1]Researcher, Ph. D.; researcher, Ph. D.; Institute of Water Problems of the North Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences
185030, Petrozavodsk, Pr. Alexander Nevsky, 50
Tel., fax: (8142) 57-84-64. E-mail: igor7895@yandex.ru, belicheva.lida@yandex.ru
[2] Scientific secretary, Dr. Sc.; National Research Institute of Lake and River Fisheries
199004, St. Petersburg, quay Makarova, 26
Tel., fax: (812) 400-01-78. E-mail: jlukina@list.ru

SALMON TROUT, NATURAL REPRODUCTION, SIZE AND AGE CHARACTERISTICS, POPULATION

Specifics of salmon trout natural reproduction in major tributaries of Onega Lake has been studied. Size and age population structure and sex ratio have been examined (the number of age groups in each tributary and predominance of females have been revealed). Tributaries providing reach or vice versa poor reproduction have been revealed. Possible causes of the decrease of the natural reproduction of salmon trout, including illegal fishing and poor water charge, have been figured out. Analyzed hydrological conditions, substrates and forage base were found to meet requirement of young salmon trout.

Онежское озеро, расположенное на территории Республики Карелия, — второе из четырех Великих озер Европы (Онежское.., 1999). Уникальность водоема определяется не только его водоресурсным, но и биоресурсным потенциалом. Озеро и его притоки являются резерватами генофонда, играют исключительную роль в сохранении биологического разнообразия. Именно в Республике Карелия находятся основные нерестовые реки и крупнейшие популяции пресноводного лосося (*Salmo salar* L.) на Европейском континенте, обитающие в Онежском и Ладожском озерах (Мартынов, 2007; Шустов и др., 2011). Не менее ценным представителем семейства лососевых является озерная кумжа (*Salmo trutta* L.). К началу 21 века популяции пресноводного лосося и озерной кумжи в озере существенно сократились, в основном из-за неконтролируемого вылова (Смирнов, 1971; Биоресурсы Онежского озера, 2008; Тыркин и др., 2011). В результате кумжа, наравне с лососем, была занесена в Красную книгу Карелии (1995). Наи-

большую ценность представляет лосось (Смирнов, 1971), который являлся объектом промышленного лова до 1993 года (Валетов и др., 1995). В дальнейшем промысел был закрыт в связи с катастрофическим снижением запасов.

Уловы кумжи всегда были незначительными и не превышали 0,75 т в период 1935–1940 гг., по сравнению с уловом лосося за аналогичный период — 18,8 т (Правдин, 1954). В 1947–1957 гг. в среднем уловы кумжи составляли 1,4 т, лосося — 21,9 т (Александров и др., 1959), в 70-е гг. уловы кумжи снизились до 0,19 т, а лосося — до 9,37 т (Валетов, 1979). В начале 80-х уловы составляли 0,33 т (Китаев и др., 2005). Ю.А. Смирнов (1971) указывал, что кумжа вылавливалась вместе с лососем, нередко и учитывалась как лосось, т. е. фактические уловы могли быть и выше. После введенного запрета на лов кумжи в озере отсутствуют сведения об уловах с 90-х годов прошлого века. В литературе сведения о кумже Онежского озера малочисленны и касаются физической силы молоди кумжи (Щуров, Шустов, 1989), перечня притоков, населенных кумжей, и ее распределения (Шустов, Веселов, 2005), уловов и биологии (Китаев и др., 2005), и питания кумжи в р. Большая Уя (Шустов и др., 2013). Кумжа населяет 14 притоков озера: Илемручей, Лососинка, Орзега, Большая Уя, Деревянка, Пухта, Черная, Шокша, Кукковка, Аржема, Немина, Туба (Шустов, Веселов, 2005), Неглинка и Нелукса. По сведениям Ю.А. Шустова и Е.А. Веселова (2005), в реках Лососинка, Деревянка, Немина, Туба плотности расселения составили 1 экз./100 м^2, что является крайне низким показателем.

Популяция пресноводного лосося с 1994 г. поддерживается частично (стадо р. Шуя) за счет искусственного воспроизводства (Тыркин и др., 2011), а популяция кумжи существует исключительно за счет естественного воспроизводства. В экологическом плане кумжа — вид более пластичный, чем атлантический лосось, что позволяет ей населять малые водотоки (до 10 км). При этом численность стада может составлять несколько десятков особей. Несмотря на то, что лов лосося и кумжи запрещен, крупные притоки Онежского озера (Шуя, Немина, Водла и др.) облавливаются практически круглый год местными жителями, в летний период прессинг усиливается за счет туристов. Также промысел лосося и кумжи активно осуществляется и в озере, во время нагула. Лов ведется как сетями, так и на «дорожку» (троллингом, ставшим в последнее время популярным способом ловли). В сложившейся ситуации стада кумжи и лосося крупных притоков находятся под угрозой исчезновения. Они были занесены в Красную книгу Карелии (1995) и запрещены к лову, как в реках, так и озере (Временные правила рыболовства в водоемах Республики Карелия, 2000). В дальнейшем стадо лосося р. Шуя было исключено из Красной книги Республики Карелия (2007) в связи с искусственным воспроизводством.

Кумжа малых рек имеет численность в несколько десятков особей, не испытывает прессинга со стороны рыбаков и может быть использована как для сохранения ее в бассейне Онежского озера, так и для рыбоводных работ, направленных на сохранение и восстановление в реках, в которых она исчезла.

Цель данной работы — исследовать видовой состав рыб на нерестово-нагульных участках обитания кумжи, определить плотность расселения рыб в малых притоках (Нелукса, Орзега, Большая Уя) западного побережья Онежского озера, исследовать возрастную и половую структуру молоди кумжи, биологические характеристики молоди кумжи.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-17-00766).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Бассейны рек Нелукса, Орзега, Большая Уя расположены на западном побережье Онежского озера. Рельеф в верховьях рек среднехолмистый, в низовьях равнинный. Истоком р. Нелукса является оз. Уварово площадью 0,59 км^2. Протяженность реки составляет 9,6 км (рис. 1) и впадает она в Онежское озеро в 2,5 км к северу от Деревянской бухты. Протяженность р. Ор-

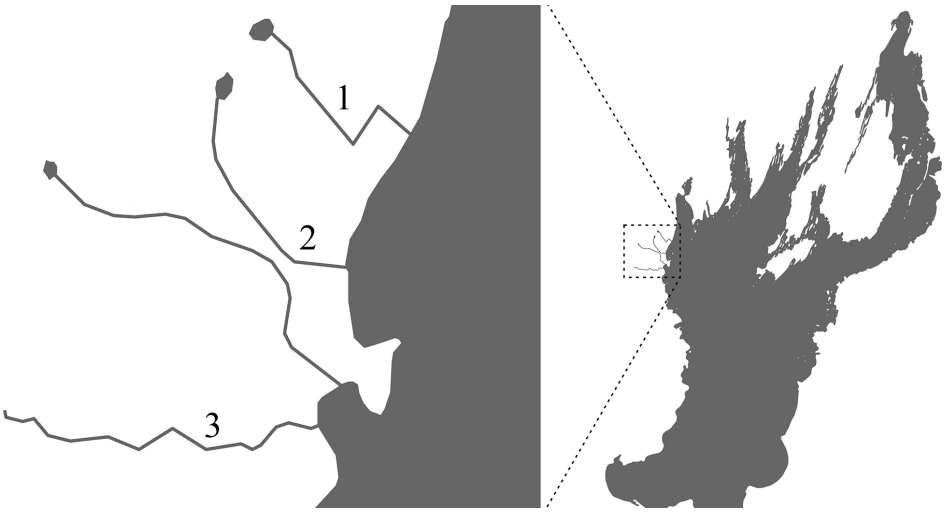


Рис. 1. Карта-схема станций облова на обследуемых реках. Примечания: 1 — р. Нелукса; 2 — р. Орзега; 3 — р. Большая Уя

зега составляет 15 км, истоком реки является заболоченная местность в 1,5 км к западу от ж/д станции «Орзега», впадает также в Деревянскую бухту. Р. Большая Уя берет свое начало с территории болота, расположенного юго-западнее Уйской губы, ее протяженность — 16 км (Каталог озер и рек Карелии, 2001), средний уклон 8,62‰, местом падения служит Уйская губа Онежского озера.

Молодь отлавливалась электроловом «FA-3» (Норвегия) по стандартной методике (Маслов, 1989; Karlstrom, 1976) и двумя сачками с диаметром входного отверстия 0,5 м, длиной кута 0,5 м и шагом ячеи 4 мм. Участки, потенциально пригодные для обитания молоди форели (*Salmo trutta*), облавливались три раза для максимального изъятия молоди лосося и других рыб (бычок-подкаменщик (*Cottus gobio*) и голец усатый (*Barbatula barbatula*)). В процессе облова молодь собиралась в емкость с водой объемом 10 л. После облова проводился подсчет общего числа рыб для каждого вида, пойманных на облавливаемом участке реки. Для определения возраста брали несколько чешуй (Мартынов, 1987). У молоди кумжи измеряли длину (AB, AC, AD) и вес (Правдин, 1966), другие виды не промерялись. В дальнейшем молодь выпускали живой на месте вылова. Часть молоди была доставлена в живом виде в лабораторию гидробиологии для определения пола, наполненности желудков и упитанности (визуальная оценка наличия жировых отложений). Обловы проводили в конце сентября 2014 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Площадь облова на нерестово-нагульном участке составляла в среднем около 50 м^2, на всех реках обнаружена молодь кумжи, в р. Большая Уя присутствовали также бычок-подкаменщик и голец усатый. Плотности для кумжи составили от 16 до 129 экз./100 м^2 (рис. 2), наибольшие плотности отмечены в р. Нелукса, наименьшие — в р. Большая Уя. Возрастная структура рыб имела отличительные особенности в исследованных водотоках: так, в р. Большая Уя молодь кумжи была представлена тремя возрастными группами 0+–2+, в р. Нелукса отсутствовали сеголетки (0+), в р. Орзега отсутствовали трехлетки (2+) (рис. 2). Половая структура характеризовалась доминированием самок (75–93%) во всех выборках, наименьшая численность самцов отмечена в р. Нелукса (рис. 3). В данном притоке самец в возрасте 2+ имел 5 стадию зрелости гонад и был готов к нересту, его биологические показатели представлены в таблице 1. В возрастной группе 0+ наибольшие размерно-весовые показатели у молоди в р. Орзега, в возрастных группах 1+ и 2+ — у молоди в р. Большая Уя (табл. 1).

Естественное воспроизводство кумжи успешно осуществляется в обследованных реках. Наибольшие плотности расселения отмечены в р. Нелукса (129 экз./100 м^2), что является очень хорошим пока-

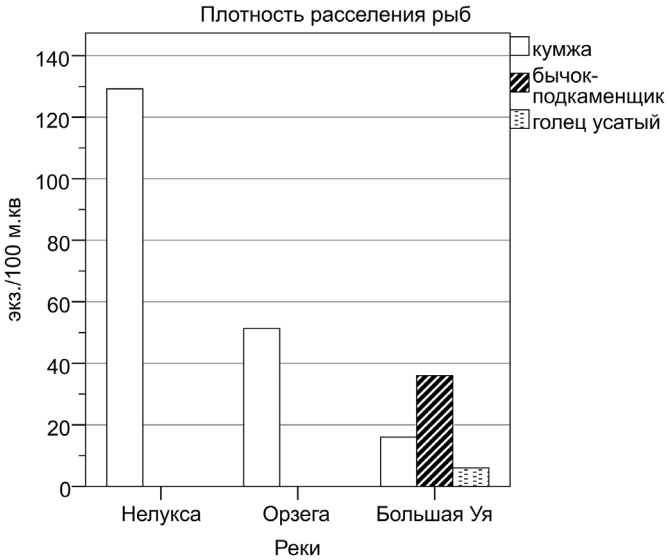


Рис. 2. Плотность расселения молоди кумжи в 2014 году

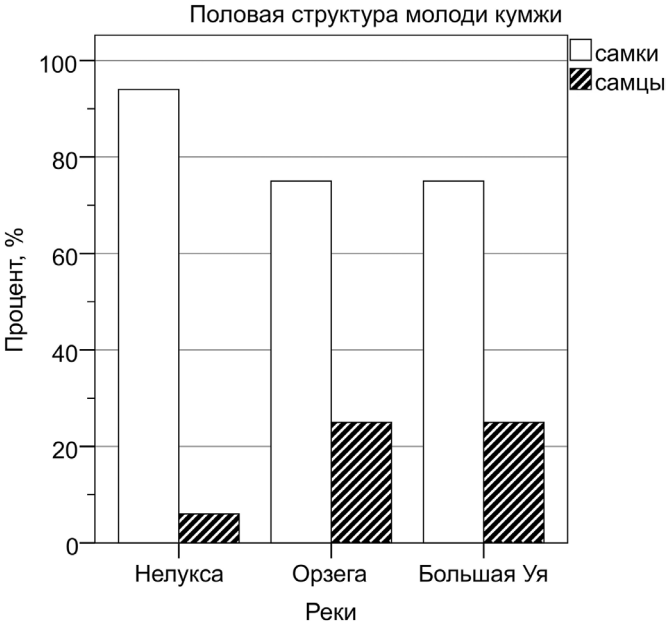


Рис. 3. Половая структура молоди кумжи в 2014 году

Таблица 1. Линейные и весовые показатели молоди кумжи обследуемых рек

Возрастная группа	Соотношение в %	Длина AB, см M±S	Длина AC, см M±S	Длина AД, см M±S	Ср. вес, г M±S
Нелукса					
1+	56%	10,1±0,7	9,5±0,6	8,5±0,6	8,3±1,3
2+	44%	13,8±1,3	13,0±1,2	11,7±1,2	22,4±6,7
Орзега					
0+	70%	7,7±1,1	7,4±1,0	6,6±0,8	4,4±1,8
1+	30%	12,3±0,6	11,7±0,5	10,7±0,4	16,6±2,7
Большая Уя					
0+	60%	7,4±0,3	7,0±0,3	6,2±0,3	3,7±0,4
1+	30%	14,4±0,2	13,7±0,2	12,3±0,2	26,9±1,8
2+	10%	17,1±	16,3±	15,0±	46,4±

зателем для бассейна Онежского озера. Сравнимые плотности распределения молоди пресноводного лосося отмечены только в р. Суна, где они стабильно высокие и превышают 150 экз./100 м^2 (Тыркин и др., 2015). Вместе с тем, отсутствие в данном притоке возрастной группы 0+ свидетельствует о пропуске нереста в 2013 году, что, возможно, связано с изъятием производителей или малой водностью, не позволившей им подняться к местам нереста. Причиной высокой плотности распределения является отсутствие регулярного промысла, поскольку река мелкая, с шириной русла летом 1–1,5 м, и больше похожа на ручей. Если устье перекрывается сетью, тогда вероятность подъема на НВУ производителей практически исключена из-за малой численности стада. В р. Орзега общая плотность расселения составила 51 экз./100 м^2, ранее этот показатель был выше и достигал 72 экз./100 м^2 (Шустов, Веселов, 2005). Плотность расселения в возрастной группе 0+ выше в два раза, чем в группе 1+. Отсутствие возрастной группы 2+ объясняется скатом в озеро преимущественно в этом возрасте, так как река имеет малую протяженность и, соответственно, покатникам требуется меньше энергии для ската в озеро. В р. Большая Уя общая плотность распределения рыб составила 16 экз./100 м^2, что значительно ниже как по сравнению с реками Орзега и Нелукса, так и с предыдущими периодами исследования (Шустов, Веселов, 2005), когда плотности расселения составляли 33 экз./100 м^2. Причиной низкой численности рыб для рек Орзега и Большая Уя является вылов производителей во время нерестовой миграции. В устье р. Большая Уя расположен поселок Уя, соответственно уровень антропогенной нагрузки (изъятия) выше по сравнению с реками Орзега и Нелукса, что негативно сказывается на численности молоди в реках, на которых не имеется населенных пунктов. Антропогенный фактор является основным, поскольку гидрологические условия, фракционный состав и подвижность грунтов, кормовая база соответствуют требованиям нерестово-нагульных участков кумжи. Желудки обследованных рыб были наполнены кормовыми объектами, кишечник по всей длине покрыт жировыми отложениями снаружи, что свидетельствует об интенсивном питании в летне-осенний период и готовности рыб к зимнему периоду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований, в трех притоках Онежского озера была обнаружена молодь кумжи, возрастная структура которой имела некоторые отличительные черты. В р. Большая Уя выявлены три возрастные группы (0+–2+), в р. Орзега отсутствовала молодь в возрасте 2+, что, возможно, связано со скатом в озеро, в р. Нелукса отсутствовали сеголетки, что может свидетельствовать об отсутствии нереста в 2013 г. По линейно-весовым показателям наиболее крупная молодь обитает в р. Большая Уя, менее крупная — в р. Нелукса, причиной различий, возможно, является мощность реки. Наибольшие плотности расселения отмечены в р. Нелукса (129 экз./100 м^2), которая представляет собой наименьший из всех обследованных водоток, а минимальные — в наиболее крупном обследованном притоке Большая Уя. В р. Нелукса отсутствие сеголеток свидетельствует о нерегулярном нересте производителей. В р. Орзега плотности оказались ниже, чем в р. Нелукса, но на достаточно хорошем уровне (51 экз./100 м^2). Воспроизводство кумжи в р. Большая Уя находится в депрессивном состоянии, плотности молоди характеризуются довольно низким показателем и составляют всего 16 экз./100 м^2. Поскольку обследованные притоки по гидрологическим показателям, грунтам, топографии русла и кормовой базе соответствуют рекам, в которых обитают кумжа и лосось (Шустов и др., 2013), можно утверждать, что причиной ухудшения естественного воспроизводства кумжи является антропогенный фактор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александров Б.М., Беляева К.И., Дмитренко Ю.С., Покровский В.В., Смирнов А.Ф., Урбан В.В. 1959. Озеро Онежское // В кн.: Озера Карелии. С. 86–135.

Биоресурсы Онежского озера. 2008. Петрозаводск: Карельский научный центр. 272 с.

Валетов В.А. 1979. Современное состояние воспроизводства лососевых рыб (лосось, кумжа, палия) в крупных промысловых озерах КАССР и меры по повышению его эффективности. Петрозаводск: СеврыбНИИпроект. 10 с.

Валетов В.А., Веденеев В.П., Михайленко В.Г., Щуров И.Л. 1995. Эффективность воспроизводства шуйского лосося // Тез. докл. конф. «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера». Петрозаводск. С. 16–17.

Временные правила рыболовства в водоемах Республики Карелия. 2000. Петрозаводск. 22 с.

Каталог озер и рек Карелии. 2001. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 290 с.

Китаев С.П., Ильмаст Н.В., Михайленко В.Г. 2005. Кумжи, радужная форель, гольцы и перспективы их использования в озерах Северо-Запада России. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 108 с.

Красная книга Карелии. 1995. Петрозаводск: Карелия. 286 с.

Красная книга Республики Карелия. 2007. Петрозаводск: Карелия, 368 с.

Мартынов В.Г. 1987. Сбор и первичная обработка биологических материалов из промысловых уловов атлантического лосося (методические рекомендации). Сыктывкар, 36 с.

Мартынов В.Г. 2007. Атлантический лосось (*Salmo Salar* L.) на Севере России. Екатеринбург: УрО РАН. 414 с.

Маслов С.Е. 1989. Применение электроловов ранцевого типа в ихтиологических исследованиях на лососевых реках // Тез. докл. респ. конф. Петрозаводск. С. 22−28.

Онежское озеро. Экологические проблемы. 1999. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 293 с.
Правдин И.Ф. 1954. Лососи (род Salmo) водоемов Карело-Финской ССР // Тр. Карело-финского университета. Петрозаводск. Т. 5. С. 78–119.
Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищепромиздат. 270 с.
Смирнов Ю.А. 1971. Лосось Онежского озера. Биология, воспроизводство, использование. Л.: Наука. 143 с.
Тыркин И.А., Щуров И.Л., Широков В.А., Гайда Р.В. 2011. Состояние искусственного и естественного воспроизводства пресноводного лосося *Salmo Salar* L. (Salmonidae, Salmoniformes) в притоках Онежского озера // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. № 8 (121). С. 19–23.
Тыркин И.А., Иванов С.И., Щуров И.Л., Широков В.А. 2015. Воспроизводство атлантического лосося (*Salmo Salar L.*) (Salmoniformes, Salmonidae) (пресноводная форма) на рекультивированном нерестово-вырастном участке реки Суна // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. № 2 (147). С. 23–28.
Шустов Ю.А., Белякова Е.Н., Веселов А.Е. 2013. Сезонные особенности питания рыб в кумжевой реке Большая Уя (бас. Онежского озера) // Принципы экологии. № 4. С. 57–69.
Шустов Ю.А., Веселов А.Е. 2005. Современное состояние и пути сохранения озерной кумжи (*Salmo trutta* m. Lacustris L.) в водоемах Карелии // Лососевидные рыбы Восточной Фенноскандии. С. 198–210.
Шустов Ю.А., Щуров И.Л., Ивантер Д.Э., Тыркин И.А. 2011. Пресноводный лосось. (Уч. Пособие.) Петрозаводск: ПетрГУ. 180 с.
Щуров И.Л., Шустов Ю.А. 1989. Сравнительное изучение физических способностей молоди атлантического лосося и кумжи в речных условиях // Вопросы ихтиологии. Т. 29, вып. 2. С. 340–342.
Karlstrom O. 1976. Quantitative Methods in Electrical Fishings in Swedish Salmon Rivers // ZOOH. Vol. 4. P. 53–63.

УДК 574.583 (28-571.53) DOI 10.15853/978-5-902210-45-21

ОСОБЕННОСТИ ВИДОВОГО СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗООПЛАНКТОНА ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ ОСТРОВА ОЛЬХОН (БАЙКАЛ)

Н.Г. Шевелева[1], Н.И. Шабурова[2], О.Г. Пенькова[3]

[1]Ст. н. с, к. б. н.; Лимнологический институт СО РАН
664033, Иркутск, Улан-Баторская, 3
Тел., факс: (3952) 42-65-04. E-mail: shevn@lin.irk.ru
[2]Вед. н. с., к. б. н.; ФГБУ «Заповедное Прибайкалье»
664050, Иркутск, Байкальская, 291б
Тел., факс: (3952) 350-662. E-mail: snash19@yandex.ru
[3]Доцент, к. б. н.; Педагогический институт Иркутского государственного университета 664000, г. Иркутск, Нижняя Набережная, 6
Тел., факс: (3952) 24-06-59. E-mail: olg-penkova@yandex.ru

ЗООПЛАНКТОН, ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, ЭКОЛОГИЯ, ВНУТРЕННИЕ ВОДОЕМЫ, ОСТРОВ ОЛЬХОН, БАЙКАЛ

Впервые проведены исследования фауны планктона шести разнотипных водоемов острова Ольхон. Зоопланктон озер Нур и Шара-Нур изучен спустя 40 и 10 лет. Приведен таксономический список фауны коловраток и ракообразных исследуемых водоемов, включающий 62 вида и подвида. Наибольшее разнообразие и количественные показатели зоопланктона отмечены для пресноводного озера Нур и солоноватого Шара-Нур. На основе показателей таксономической структуры зоопланктоценоза, величин его численности, биомассы и видов-индикаторов дана оценка трофического статуса и качества воды исследуемых водоемов.

SPECIFICS OF SPECIES COMPOSITION AND QUANTITATIVE INDICES OF ZOOPLANKTON IN THE INLAND WATER BODIES OF THE OLKHON ISLAND (BAIKAL)

N.G. Sheveleva[1], N.I. Shaburova[2], O.G. Pen'kova[3]

[1]Senior scientist, Ph. D.; Limnological Institute RAS
664033 Irkutsk, Ulan-Batorskaya, 3
Tel.: (3952) 42-65-04. E-mail: shevn@lin.irk.ru
[2]Leading scientist, Ph. D.; "Zapovednoe Pribaikalye"
664050, Irkutsk, Baikalyskaya, 291b
Tel.: (3952) 350-662. E-mail: snash19@yandex.ru
[3]Associate professor, Ph. D.; Pedagogical Institute, Irkutsk State University
664000, Irkutsk, Nizhnyaya Naberedzhnaya, 6
Tel.: (3952) 24-06-59. E-mail: olg-penkova@yandex.ru

ZOOPLANKTON, SPECIES DIVERSITY, ECOLOGY, INLAND WATER BODIES, OLKHON ISLAND, BAIKAL

Survey of plankton fauna in 6 different water bodies on the Olkhon Island was carried out for the first time. Zooplankton in the lakes Nur and Shara-Nur was checked again after 40 and 10 years. A taxonomic list of rotifers and crustaceans of 62 species and subspecies found in examined water bodies area was presented. The maximal biodiversity and abundance of zooplankton was observed in the freshwater lake Nur and in the brackish lake Shara-Nur. Estimation of the trophic state and quality of water in checked water bodies was made based on the data about the taxonomic structure, abundance, biomass and indicator species of zooplankton.

Наиболее многочисленные публикации по зоопланктону внутренних водоемов на территории России в основном касаются ее восточной части, где расположены крупные острова и полуострова (Боруцкий, 1967; Заварзин, Сафронов, 2001; Заварзин, 2011; Вехов, 1973; Новичкова, 2012). Более интенсивные исследования фауны беспозвоночных выполнены на полуострове Камчатка (Акатова, 1937; Носова, 1968; Вецлер, 1993, 2009; Бонк, 2003; Базаркина, 2004; Куренков, 2005). На западе России относительно хорошо изучена фауна планктона полуострова Крым (Загородняя и др., 2008; Ануфриева, Шадрин, 2012).

Особый интерес у исследователей вызывают фауна и флора внутренних водоемов острова Ольхон, расположенного на Байкале.

Остров Ольхон — самый крупный остров тектонического происхождения озера Байкал. От побережья его отделяют воды Малого Моря и пролива Ольхонские Ворота. Уникальность острова заключается в том, что здесь имеются лесные, степные и полупустынные ландшафты.

Площадь острова составляет 730 км^2, длина 72 км, максимальная ширина 14 км (Кожов, 1962). Климат Ольхона континентальный, с малоснежной зимой и сухим летом. На острове имеются как временные, так и постоянные водоемы, различающиеся по размерам и минерализации (табл. 1).

Например, озера, расположенные на побережье Байкала (Хужирное и Нур), содержат пресную воду, а озеро Шара-Нур в центральной части острова относится к солоноватым (Пенькова и др., 2004). Следует отметить, что водная фауна острова изучалась эпизодически. Имеются несколько работ, проведенных в 1950–1970-е годы и касающихся изучения зоопланктона только озера Нур (Загли-Нур) (Вилисова, 1959; Левковская, 1977). Подробные сезонные и межгодовые гидробиологические исследования озера Шара-Нур были проведены нами в начале двухтысячных годов (Пенькова и др., 2004; Пенькова и др., 2007).

В настоящее время в условиях туристического паломничества стремительно нарастает рекреационная нагрузка на экосистемы острова Ольхон. Усилившемуся антропогенному воздействию подвергаются природные объекты острова, его уникальная растительность, водоемы, особенно те из них, которые используются в лечебных целях (Шара-Нур). В этих водоемах обитают редкие и малоизученные представители водной фауны. Кроме того, на острове есть водоемы, которые использовались ранее (Нур) или могут быть использованы для подращивания молоди рыб. В настоящее время возникает острая необходимость в изучении таксономического состава фауны планктона водоемов Ольхона и его количественных показателей.

Цель настоящей работы — изучение таксономического состава фауны планктона и динамики количественных показателей внутренних разнотипных водоемов острова.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Остров Ольхон беден внутренними водами, здесь расположено несколько постоянных водоемов. Наиболее крупные и глубокие: Нур (или Загли-Нур), Ханхойское и Шара-Нур.

Озера Шара-Нур и Узуры расположены в средней части острова (рис. 1), Ханхойское и Нур отделены от Байкала длинной галечной или песчаной косой. Водоемы 1 и 2 временные и мелководные, также находятся в средней части острова. Большинство исследованных водоемов — пресноводные, исключение составляет Шара-Нур с минерализацией 1,38–1,87 г/л, которое по классификации (Алекин, 1970) относится к солоноватым. Вода в водоемах быстро прогревается весной и рано охлаждается осенью. Максимальная температура воды отмечена в августе, когда она была выше 20 °С (табл. 1) и только в двух озерах (Узуры и Хужирное) не превышала 16 °С.

В работе использованы качественные и количественные материалы по зоопланктону, собранные на 8 водоемах острова Ольхон (рис. 1). На озере Шара-Нур проведены сезонные наблюдения в течение 2013 г., на остальных озерах пробы зоопланктона были отобраны в мае и августе 2014 г. Орудием сбора зоопланктона служили сеть Джеди с диаметром входного отверстия 25 см и сачок Апштейна с конусом из мельничного газа 70 мкм. При определении таксономического состава фауны планктона использованы работы (Кутикова, 1970; Определитель.., 1995, 2010; Einsle, 1996). Оценка сапробного состояния воды проведена по зоопланктону методом Пантле–Букка в модификации Сладечека (Sladecek, 1983).

Структурообразующие виды определяли по процентному соотношению численности вида в анализируемой выборке к численности всего сообщества. Структурообразующими считали представителей с относительной численностью не менее 5%.

На месте отбора проб зоопланктона определяли pH, минерализацию, температуру и прозрачность

Таблица 1. Физико-химические параметры исследуемых водоемов

№	Название водоема	Координаты (N, E)	Площадь, м²	Глубина, м	Температура воды, °С (макс.)	pH	TDS, мг/л
I	Нур	53°03′ 106°58′	680 000	6	23	7,44	159,7
II	Кобылья голова	53°03′ 106°56′	15 700	1	20	–	–
III	Ханхойское	53°08′ 106°10′	485 100	4	20	7,62	133,77
IV	Шара-Нур	53°06′ 107°15′	137 900	4	20	9,7–10,2	1370–1870
V	Хужирное	53°10′ 107°17′	7900	1,5	15	–	–
VI	Водоем 1	53°07′ 107°17′	2100	0,5	22	9,1	950
VII	Водоем 2	53°23′ 107°19′	5000	0,7	22	7,4	290
VIII	Узуры	53°19′ 107°44′	3200	1	16	8,0	–

Примечание: «–» — отсутствие данных

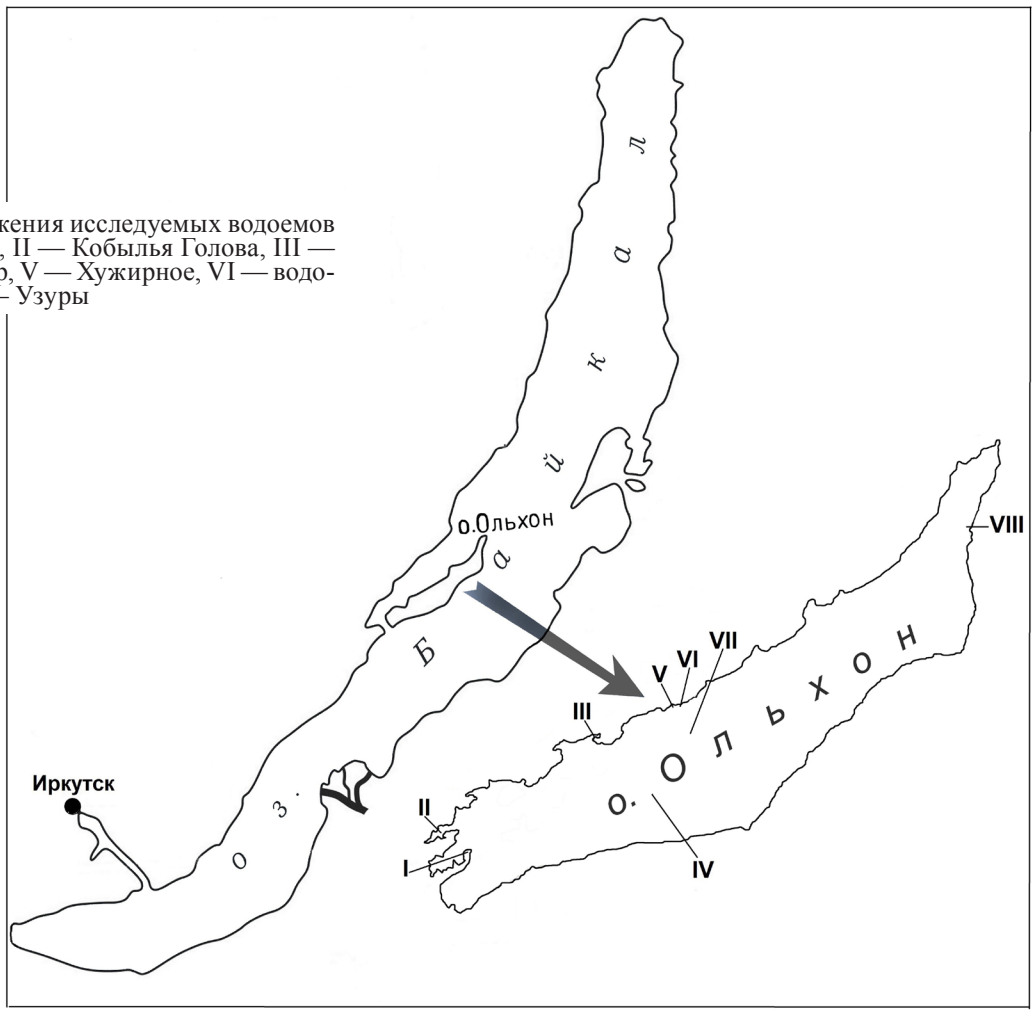


Рис. 1. Карта-схема расположения исследуемых водоемов на острове Ольхон. I — Нур, II — Кобылья Голова, III — Ханхойское, IV — Шара-Нур, V — Хужирное, VI — водоем 1, VII — водоем 2, VIII — Узуры

воды. Измерение температуры, значения pH в поверхностном горизонте и показания общей минерализации проводили портативным кондуктометром (Hanna-Hi-9060), прозрачности воды — при помощи диска Секки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фауна коловраток и ракообразных обследованных водоемов разнообразна и представлена 62 видами и подвидами, из них половину (27 видов) составляют коловратки и почти равное число видов приходится на ветвистоусых и веслоногих (19 и 16 соответственно). Наличие различных факторов среды исследуемых водоемов (минерализация, глубина и разнообразие биотопа, степень зарастания, близость Байкала) сказалось на составе зоопланктона. Здесь отмечены индикаторы солоноватых вод (*Daphnia magna, Arctodiaptomus (Rh.) salinus, Alona irinae, Moina mongolica, Hexarthra mira*), эвритермный и эвригалинный *Arctodiaptomus wierzejskii*, стенотермная термофильная *Daphnia similis.* Виды, характерные для небольших водоемов с высшей водной растительностью: *Lecane quadridentata, Euchlanis oropha, Keratella valga*. Из общего списка фауны планктона водоемов Ольхона 42 вида (67%) отмечены в Байкале (Аров и др., 2001; Мазепова, 2001; Шевелева, 2001). Необходимо отметить редкие для водоемов Восточной Сибири виды *Daphnia similis* и *Arctodiaptomus wierzejskii.* В водоемах Центральной Азии *D. similis* отмечена в Монголии (Шевелева и др., 2009) и Китае (Fen Xiang et al., 2015).

Озеро Нур является самым большим по площади и глубоким внутренним водоемом Ольхона. Зоопланктон озера богат качественно и количественно. В его составе преобладают коловратки (11 видов), которые определяют численность (80%) зоопланктона. Ветвистоусые ракообразные представлены 8 видами, из них два вида дафний.

В конце мая доминантное ядро представляли эвритермные весенне-летние коловратки *Keratella quadrata* (77 тыс. экз./м^3), *Conochilus unicornis* (21 тыс. экз./м^3), *Keratella cochlearis* (8 тыс. экз./м^3) и круглогодичные ракообразные: эвритермный *Bosmina longirostris* (9 тыс. экз./м^3) и холодолюбивый *Cyclops kolensis* (12 тыс. экз./м^3). Общая численность зоопланктона составляла 142 тыс. экз./м^3 при биомассе 600 мг/м^3. В это время в планктоне присутствовали дафнии: *Daphnia galeata* и *Daphnia cristata*, но их относительная численность была ниже 5%.

Доминантный комплекс зоопланктона в августе по численности представляли *D. galeata* (56%), *K. quadrata* (18%) и *Mesocyclops leuckarti* (13%). Численность составляла 73,4 тыс. экз/м^3. Биомасса зоопланктона в этот период была немногим более 2,100 г/м^3; как и численность, ее определяла *D. galeata* (92%). Сравнивая полученные качественные и количественные показатели по зоопланктону с данными за 1951–1952 гг. (Вилисова, 1959) и 1973–1974 гг. (Левковская, 1977), отмечаем, что зоопланктон по видовому составу был сходен, но различался по видовой структуре. Так, по данным И.К. Вилисовой (1959), в мае 1951 г. общая численность зоопланктона составляла 428 тыс. экз./м^3, при этом лидировали: из коловраток — *C. unicornis* (343 тыс. экз./м^3), из ракообразных — *B. longirostris* (44 тыс. экз./м^3) и *Eudiaptomus graciloides* (11 тыс. экз./м^3). А по данным Л.А. Левковской (1977), в мае 1974 г. общая численность зоопланктона (5,7 млн экз./м^3) определяли коловратки: *K. quadrata, Asplanchna priodonta, Brachionus angularis.* Первый вид составлял немногим более 70% общей численности. Биомасса зоопланктона (около 9 г/м^3) достигалась за счет *M. leuckarti, Daphnia longispina, Sida crystallina*. В августе, по данным этого же автора, доминировали *D. cristata, Thermocyclops crassus, K. cochlearis*, общая численность составляла не более 140 тыс. экз./м^3 с биомассой 1,81 г/м^3. Таким образом, в настоящее время в планктоне уменьшилась абсолютная и относительная плотность доминирующих в прошлом веке ракообразных (*E. graciloides, D. cristata*), а *Daphnia longispina* в наших сборах отсутствовала. Также уменьшилось количество коловраток, в связи с этим сократилась численность зоопланктона. Возможно, эта перестройка связана с гидрохимическим и температурным режимом в озере. В период наших исследований *E. graciloides* присутствовал в планктоне, но никогда его численность не превышала 5% барьера от общей. Известно, что *E. graciloides,* являясь эвритермным, более требователен к содержанию кислорода, чем циклопы (Ривьер, 2012). Также в настоящее время в озере Нур во все сезоны года основу численности и биомассы зоопланктона составляла *D. galeata,* которая является наиболее стойкой к антропогенному воздействию (Ривьер, 2012). Другой вид дафнии, *D. cristata*, в единичных экземплярах присутствовал в озере только в подледный период.

Количественные показатели в настоящее время уменьшились на порядок по сравнению с 1950–1970 гг.

Озеро Ханхойское относительно большое и глубокое (табл. 1), занимает второе место по площади после озера Нур. Во время наших исследований (май и август) при температуре воды 14 и 20 °С соответственно, в озере отмечали цветение синезеленых водорослей *Microcystis aeruginosa* и *Anabaena flos-aquae.* В фауне планктона отмечено 10 видов в мае и 8 в августе. В мае доминантный комплекс составляли *B. angularis* (70%), *M. leuckarti* (12%) и *B. longirostris* (9%). В августе отмечено бурное цветение водорослей, и, как следствие этого, минимальные значения прозрачности (20 см). Видовое богатство сократилось, особенно в группе коловраток. Так, в мае отмечено 7 видов коловраток, а в августе только один вид, *K. quadrata*. В это время массового развития достигают определенные виды, которые не испытывают угнетения при высоких концентрациях водорослей. Структурообразующее ядро составляли *Th. crassus* (70%), *Ceriodaphnia pulchella* (16%), *B. longirostris* (5%). На обилие *Th. crassus* в период цветения синезеленых указывали Ривьер (1993), Шевелева и Кривенкова (2010), *B. longirostris* — Ривьер (1993), Шабурова и Шевелева (2014). По нашим данным, к группе животных, которые пребывают в состоянии активной жизнедеятельности в пятнах цветения, можно отнести и *C. pulchella*. Наибольшие значения численности (846 тыс. экз./м^3) и биомассы (8,1 г/м^3) зоопланктона отмечены в августе.

Известно, что сообщества наскальных ванн характеризуются довольно простой структурой и небольшим числом видов (Глаголев и др., 2007). Зоопланктон в наскальной ванне мыса Кобылья Голова (табл. 1) беден качественно: 6 видов, из них только одна коловратка (*K. quadrata*). Доминировали по численности *D. magna* (52%) и *C. sphaericus* (18%), а по биомассе — дафния (93%). Данные по минерализации воды в наскальной ванне (Кобылья Голова) отсутствуют, но по нахождению в ней индикаторов соленых вод (*D. magna*, *A. salinus*) и эвригалинных (*C. sphaericus, Alona rectangula, Acanthodiaptomus denticornis*) видов можно предположить, что концентрация главных ионов >1 г/л. Так, в работах (Глаголев и др., 2007; Дулмаа и др., 2007), изучающих ракообразных в наскальных ваннах, достоверно показана совместная встречаемость *C. sphaericus* и *D. magna*, причем последний вид тяготеет к более минерализованной воде. Численность зоопланктона не превышала 7 тыс. экз./м^3, биомасса 2,0 г/м^3.

Озеро Шара-Нур по сумме главных ионов (1,37–1,87 г/л) относится к солоноватым. Фауна планктона представлена 21 видом, в ее составе найдены представители пресных и солоноватых вод. Коловратки насчитывают 12 видов, из них только род *Brachionus* представлен 5 видами и формами. Основу количественных показателей сообщества зоопланктона со-

ставляли *D. magna*, *A. denticornis* и *K. quadrata*. В конце мая, при минимальных (1,37 г/л) значениях минерализации, отмечены максимальная численность 363 тыс. экз./м^3 и биомасса 0,5 г/м^3 зоопланктона, при абсолютном доминировании *K. quadrata* (340 тыс. экз./м^3). В августе и октябре доминантный комплекс остался прежним, но количественные показатели зоопланктона сократились: так, численность составляла 8,4 тыс. экз./м^3 и 10,1 тыс. экз./м^3, а биомасса — 0,5 г/м^3 и 0,4 г/м^3 соответственно.

Зоопланктон озера Хужирное беден количественно, численность колебалась от 2,7 тыс. экз./м^3 в мае до 0,6 тыс. экз./м^3 в августе, максимальная биомасса отмечена в августе — 200 мг/м^3, против 100 мг/м^3 в мае. Сообщество зоопланктона представлено фитофильными, бентосными и эвритопными видами. В структурообразующее ядро сообщества входят 5 видов, из них 3 вида ракообразных (*Microcyclops varicans* (33%), *A. denticornis* (7%), *Ceriodaphnia quadrangula* (5%)) и два вида коловраток (*Mytilina ventralis* (23%), *Brachionus urceus* (7%)).

Зоопланктон временных водоемов 1 и 2, как и наскальной ванны мыса Кобылья Голова, беден качественно и количественно. Водоем 1 — самый малый по площади из всех исследованных водоемов, по содержанию главных ионов приближается к солоноватым (табл.). Фауна представлена 8 видами коловраток и 7 видами ракообразных. Все беспозвоночные организмы эвригалинные. Доминантное ядро по количественным показателям зоопланктона определяли *M. varicans* (27%), *B. urceus* (12%), *M. mongolica* (13%), *Filinia longiseta* (17%). Численность зоопланктона в августе не превышала 0,3 тыс. экз./м^3, а биомасса достигала 150 мг/м^3.

Зоопланктон водоема 2 также беден качественно и количественно. Водоем использовался животными для питья. Минерализация не превышала 0, 3 г/л, температура воды в конце августа была 22 °С, при глубине 0,7 м прозрачность составляла 10 см. Грунт представлен голубым илом. В составе зоопланктона был один вид коловраток (*K. valga*) и три вида ракообразных (*D. similis, A. denticornis* и *A. wierzejski*). По численности преобладали ракообразные *D. similis* (41%) и *A. wierzejski* (51%). Популяцию последнего вида представляли половозрелые особи. Численность зоопланктона едва достигала 0,1 тыс. экз./м^3. Биомассу зоопланктона, около 400 мг/м^3, определяли ракообразные, главным образом дафния.

Озеро Узуры находится на северо-востоке Ольхона (рис.). Оно мелкое, грунт — ил; возможно, питается подземными водами Байкала, температура воды в начале августа не превышала 16 °С. Зоопланктон как по составу, так и по структуре копеподно-кладоцерный. Из циклопов лидирующее положение занимал *Cyclops kolensis* (96%). Из ветвистоусых отмечены *Ceriodaphnia* sf. *dubia* и молодь *Simocephalus* sp. Численность зоопланктона была мала — 6, 23 тыс. экз./м^3, биомасса — около 100 мг/м^3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследован зоопланктон пяти постоянных и трех временных водоемов острова Ольхон. Выявлен его состав, который представлен 62 таксонами, рангом ниже рода. Впервые для водоемов Восточной Сибири найдены виды *D. similis, A. wierzejskii.* Фауна временных водоемов, наскальной ванны и мелководных стареющих водоемов характеризуется наименьшим видовым богатством, формируется на счет галофильных и эвригалинных видов. Наибольшее разнообразие и количественные показатели зоопланктона отмечены в относительно глубоких и больших по площади пресноводном озере Нур и солоноватом Шара-Нур. Значения индекса сапробности изменялись от 1,5 до 2,2, что характеризует исследованные водоемы (Ханхойское, Шара-Нур, Узуры и Нур) как ß-мезосапробные (умеренно-загрязненные). Исключение составляет озеро Хужирное, которое находится в непосредственной близости от Байкала и во время штормов обновляется его водами: индекс сапробности, 1,4, соответствует 0-мезосапробной зоне.

В настоящее время отмечается резкое сокращение площади и глубины водоемов острова Ольхон. Озера все больше зарастают водной растительностью, на дне скапливаются мощные отложения ила, в фауне обнаруживаются индикаторы эвтрофии и загрязнения. Безусловно, на гидрологическом режиме водоемов сказывается расположение их в аридной зоне Прибайкалья. Также «старение» озер обусловлено антропогенным воздействием — усиленной эксплуатацией как населением и туристами, так и животными, которые используют эти водоемы в качестве водопоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акатова Н.А. 1937. К познанию планктона Курильского озера // Тр. Тихоок. Комитета АН СССР. М., Л.: АН СССР. Т. 4. С. 167–176.

Алекин О.А. 1970. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометрическое изд-во. 200 с.

Ануфриева Е.В., Шадрин Н.В. 2012. Разнообразие ракообразных в гиперсоленом озере Херсонесское (Крым) // Экосистемы, их оптимизация и охрана. Вып. 7. С. 55–61.

Аров И.В., Помазкова Г.И., Шевелева Н.Г., Кутикова Л.А. 2001. Коловратки (ROTIFERA). Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Новосибирск: Наука. Т. 1: Озеро Байкал, кн. 1. С. 329–376.

Базаркина Л.А. 2004. Механизмы регуляции численности в популяциях планктонных ракообразных мезотрофного лососевидного

озера Азабачье (Камчатка). Автореф. дис. … канд. биол. наук. М.: МГУ; Петропаловск-Камчатский: КамчатНИРО. 21 с.
Бонк Т.В. 2003. Видовой состав Rotatoria некоторых озер Камчатского полуострова и Корякского нагорья // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. С. 235–241.
Боруцкий Е.В. 1967. Особенности зоопланктона озер Южного Сахалина и Курильских островов // Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. М. С. 229–235.
Вехов Н.В. 1973. Зоопланктон пресных и солоноватых вод острова Беринга (Командорские острова) // Зоол. журнал. Т. 52. С. 185–190.
Вецлер Н.М. 1993. Изменение структуры зоопланктонного сообщества при увеличении численности красной в озере Дальнем (Камчатка) // Экология. № 6. С. 56–61.
Вецлер Н.М. 2009. Структурные особенности и динамика зоопланктонного сообщества в пелагиали озера Дальнее (Камчатка). Автореф. дис. … канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский. 21 с.
Вилисова И.К. 1959. Зоопланктон Малого Моря //Тр. Лимнолог. ин-та. Т. 17. С. 275–305.
Глаголев С.М., Быков Ю.С., Дацкевич П.Н., Здобовская О.А., Чава В.А. 2007. Видовой состав и распределение Cladocera в наскальных лужах островов Белого моря // Ветвистоусые ракообразные: систематика и биология. Борок. С. 223–228.
Заварзин Д.С. 2011. Зоопланктон оз. Сладкое (северо-запад о-ва Сахалин) по данным съемки в июле 2009 г. // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 5. С. 173–181.
Заварзин Д.С., Сафронов С.Н. 2001. Зоопланктон озера Сладкое (Северо-Западный Сахалин) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. С. 188–194.
Загородняя Ю.А., Батогова Е.А., Шадрин Н.В. 2008. Многолетние трансформации планктона в гипергалинном Бакальском озере (Украина, Крым) при колебаниях солености // Мор. экол. журнал. № 4, т. 7. С. 41–50.
Дулмаа А., Шевелева Н.Г., Аров И.В. 2007. Фауна ракообразных и коловраток родников, ключей и «наскальных ванн» пустынных экосистем Заалтайской Гоби (в районе «А» Большого Гобийского заповедника) // Ветвистоусые ракообразные: систематика и биология. Борок. С. 241–245.
Кожов М.М. 1962. Биология озера Байкал. М.: АН СССР. 313 с.
Кутикова Л.А. 1970. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Л.: Наука. 744 с.
Куренков И.И. 2005. Зоопланктон озер Камчатки. Петропавловск-Камчатский. 178 с.
Левковская Л.А. 1977. Зоопланктон заливов и озер прибрежной зоны // Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала. Новосибирск: Наука. С. 175–191.
Мазепова Г.Ф. 2001. Циклопы (Cyclopoida) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Новосибирск: Наука. Т. 1: Озеро Байкал. Кн. 1. С. 451–467.
Новичкова А.А. 2012. Зоопланктон внутренних водоемов острова Беринга (Командорские острова) // Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод. Матер. лекций и докладов Междунар. школы-конференции. Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (Борок, 5–9 ноября 2012). С. 232–234.
Носова И.А. 1968. Вертикальное распределение зоопланктона Курильского озера // Изв. ТИНРО. Т. 64. С. 151–167.
Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные. 1995. Санкт-Петербург: Изд-во ЗИН РАН. 627 с.
Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. 2010. Т. 1. Зоопланктон. М.; СПб. 494 с.
Пенькова О.Г., Шевелева Н.Г., Макаркина Н.В. 2004. Тажеранские минеральные озера — уникальные природные объекты Прибайкалья // Изв. Самарск. науч. центра РАН. Природное наследие России. Ч. 3. С. 366–372.
Пенькова О.Г., Шевелева Н.Г., Аров И.В., Коровякова И.В., Макаркина Н.В. 2007. Гидрофауна Тажеранских степных озер // Труды Прибайк. нац. парка. Иркутск: РИО НЦ РВХ ВСНЦ. Вып. 2. С. 86–112.
Ривьер И.К. 1993. Современное состояние зоопланктона Рыбинского водохранилища // Современное состояние экосистемы Рыбинского водохранилища. СПб. Труды. Вып. 67 (70).
Ривьер И.К. 2012. Холодноводный зоопланктон озер бассейна Верхней Волги. Ижевск: издатель Пермяков С.А. 390 с.
Шабурова Н.И., Шевелева Н.Г. 2014. Сукцессия зоопланктона озера Северного (северо-западное побережье Байкала) после подледного замора // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. биол. Т. 119, вып. 1. С. 28–38.
Шевелева Н.Г. 2001. Ветвистоусые (Ctenopoda, Anomopoda, Haplopoda, Onychopoda) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. В 2 томах. Т. 1. Озеро Байкал. Новосибирск: Наука. С. 491–509.
Шевелева Н.Г., Итигилова М.Ц., Дулмаа А. 2009. Коловратки (Rotifera), листоногие (Anostroca), ветвистоусые (Cladocera) и веслоногие (Copepoda) солоноватых и соленых озер Монголии / Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. В 2 томах. Т. 2. Водоемы и водотоки юга Восточной Сибири и Монголии. Новосибирск: Наука. С. 650–655.
Шевелева Н.Г., Кривенкова И.Ф. 2010. Состав и структура зоопланктона озера Котокельское //Journal of Siberian Federal University. Biology. № 3. P. 278–291.
Einsle U. 1996. Copepoda: Cyclopoida. Genera Cyclops, Megacyclops, Acanthocyclops. Guides to the Indentification of the Microinverbrates of the Continental Waters of the World. Coordinating editor: H.J.F. Dumont. SPB Academic Publishing bv 1. 82 p.
Fen Xiang, Gao-Hua JI, Shou-Zhong Chen, Gong-Liang YU, Lei XU, Bo-Ping Han, Alexey A. Kotov, Henri J. Dumont. 2015. Annotated Checklist of Chinese Cladocera (Crustacea: Branchiopoda). Part I. Haplopoda, Ctenopoda, Onychopoda and Anomopoda (families Daphniidae, Moinidae, Bosminidae, Ilyocryptidae) // Zootaxa (3904). P. 1–27.
Sladecek V. 1983. Rotifera as indicators of water quality // Hydrobiologia 100. P. 169–201.

УДК 581.526.325:(262.5) DOI 10.15853/978-5-902210-45-22

ПАРАМЕТРЫ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА И СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В АКВАТОРИИ НОВОРОССИЙСКОГО ПОРТА (ЧЕРНОЕ МОРЕ) В 2009 Г.

В.К. Часовников[1], О.Н. Ясакова[2], В.С. Бердников[3]

[1] Вед. н. с., к. г. н., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Южное отделение
353467, Геленджик, ул. Просторная, 1
Тел., факс: (861) 412-80-89. E-mail: chasovn@mail.ru
[2] Н. с., к. б. н., Институт аридных зон Южного научного центра РАН
344006, Ростов-на-Дону, Чехова, 41
Тел., факс: (863) 266-56-77. E-mail: yasak71@mail.ru
[3] Нач. отд., ФГБУ «Администрация морских портов Черного моря»
353900, Новороссийск, наб. Адмирала Серебрякова, 2
Тел., факс: (861) 767-63-68, 767-63-78. E-mail: ecology1@ampnovo.ru

ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА ФИТОПЛАНКТОНА, БИОГЕННАЯ НАСЫЩЕННОСТЬ ВОД, ПОРТ НОВОРОССИЙСК, ЧЕРНОЕ МОРЕ

В период лето–осень 2009 г. в акватории Новороссийского порта и за его пределами исследованы гидрохимические параметры, а также таксономический состав и количественное развитие фитопланктона. Обнаружено 72 вида фитопланктона. Максимальное видовое разнообразие отмечено среди динофитовых (39 видов) и диатомовых водорослей (23 вида). Высокие значения численности фитопланктона отмечены в июне и октябре (305 и 268 тыс. кл./л), биомассы — в августе и октябре (1064 и 939 мг/м^3), в другое время эти величины были почти в два раза ниже. Доминирующей группой фитопланктона в период исследований стали диатомовые водоросли, составившие 90% от численности и 82% биомассы. Обилие планктонных водорослей в акватории порта было в 1,5–2 раза выше, чем на остальной исследуемой акватории. Здесь же отмечены наиболее высокие концентрации биогенных веществ.

PARAMETERS OF HYDRO-CHEMICAL REGIME AND STATE OF PHYTOPLANKTON IN THE WATERS OF THE PORT OF NOVOROSSIYSK (THE BLACK SEA) IN 2009

V.K. Chasovnikov[1], O.N. Yasakova[2], V.S. Berdnikov[3]

[1] Leading scientist, Ph. D., Southern Branch of the Institute of Oceanology of Shirshov
353467, Gelendzhik, Prostornaja Str., 1
Tel., fax: (863) 266-64-26. E-mail: chasovn@mail.ru
[2] Researcher, Ph.D., Institute of Arid Zones of the Southern Scientific Centre RAS
344006, Rostov-on-Don, Chehova Str., 41
Tel.: (863) 266-56-77. E-mail: yasak71@mail.ru
[3] Head of Dep., Administration of sea ports of the Black Sea
353900, Novorossiysk, Admiral Serebryakov seafront, 2
Tel., fax: (8617) 67-63-68, 67-63-78. E-mail: ecology1@ampnovo.ru

ABUNDANCE AND BIOMASS OF PHYTOPLANKTON, NUTRITION ELEMENTS, PORT OF THE NOVOROSSIYSK, BLACK SEA

Summer and autumn qualitative (structural) and quantitative development of phytoplankton and hydro-chemical characteristics of water have been studied for the port of Novorossiysk and open part of the bay in 2009. 72 species of the phytoplankton have been revealed in total. High taxonomic diversity has been observed among Dinophyta (39 species) and Bacillariophyta (23 species). A high abundance of phytoplankton was recorded in June and October (305 and 268 thousand cells per liter), and a high biomass — in August and October (1064 and 939 mg/m^3), while in the other time of the year the values were almost 2 times less. The diatoms dominated whole the research period, making up to 90% of the phytoplankton population and 82% of the biomass. The abundance of the phytoplankton in examined part of the port was 1.5–2 times higher than in the rest part of the bay. The concentration of the biogenic elements there was as well higher.

Исследования экологической обстановки в прибрежной зоне Черного моря и оценка степени антропогенного влияния на состояние морских экосистем, особенно в акваториях крупных приморских городов и портов, весьма актуальны. Новороссийский порт — крупнейший транспортный узел на юге России, через который ежегодно переваливается свыше 100 млн т грузов, из них нефтеперевалка сырой нефти и нефтепродуктов составляет 80%. Пропускная способность

Новороссийского морского торгового порта (НМТП) свыше 5 тыс. судов (http://www.ampnovo.ru/index.php). Индустриализация и урбанизация прибрежной зоны Новороссийской бухты неизбежно приводят к загрязнению ее вод органическими и неорганическими веществами, нефтепродуктами. Из общего количества стоков, впадающих в акваторию бухты, на портовую акваторию приходится 65%. Воды порта в течение года характеризуются низкой прозрачностью, вызванной как общим загрязнением, так и интенсивным взмучиванием грунтов в результате судоходства и конвекции вод, наиболее интенсивной в период ветров северного и северо-восточного направлений (Жукова и др., 2008). Возросшая в последние десятилетия антропогенная нагрузка на акваторию Новороссийской бухты оказала существенное влияние на развитие планктонных сообществ (Селифонова и др., 2006; Ясакова, Часовников, 2014).

Цель настоящей работы — исследование гидролого-гидрохимических характеристик водных масс и особенностей развития фитопланктона в условиях антропогенной нагрузки внутри акватории порта Новороссийск и за его пределами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Пробы фитопланктона отбирали с поверхностного горизонта моря в дневное время на акватории Новороссийского порта (станции № 1–7) и за его пределами (фоновая станция № 8) в июне, августе и октябре 2009 г. (рис. 1). Концентрирование проб осуществляли методом обратной мягкой фильтрации (Сорокин, 1979). Морскую воду объемом в 1–1,5 л пропускали через ядерные фильтры диаметром пор 1 мкм и доводили до объема 20–50 мл, затем пробу фиксировали формалином до конечной концентрации 1–2% (Федоров, 1979). Идентификацию видов, подсчет численности и определение объема клеток фитопланктона проводили с помощью камер объемом 0,05 и 0,1 мл под микроскопом МИКМЕД-2 с увеличением ×200 и ×400 (Кольцова и др., 1979; Цыбань, 1980).

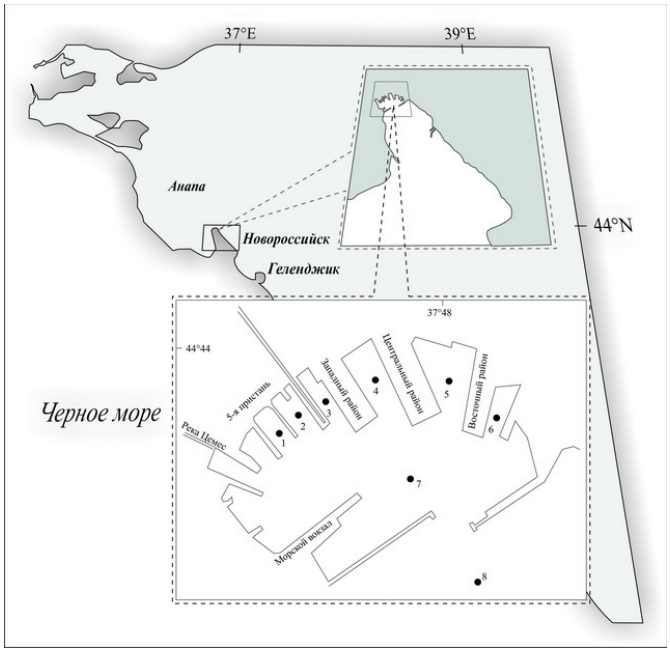


Рис. 1. Схема станций отбора проб фитопланктона в акватории Новороссийского порта

Всего отобрано и обработано 24 пробы. Видовой состав фитопланктона классифицировали в соответствии с системой С.П. Вассера (Вассер и др., 1989). При идентификации видов использовали руководства (Коновалова и др., 1989; Киселев, 1950; Прошкина-Лавренко, 1955; Dodge, 1982; Tomas, 1997). Массовыми (M) считали виды, численность или биомасса которых составляла более 10% от общей численности или биомассы фитопланктона, обычными видами (O) — от 1 до 10% соответственно, редкими (R) — менее 1%.

Параллельно в районе исследований на тех же станциях, где отбирали пробы фитопланктона, проведены гидрологические и гидрохимические исследования морской среды. Гидрохимические исследования выполнены сотрудниками Южного отделения Института океанологии (лаборатория химии моря). Для аналитических определений использовали оборудование лаборатории химии ЮО ИО РАН, аккредитованной в Системе аккредитации аналитических лабораторий (САЛ) Госстандарта России (аттестат № РОСС RU.0001.512500). Для определения гидрохимических параметров в поверхностных водах использовали методы, принятые в практике морских экспедиционных работ (Современные методы.., 1992; Руководство.., 1993). Отбор проб из батометров проводили сразу же после их изъятия из воды, на палубе осуществляли фиксацию проб на растворенный кислород и аммонийный азот. Пробы на определение биогенных элементов (силикаты, фосфаты, формы азота, валовый азот и фосфор) отбирали отдельно в пластиковую посуду без консервации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрология

В экспедиционном сезоне 2009 г., во время съемки 3 июня, наблюдали повышенный фон солености и пониженный фон температуры воды, не характерный для средних значений этого периода времени. Данная ситуация возникла благодаря относительно прохладной погоде в мае; в результате температура воды на поверхности составляла в среднем 19,2 °C (например, 29 мая 2007 г. этот параметр составлял 22,5 °C). Максимальные значения температуры воды наблюдались в августе (25,7 °C), затем, плавно понижаясь, достиг-

ли уровня 20,5 °С во время последней съемки 6 октября. За весь период наблюдений диапазон изменчивости температуры воды составил от 18,6 до 26,2 °С.

Соленость внутри акватории порта была, как правило, ниже, чем на фоновой станции, ее значения менялись от 16,55 до 17,79‰, диапазон составил 1,24‰. Пониженные величины солености внутри акватории порта говорят, что акватория принимает на себя береговой сток пресных вод.

Гидрохимический режим биогенных элементов

Основными естественными факторами, определяющими общие закономерности распределения гидрохимических параметров на исследуемой акватории, являлись гидрологическая структура вод, а также деятельность морских планктонных сообществ.

Растворенный кислород (O_2 мг/л и %) и БПК. Содержание кислорода за период наблюдений характеризовалось диапазоном изменчивости от 7,18 до 10 мг/л, отклонений от нормы ПДК (не менее 6,0 мг/л) не зафиксировано. Максимальные величины насыщения O_2 достигали 139%, при среднем значении 111% (табл. 1). Верхний слой воды был перенасыщен растворенным кислородом во время съемок в июне и августе. В октябре наблюдали равновесное состояние величин кислорода поверхностного слоя моря с атмосферой в районе 98–101%. На отдельных станциях относительное содержание кислорода было менее 100%, достигая 89% насыщенности, что говорит о загрязнении вод и преобладании деструкционных процессов. Пониженные концентрации кислорода наблюдали на кутовых станциях порта, где они были обусловлены, главным образом, активным разложением отмершей органики.

Биохимическое потребление кислорода ($БПК_5$) внутри акватории порта было повышено по сравнению с фоновыми концентрациями. Изменчивость величин составила от минимальных значений 0,54 мг/л до максимальных 2,49 мг/л (среднее 1,74 мг/л). В целом акватория порта характеризовалась величинами БПК, говорящими об относительно сбалансированном соотношении продукционно-деструкционных процессов, содержании кислорода, биогенных и органических веществ.

Фосфаты ($P\text{-}PO_4$, мг/л). На поверхности содержание фосфатов колебалось от 0,001 до 0,010 мг/л, среднее значение составило 0,004 мг/л. Внутри акватории порта концентрации, как правило, превышали фоновые, но не выходили за пределы ПДК.

Общий фосфор. Распределение общего фосфора характеризовалось величинами от 0,007 до 0,030 мг/л (среднее значение 0,018). Внутри акватории порта концентрации также всегда превышали фоновые. Большую часть общего фосфора составлял органический фосфор. Величина валового и органического фосфора для водных объектов не лимитирована.

Нитритный азот ($N\text{-}NO_2$, мг/л). По данным выполненных измерений, в поверхностном слое нитриты присутствовали в течение всего времени, что указывало на постоянно идущие интенсивные окислительно-восстановительные процессы. Более высокие величины наблюдали в октябре. За весь период наблюдений концентрация NO_2 колебалась от 0,001 до 0,005 мг/л. Средние значения составили 0,002 мг/л.

Нитратный азот ($N\text{-}NO_3$, мг/л). Азот нитратов наблюдался в количествах от 0,002 до 0,184 мг/л, среднее значение 0,024 мг/л. Зафиксировано значительное превышение фоновых значений на станциях 1, 5 и 6 во время съемок в июне и августе.

Аммонийный азот ($N\text{-}NH_4$, мг/л). Распределение аммонийного азота по исследуемой акватории носило неравномерный характер. Повышенные концентрации NH_4 наблюдали на всех станциях, за исключением фоновой. Диапазон изменчивости NH_4 составлял от 0,004 до 0,139 мг/л (в среднем 0,017). По-

Таблица 1. Минимальные, максимальные и средние значения содержания химических параметров в воде на акватории Новороссийского порта и за его пределами, по данным июнь–август–октябрь 2009 г.

Параметр	Минимум	Максимум	Среднее	ПДК*
Температура, °С	18,6	26,2	21,83	
Соленость, ‰	16,55	17,79	17,28	
Растворенный кислород (O_2), мг/л	7,18	11,3	8,81	В летний период — не менее 6,0 мг/л
Насыщенность кислородом, O_2, %	88,5	138,6	110,9	
Биохимическое потребление кислорода, $БПК_5$, мг/л	0,54	2,49	1,74	>3 мг/л
pH	8,39	8,62	8,50	6,5–8,5
Щелочность, мг-экв/л	3,062	3,316	3,177	
Фосфаты ($P\text{-}PO_4$), мг/л	0,001	0,010	0,004	0,15 мг/л
Фосфор общий, мг/л	0,007	0,030	0,018	
Кремний (Si), мг/л	0,003	0,159	0,053	10 мг/л
Нитраты ($N\text{-}NO_3$), мг/л	0,002	0,184	0,024	40 мг/л
Нитриты ($N\text{-}NO_2$), мг/л	0,001	0,005	0,002	0,08 мг/л
Аммоний ($N\text{-}NH_4$), мг/л	0,004	0,139	0,017	2,9 мг/л 13–34‰
Мочевина (Urea), мг/л	0,003	0,088	0,024	80 мг/л
Азот валовый (Ntot), мг/л	0,292	1,118	0,472	

ПДК* — по «Перечень…», 1999

скольку содержание аммонийного азота тесно связано с уровнем загрязнения вод бытовыми стоками и процессами биохимического окисления органического вещества, содержание его в воде может значительно изменяться.

Азот валовый и органический (N tot). Распределение валового азота характеризовалось величинами от 0,292 до 1,118 мг/л (в среднем по акватории — 0,472 мг/л), что в 11 раз выше, чем все минеральные формы азота. Органический азот составил большую часть валового азота, изменяясь от 0,281 до 1,048 мг/л.

Мочевина (Urea). Максимальное значение зафиксировано внутри порта, где уже не раз отмечали повышенные концентрации других биогенных элементов. Повышенные концентрации характерны для октябрьской съемки. Изменчивость концентраций мочевины составляла от 0,003 до 0,088 мг/л (среднее значение — 0,024).

Кремнекислота (SiO_2). Содержание кремнекислоты изменялось от 0,003 до 0,159 мг/л (среднее значение — 0,053). Для распределения на поверхности характерно повышенное содержание в прибрежной зоне и уменьшение концентраций по мере удаления от берега. За весь период наблюдений фиксировали ярко выраженное превышение концентраций внутри порта над фоновыми значениями на станции № 8, что очевидно для этого показателя в случае воздействия берегового стока на прибрежную часть морской акватории. Убыль кремния связана с его интенсивным потреблением на биохимические процессы в зоне фотосинтеза.

Фитопланктон

Обнаружено 72 таксона фитопланктона, относящихся к 6 отделам Bacillariophyta (диатомовые), Dinophyta (динофитовые), Chrysophyta (золотистые), Euglenophyta (эвгленовые), Chlorophyta (зеленые), Cyanophyta (синезеленые водоросли) (табл. 2). Максимальное видовое разнообразие отмечено среди диатомовых (23 вида) и динофитовых водорослей (39 видов). Другие отделы были представлены 2–3 видами. Пресноводные зеленые водоросли родов *Ankistrodesmus, Scenedesmus* отмечали в зонах наибольшего распреснения у выпусков канализации. Эвгленовые водоросли, показательные для мезотрофно-эвтрофных водоемов (*Eutreptia lanowii*, *Eutreptia globulifera* и *Euglena* sp.), и мелкие жгутиковые водоросли, не идентифицированные до вида, в значительном количестве встречались в акватории порта.

Доминирующей группой фитопланктона в период исследований были диатомовые водоросли, составившие 90% от численности и 82% биомассы. Среди них интенсивно развивались *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros curvisetus*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Proboscia alata*. Среди динофитовых водорослей, формировавших в среднем 5% от численности и 17% биомассы фитопланктона, основными видами были *Ceratium fusus*, *C. furca*, *C. tripos*, *Dinophysis rotundatum*, *Diplopsalis lenticula*, *Gyrodinium spirale*, *Heterocapsa triquetra*, *Prorocentrum cordatum*, *P. compressum*, *P. micans*, *Scrippsiella trochoidea, Protoperidinium crassipes*, *P. divergens*, *P. steinii*.

Июнь. Для этого периода характерна максимальная численность фитопланктона, 305 тыс. кл./л, при минимальной биомассе 560,8 мг/м^3 за счет преимущественного развития мелкоклеточных форм. Пик плотности фитопланктона отмечен на ст. 2–3 (476 тыс. кл./л), биомассы — на ст. 2 (834 мг/м^3). На других участках порта его обилие было в 1,5–2 раза ниже. Величины численности и биомассы фитопланктона за воротами порта (276 тыс. кл./л и 649 мг/м^3) были близки к средним значениям, отмеченным в его акватории (310 тыс. кл./л и 548 мг/м^3).

Диатомовые водоросли формировали 91% общей численности и 76% биомассы фитопланктона в акватории порта, за пределами — 84% и 87% соответственно. Доминирующие виды — *C. pelagica, P. pseudodelicatissima*, *Pseudonitzschia* sp., составившие, соответственно, 15, 32 и 19% общей численности диа-

Таблица 2. Таксономический состав фитопланктона Новороссийского порта и за его пределами в 2009 г.

Latin name/ Сезон	Июнь	Август	Октябрь	Статус вида	
				по численности	по биомассе
Bacillariophyta:					
Asterionella glacialis Castracane *	–	–	+	O	O
Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey	+	+	+	M	M
Chaetoceros affinis Lauder	+	–	+	M	O
Chaetoceros compressus Lauder	+	–	+	O	R
Chaetoceros curvisetus Cleve	+	+	+	M	O
Chaetoceros socialis f. socialis Lauder	–	–	+	O	R
Chaetoceros spp.	+	–	+	O	R
Coscinodiscus sp.	–	+	–	R	R
Dactyliosolen fragilissimus (Bergon) Hasle in Hasle et Syvertsen	+	–	+	M	M
Leptocylindrus minimus Gran	–	–	+	M	O
Licmophora flabellata (Grev.) C. Agardh	–	–	+	R	R

Таблица 2. Окончание

Latin name/ Сезон	Июнь	Август	Октябрь	Статус вида	
				по численности	по биомассе
Licmophora ehrenbergii (Kützing) Grunow	+	+	−	O	R
Nitzschia tenuirostris Mer.	+	+	+	O	R
Gyrosigma sp.	−	−	+	R	R
Pseudo-nitzschia seriata (Cleve) H. Peragallo	−	+	+	O	R
Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima (Hasle) Hasle	+	+	+	M	O
Pseudonitzschia sp.	+	−	−	M	O
Proboscia alata (Brightwell) Sundström	+	+	+	M	M
Pseudosolenia calcar-avis (Schultze) B.G. Sundström	+	+	+	O	O
Pleurosigma elongatum W.Smith	−	+	−	R	R
Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky	+	+	+	O	O
Skeletonema costatum (Greville) Cleve			+	O	R
Thalassiosira sp.	+	−	+	O	O
Dinophyta:					
Akashiwo sanguinea (K.Hirasaka) G. Hansen et. Moestrup	−	+	−	R	R
Amphidinium sp.	+	−	−	R	R
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin	+	+	+	R	O
Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède et Lachmann	+	+	+	O	O
Ceratium tripos (O.F.Müller) Nitzsch	+	+	+	R	O
Dinophysis acuminata Claparède et Lachmann	+	+	+	R	R
Dinophysis acuta Ehrenberg	−	−	+	R	R
Dinophysis caudata Saville-Kent	−	+	+	R	O
Dinophysis fortii Pavillard	−	+	−	R	O
Dinophysis rotundatum (Claparéde et Lachmann) Balech	+	+	+	R	O
Diplopsalis lenticula f. lenticula Bergh	+	+	+	O	O
Glenodinium sp.	+	+	+	O	R
Gonyaulax spinifera (Claparède et Lachmann) Diesing	−	+	+	O	O
Gonyaulax sp.	−	−	+	R	R
Gymnodinium cf japonica var. *throndseni* Konovalova	+	−	−	R	R
Gymnodinium simplex (Lohmann) Kofoid et Swezy	−	+	+	O	R
Gymnodinium wulffii J. Schiller	+	+	−	R	R
Gymnodinium sp.	+	+	−	O	R
Gyrodinium fusiforme Kofoid et Swezy	+	−	−	R	R
Gyrodinium spirale (Bergh) Kofoid et Swezy	+	+	+	R	O
Gyrodinium sp.	+	+	−	R	R
Heterocapsa triquetra (Ehrenberg) Stein	+	+	+	O	R
Oblea rotunda (Lebour) Balech ex Sournia	−	+	+	R	R
Prorocentrum cordatum (Ostenfeld) J.D. Dodge	+	+	+	O	R
Prorocentrum compressum (J.W. Bailey) Abé ex J.D. Dodge	+	+	+	R	R
Prorocentrum micans Ehrenberg	+	+	+	O	O
Prorocentrum minimum (Pavillard) J.Schiller	−	+	−	R	R
Prorocentrum sp.	+	−	−	R	R
Peridinium quinquecorne Abé	+	−	−	R	R
Protoperidinium crassipes (Kofoid) Balech	+	+	+	R	O
Protoperidinium cf. curtipes (Jørgensen) Balech	−	−	+	R	R
Protoperidinium depressum (Bail.) Balech	+	−	+	R	R
Protoperidinium divergens (Ehrenberg) Balech	+	+	+	R	O
Protoperidinium longispinum (Kofoid) Balech	−	−	+	R	O
Protoperidinium grani (Ostenfeld) Balech	−	−	+	R	R
Protoperidinium steinii (Jørgensen) Balech	+	+	+	R	O
Protoperidinium sp.	+	+	+	R	O
Protoceratium reticulatum (Claparède et Lachmann) Bütschli	−	−	+	R	R
Scrippsiella trochoidea (Stein) Loeblich	+	+	+	O	M
Spora dinophyta	+	−	−	R	R
Chlorophyta:					
Scenedesmus quadricauda (Turpin) Brébisson in Brébisson et Godey	+	−	+	R	R
Ankistrodesmus convolutus Corda	+	+	+	R	R
Cyanophyta:				R	R
Oscillatoria sp.	+	−	+	R	R
Lyngbya sp.	+	−	−	R	R
Euglenophyta:					
Euglena sp.	+	+	+	R	R
Eutreptia lanowii Steuer	+	+	+	O	O
Eutreptia globulifera Van Goor	+	−	−	R	R
Chrysophyta:					
Dictyocha speculum Ehrenberg	+	−	−	R	R
Emiliania huxleyi (Lohmann) W.W. Hay et H.P. Mohler	+	−	−	M	O
Flagellatae:					
Flagellata sp.	+	+	+	R	R

Примечание: R — вид редкий; O — обычный; M — массовый, *— вид-вселенец

томовых. На уровне субдоминант развивались *Dactyliosolen fragilissimus*, *C. curvisetus, T. nitzschioides* и *P. alata*. Основную компоненту биомассы формировали *C. pelagica, D. fragilissimus, C. curvisetus, P. alata,* виды р. *Pseudonitzschia.* Распределение диатомовых водорослей по акватории носило неравномерный характер. На станциях 1 и 8 отмечено преимущественное развитие *Chaetoceros compressus* (8–12 тыс. кл./л), на станциях 2–5 — *Chaetoceros* sp. (до 9 тыс. кл./л), в центре порта (ст. 7) и за его пределами — *Chaetoceros affinis* (до 3 тыс. кл./л). Следует отметить, что некоторые виды диатомовых (такие, как *Licmophora ehrenbergii*, *Thalassiosira* sp. и *Chaetoceros* sp.) были отмечены только в акватории порта. Среди них *Thalassiosira* sp. — наиболее многочисленный (13 тыс. кл./л). Виды р. *Thalassiosira* в основном встречаются в распресненных водоемах, включая бухты и северо-западную часть Черного моря.

Динофитовые формировали не более 4% общей численности и 22% биомассы фитопланктона в акватории порта; соответственно, 2% и 13% этих величин — за его пределами. Среди них преобладали *P. cordatum*, *P. micans, Glenodinium* sp., *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium* sp., *D. lenticula*, *S. trochoidea*. Основную компоненту биомассы формировали *D. lenticula*, *P. micans, S. trochoidea*. На долю эвгленовых *E. lanowii*, *E. globulifera, Euglena* sp., зеленых *Scenedesmus quadricauda* и синезеленых водорослей приходилось не более 3% общей численности фитопланктона в порту. Распределение эвгленовых было равномерным на всей акватории порта (4,9 тыс. кл./л). За пределами порта синезеленые и эвгленовые водоросли не развивались.

В открытой части доминировали те же виды диатомовых, что и в порту, однако увеличилась доля крупноразмерных форм, таких как *P. alata* (12% обилия и 15% биомассы диатомовых водорослей). Среди динофитовых были заметными *Gyrodinium fusiforme* и *H. triquetra* (38 и 38% численности отдела). Основную компоненту биомассы отдела (64%) формировали *Ceratium furca, Protoperidinium crassipes, P. divergens, Protoperidinium* sp. Значительную часть численности (14%) составили золотистые водоросли *Emiliania huxleyi*.

Август. Для этого периода характерно возрастание роли крупноразмерных форм фитопланктона. При снижении численности планктонных водорослей (168 тыс. кл./л) наблюдали увеличение биомассы до 1064 мг/м^3. Максимальные количественные величины были зарегистрированы на ст. 2 (231 тыс. кл./л, 1715 мг/м^3), где в заметных концентрациях развивались эвгленовые водоросли (57 мг/м^3). Обилие фитопланктона в порту (181 тыс. кл./л, 1159 мг/м^3) было в 2,5–3 раза выше, чем за его пределами (74 тыс. кл./л, 399 мг/м^3).

В акватории порта диатомовые формировали 90% общей численности и 93% биомассы, за пределами — 88 % численности и 66% биомассы. Повсеместно доминировала *P. alata* (77–95% численности и 93–99% биомассы диатомовых). Это широко распространенный вид диатомовых водорослей, который встречается в северо-восточной части Черного моря с апреля по октябрь. Перифитонные виды диатомовых *Pleurosigma elongatum, L. ehrenbergii, Coscinodiscus* sp. были отмечены исключительно в акватории порта, в то время как истинно планктонные виды *C. curvisetus, T. nitzschioides,* виды р. *Pseudonitzschia* (22% численности диатомовых) заметно развивались в средней части бухты.

Среди динофитовых водорослей, которые в акватории порта формировали ≤5% общей численности и биомассы фитопланктона, были представлены *P. micans, Gymnodinium* sp., *P. cordatum*, *P. compressum, S. trochoidea, Gyrodinium spirale*, *Oblea rotunda*. Основную компоненту биомассы этого отдела (65%) образовывали относительно крупные виды *P. micans, P. compressum, S. trochoidea, O. rotunda*. Роль динофитовых возрастала в средней части бухты (11% общей численности и 33% биомассы фитопланктона). Среди них доминировали *Gonyaulax spinifera*, *H. triquetra, Gymnodinium* sp. (15–36% численности отдела) и более крупные виды *Dinophysis caudata*, *P. steinii*, *G. spinifera, C. tripos,* каждый из которых формировал от 9 до 30% биомассы отдела. Виды *P. divergens* и *P. steinii* развивались преимущественно на фоновой станции. Эвгленовые водоросли встречались повсеместно, однако в порту их численность была на порядок выше (5% общей численности и 2% биомассы фитопланктона).

Октябрь. Численность фитопланктона составила 268 тыс. кл./л, биомасса — 939 мг/м^3. В это время доминировали мелкоразмерные виды фитопланктона, главным образом диатомовые водоросли (89% общей численности и 73% биомассы фитопланктона в акватории порта, за его пределами — 98% и 87% соответственно). Пик обилия фитопланктона отмечен на ст. 4 и 7 (397 тыс. кл./л и 1646 мг/м^3). Численность фитопланктона в акватории порта (294 тыс. кл./л) была в 3,5 раза выше, чем за его пределами (88 тыс. кл./л). Распределение биомассы носило более однородный характер (815 мг/м^3 в средней части и 958 мг/м^3 — в порту).

В акватории порта превалировали мезосапробные виды диатомовых водорослей *Leptocylindrus minimus,*

C. pelagica и *Skeletonema costatum* (24, 14 и 10% суммарной численности отдела). Кроме того, в значительном количестве встречались *Thalassiosira* sp., *T. nitzschioides, P. alata,* виды р. *Chaetoceros*, в сумме составившие 37% численности диатомовых. Основу биомассы диатомовых водорослей формировали *C. pelagica* и *P. alata* (53 и 28%).

Интересной находкой в акватории порта стало обнаружение вида-вселенца из Японского моря *Asterionella glacialis* (8% численности) (Ясакова, 2010). В Новороссийской бухте этот вид впервые был встречен в 2004 г., затем на несколько лет исчез из состава фитопланктона. Возможной причиной повторного появления *A. glacialis* стало прорастание донных цист водорослей, чему способствовали благоприятные условия среды (температура поверхностных вод 20,4 °С) либо произошла вторичная инвазия вида посредством водяного балласта.

В октябре отмечено возрастание роли динофитовых. В акватории порта они составили 7% общей численности и 25% биомассы фитопланктона, за его пределами — 3 и 13% соответственно. Доминировали *P. micans* и *S. trochoidea* (22 и 60% численности, 22 и 42% биомассы отдела). Вид *S. trochoidea* заметно развивался на ст. 3–5 (22 тыс. кл./л). Зеленые, эвгленовые и синезеленые водоросли формировали не более 3% общей численности и 2% биомассы фитопланктона в акватории порта.

В открытой части видовой состав диатомовых был значительно ниже, чем в порту (10 видов против 19). Более половины численности приходилось на *P. alata.* На уровне субдоминант отмечены *C. pelagica, D. fragilissimus,* род *Pseudonitzschia, C. affinis* (45% численности этого отдела). Основную компоненту биомассы диатомовых водорослей формировали *C. pelagica* и *P. alata* (15 и 72%). Среди динофитовых максимальное развитие наблюдали у *S. trochoidea, P. compressum, P. cordata* и *Glenodinium* sp. (8–23% численности отдела). В заметном количестве развивались крупные виды водорослей *C. fusus*, *C. furca*, *C. tripos, P. divergens, P. longispinum, Protoperidinium* sp. (9–22% биомассы). Наличие за пределами порта показательного для открытых вод вида *Protoceratium reticulatum*, наряду с отсутствием эвгленовых и синезеленых водорослей, указывало на пониженный фон питательных веществ в этом районе моря.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Средние за период исследований величины численности и биомассы фитопланктона в акватории Новороссийского порта составили 262 тыс. кл./л и 888 мг/м^3, за пределами порта эти значения были в 1,5–2 раза ниже — соответственно 146 тыс. кл./л и 622 мг/м^3. Надо отметить, что величины количественного развития планктонных водорослей коррелировали с уровнем биогенной насыщенности вод, который внутри акватории порта был выше, чем в средней части Новороссийской бухты. Несмотря на высокие величины концентрации биогенных веществ, отмеченных в порту, их показатели в период исследований не превышали ПДК.

Наблюдаемый повышенный фон содержания гидрохимических параметров внутри акватории порта является результатом процессов перемешивания, взаимодействия морских (относительно чистых) вод и речных, ливневых, сточных вод (с увеличенным содержанием химических элементов). Интенсивное поступление минеральных и органических форм биогенных элементов сопровождается усилением процессов фотосинтеза и созданием большого количества первичной продукции, что в итоге может привести к эвтрофикации. Увеличивается биологическое, химическое потребление кислорода, что приводит к снижению уровня кислородного насыщения воды, особенно в придонном горизонте, уменьшению интенсивности процессов минерализации, накоплению иловых отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. 1989. Водоросли. Справочник. Киев: НД. 608 с.

Жукова С.В., Шишкин В.М., Куропаткин А.П., Лутынская Л.А., Фоменко И.Ф., Подмарева Т.И. 2008. Пространственно-временная изменчивость факторов гидрометеорологического режима северо-восточной части Черного моря в 2007 г. / Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Сб. научн. тр. (2006–2007 гг.). Ростов на Дону: ООО «Диапазон». С. 76–85.

Кольцова Т.Н., Лихачева Н.Е., Федоров В.Д. 1979. О количественной обработке проб фитопланктона // Биол. науки. № 6. С. 96–100.

Коновалова Т.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А. 1989. Атлас фитопланктона Японского моря. Л.: Наука. 160 с.

Киселев Н.А. 1950. Панцирные жгутиконосцы. М.-Л.: АН СССР. 280 с.

Официальный сайт ФГУ АМПН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ampnovo.ru/index.php. Дата доступа: 08.09.2015.

Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. 1999. Утв. приказом Госкомрыболовства № 96 «О рыбохозяйственных нормативах» от 28 апреля 1999 г. М.: ВНИРО.

Прошкина-Лавренко А.И. 1955. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. М.: АН СССР. 216 с.

Руководство по химическому анализу морских вод. РД 52.10.243-92. 1993. С.-Петербург: Гидрометеоиздат. 264 с.

Селифонова Ж.П., Якушев Е.В., Часовников В.К., Ясакова О.Н., Антипова Е.А. 2006. Планктон Новороссийской бухты Черного моря в июле 2005 г.: таксономический состав, биомасса и их связь с гидрохимической структурой вод // Экосистемные исследования

Азовского, Черного и Каспийского морей. Апатиты: ММБИ КНЦ РАН, Т. 8. С. 90–103.
Современные методы гидрохимических исследований океана. 1992 / Под ред. О.К. Бордовского, А.М. Черняковой. М.: ИО РАН. 253 с.
Сорокин Ю.И. 1979. К методике концентрирования фитопланктона // Гидробиол. журн. № 2. С. 71–76.
Федоров В.Д. 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ. С. 106–108.
Цыбань А.В. 1980. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Л.: Гидрометеоиздат. 191 с.
Ясакова О.Н. 2010. Новые виды в составе фитопланктона северо-восточной части Черного моря // Российский журнал биологических инвазий. № 4. С. 90–97.
Ясакова О.Н., Часовников В.К. 2014. Влияние гидрохимического режима на развитие фитопланктона в акватории Новороссийского порта (Черное море) // Морской экологический журнал. № 2. Т. XIII. С. 90–101.
Dodge J.D. 1982. Marine Dinoflagellates of the British Islend. London: HMSO. 301 p.
Tomas C.K. 1997. Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press. Harcourt Brace Company. 821 p.

УДК 574.583: 633 57.045 DOI 10.15853/978-5-902210-45-23

ФИТОПЛАНКТОН ОТКРЫТОЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2011 Г.

О.Н. Ясакова

Н. с., к. б. н., Институт аридных зон ЮНЦ РАН, Южный научный центр РАН
344006, Ростов-на-Дону, ул. Чехова, 41
Тел., факс: (863) 266-56-77 E-mail: yasak71@mail.ru

СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ОТКРЫТАЯ ЧАСТЬ ЧЕРНОГО МОРЯ, ФИТОПЛАНКТОН, ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ВЕЛИЧИНЫ ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ

В составе фитопланктона открытой северо-восточной части Черного моря и в районе Керченского пролива в летний период 2011 г. было обнаружено 7 отделов и 78 видов планктонных водорослей. Максимальное видовое богатство отмечено среди динофитовых (56 видов) и диатомовых (12 видов) водорослей. Средние величины численности (94 тыс. кл./л) в 2 раза превышали летние величины 2010 г. Доминировал нанопланктонный вид золотистых водорослей — *Emiliania huxleyi* (73% численности фитопланктона). Величина биомассы в 2011 г. (80 мг/м^3) в 5 раз уступала ее значениям в 2010 г. Основу биомассы фитопланктона (85%) формировали крупноклеточные виды динофитовых водорослей.

PHYTOPLANKTON IN THE NORTHEASTERN OPEN PART OF THE BLACK SEA IN SUMMER 2011

O.N. Yasakova

Researcher, Ph.D., Institute of Arid Zones of the SSC RAS, Southern Scientific Centre RAS
344006, Rostov-on-Don, Chehova Str., 41
Tel.: (863) 266-56-77 E-mail: yasak71@mail.ru

THE NORTHEASTERN OPEN PART OF THE BLACK SEA, PHYTOPLANKTON, TAXONOMIC COMPOSITION, ABUNDANCE AND BIOMASS VALUES

Seven departments and 78 species of planktonic algae were discovered in the composition of phytoplankton in the northeastern open part of the Black Sea and in the Kerch Strait area in summer of 2011. The taxonomic diversity observed on Dinophyta (56 species) and Bacillariophyta (12 species) was the highest. The average abundance (94 thous.cell./L) was 2 times higher than summer values of 2010. The yellow-green nanoplankton species *Emiliania huxleyi* dominated (73%) in the total phytoplankton abundance. The biomass in 2011 (80 mg/m^3) was 5 times lower comparing the biomass in 2010. The main body of the phytoplankton biomass (85%) was formed by macrocellular species of *Dinophyta*.

Изучение фитопланктона северо-восточной части Черного моря (СВЧМ) обусловлено актуальностью проблем, связанных с ростом индустриализации региона, усилением антропогенного воздействия на водную экосистему. Несмотря на значительное количество работ, посвященных развитию фитопланктона в этом районе моря, данных по сезонной динамике качественных и количественных характеристик развития планктонных водорослей на всей акватории, включая шельфовую и глубоководную зоны СВЧМ, крайне недостаточно (Зернова, 1980, 1981; Зернова, Незлин, 1983; Суханова, Беляева, 1980; Суханова и др., 1991; Силкин и др., 2009, 2011а–в; Микаэлян и др., 2002, 2007, 2011; Вершинин, Моручков, 2003; Вершинин и др., 2004, 2005; Вершинин, Орлова, 2008; Mikaelyan et al., 2006, 2013; Vershinin, Kamnev, 2001; Vershinin, 2008). Поэтому поставленная нами цель — оценка состояния фитопланктона северо-восточной части моря в современный период — является весьма актуальной.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования выполнены в открытой СВЧМ и в районе Керченского пролива в рейсе НИС «Денеб» ЮНЦ РАН в период с 17 июня по 2 июля 2011 г. Изучение вертикальной структуры фитопланктона проводили в прибрежной и глубоководной части Черного моря: на траверзах напротив Керченского пролива, Анапы, Новороссийска, Туапсе, Сочи и непосредственно в районе Керченского пролива (рисунок). Отбор проб в море осуществляли на гори-

зонтах 0, 15, 30 м; в акватории Керченского пролива с двух горизонтов: поверхность и дно. Всего было отобрано и обработано 86 проб с 30 станций. Пробы фитопланктона отбирали в светлое время суток в бутылки объемом 1,5 л и фиксировали кислым раствором Утермелля, для концентрирования проб применяли осадочный метод (Кольцова и др., 1979; Руководство.., 1980). Количественный учет организмов фитопланктона проводили с помощью микроскопа МИКМЕД-2 при увеличении ×200 и ×400. Для идентификации видов использовали общепринятые руководства (Косинская, 1948; Киселев, 1950; Прошкина-Лавренко, 1955; Коновалова, 1988; Коновалова и др., 1989; Dodge, 1982; Tomas, 1997). Биомассу фитопланктона определяли обычным счетно-объемным методом (Кольцова, 1970; Сеничкина, 1978; Брянцева и др., 2005). Массовыми (M) считали виды, численность или биомасса которых составляла более 10% от общей численности или биомассы фитопланктона, обычными видами (O) — от 1 до 10% соответственно, редкими (R) — менее 1% (таблица).

Рис. Схема станций отбора проб фитопланктона в северо-восточной части Черного моря

Таблица. Таксономический состав фитопланктона в северо-восточной части Черного моря и в районе Керченского пролива в июне–июле 2011 года

Таксоны	Статус вида	
	по численности	по биомассе
Bacillariophyta:		
Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey	R	R
Chaetoceros affinis Lauder	O	O
Chaetoceros curvisetus Cleve	R	R
Coscinodiscus granii Gough	R	O
Dactyliosolen fragilissimus (Bergon) Hasle	R	R
Nitzschia tenuirostris Mereschkowsky	R	R
Planktoniella sol (Wallich) Schutt	R	R
Pleurosigma elongatum W. Smith	R	R
Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima (Hasle) Hasle *	O	R
Pseudo-nitzschia sp.	R	R
Pseudosolenia calcar-avis (Schultze) Sundstrom	R	O
Skeletonema costatum (Greville) Cleve	R	R
Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky	O	O
Dinophyta:		
Alexandrium tamarense (Lebour) Balech*, **	R	R
Amphidinium larvale Lindemann	R	R
Amphidinium longum Lohmann	R	R
Akashiwo sanguinea (Hirasaka) G. Hansen et Moestrup*	R	R
Ceratium furca (Ehr.) Claparède et Lachmann	R	M
Ceratium fusus (Ehr.) Dujardin *	R	O
Ceratium tripos (O.F. Muller) Nitzsch *	R	M
Cochlodinium citron Kofoid et Swezy	R	R
Dinophysis acuta Ehrenberg *	R	O
Dinophysis acuminata Claparède et Lachmann *	R	R
Dinophysis hastata Stein	R	R
Dinophysis caudata Saville-Kent *	R	R

Таблица. Окончание

Таксоны	Статус вида	
	по численности	по биомассе
Dinophysis fortii Pavillard*	R	R
Dinophysis odiosa (Pavillard) Tai et Scogsberg *, **	R	R
Dinophysis ovata Claparède et Lachmann	R	R
Dinophysis rotundata Claparède et Lachmann *	R	O
Dinophysis sacculus Stein *	R	R
Diplopsalis lenticula Bergh	R	O
Diplopsalis sp.	R	R
Ensiculifera carinata Matsuoka, Kobayashi & Gains	R	O
Katodinium glaucum (Lebour) Loeblich	O	R
Katodinium fungiforme (Anissimova) A.R. Loeblich	R	R
Lingulodinium polyedrum (Stein) Dodge *	R	R
Glenodinium sp.	R	R
Gonyaulax spinifera (Clap. et Lachm.) Diesing	R	R
Gonyaulax verior Sournia	R	R
Gymnodinium agiliforme Schiller	R	R
Gymnodinium blax Harris	O	R
Gymnodinium simplex (Lohm.) Kofoid et Swezy	O	O
Gymnodinium wulffii Schiller	O	O
Gymnodinium sp.	O	O
Gyrodinium fusiforme Kofoid & Swezy	O	R
Gyrodinium spirale (Bergh) Kofoid et Swezy	O	O
Gyrodinium sp.	R	R
Heterocapsa rotundata (Lohmann) G.Hansen (=*Katodinium rotundatum* (Lohm.) Loeblich)	R	R
Heterocapsa triquetra (Ehrenberg) Stein	R	R
Oblea rotunda (Lebour) Balech ex Sournia	R	R
Oxyrrhis marina Dujardin	R	R
Oxytoxum variabile Schiller	R	R
Oxytoxum caudatum Schiller	R	R
Prorocentrum compressum (Bailey) Abe ex Dodge*	R	R
Prorocentrum cordatum (Ostenfeld) Dodge*	O	R
Prorocentrum micans Ehrenberg*	R	O
Prorocentrum minimum (Pav.) Schiller*	R	R
Prorocentrum sp.	R	R
Protoperidinium crassipes (Kofoid) Balech*	R	R
Protoperidinium bipes (Pauls.) Balech (=*Peridinium minusculum* Pav.)	R	R
Protoperidinium brevipes (Pauls.) Balech	R	R
Protoperidinium divergens (Ehrenberg) Balech	R	O
Protoperidinium granii (Ostenfeld) Balech	R	R
Peridinium minusculum J. Pavillard	R	R
Protoperidinium mite (Pav.) Balech	R	O
Protoperidinium oblongum (Auriv.) Parke et Dodge	R	R
Protoperidinium steinii (Jord.) Balech	R	R
Protoperidinium sp.	R	R
Pronoctiluca pelagica Fabre-Domergue	R	R
Protoceratium reticulatum (Clap. et Lachm.) Butschli	R	R
Polykrikos kofoidii Chatton	R	O
Polykrikos schwartzii Butschli	R	R
Scrippsiella trochoidea (Stein) Balech ex Loeblich	O	O
Torodinium robustum Kofoid & Swezy	R	R
Chrysophyta:		
Dictyocha speculum Ehrenberg	R	R
Dinobryon balticum (Schutt) Lemmermann	R	R
Emiliania huxleyi (Lohmann) Hay et Mohler	M	R
Octactis octonaria (Ehrenberg) Hovasse	R	R
Euglenophyta:		
Eutreptia lanowii Steuer	R	R
Euglena sp.	R	R
Chlorophyta:		
Monoraphidium contortum (Thuret) Komàrková-Legnerová	R	R
Cyanophyta:		
Lyngbya limnetica Lemmermann	R	R
Oscillatoria sp.	R	R
Cryptophyta:		
Plagioselmis punctata Butcher	O	R
Plagioselmis prolonga Butcher ex Novarino	O	R

Примечание: R — вид редкий; O — обычный; M — массовый, * — потенциально токсичный вид, ** — вид-вселенец

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обнаружено 78 видов фитопланктона, относящихся к 7 отделам: Bacillariophyta (диатомовые), Dinophyta (динофитовые), Chrysophyta (золотистые), Euglenophyta (эвгленовые), Chlorophyta (зеленые), Cryptophyta (криптофитовые), Cyanophyta (синезеленые водоросли) (табл.). Максимальное видовое богатство отмечено среди диатомовых (12 видов) и динофитовых водорослей (56 видов). Другие отделы были представлены 1–4 видами. Солоноватоводные представители зеленых (*Monoraphidium contortum*), синезеленых (родов *Oscillatoria, Lyngbya*) и эвгленовых водорослей (*Eutreptia lanowii* и *Euglena* sp.), показательные для загрязненных водоемов, не были широко распространены.

В районе СВЧМ численность фитопланктона в июне–июле 2011 г. (94 тыс. кл./л) вследствие интенсивного развития нанопланктонного вида золотистых водорослей была в 2 раза выше, чем в июле 2010 г. (49 тыс. кл./л). Величина биомассы планктонных водорослей в 2011 г. (80 мг/м^3) уступала значениям биомассы 2010 г. в 5 раз (417 мг/м^3). Пик численности фитопланктона на большинстве исследуемых станций наблюдали в верхнем горизонте моря (153 тыс. кл./л), с глубиной обилие фитопланктона снизилось в 1,8–5 раз. Высокие значения биомассы (103 мг/м^3) на большинстве станций исследуемого района были отмечены в промежуточном горизонте (15 м), на поверхности моря и на глубине 30 м эти значения были ниже и составили соответственно 83 и 51 мг/м^3. В горизонтальном направлении наблюдали относительно равномерное распределение величин численности и биомассы в районе исследований. Максимальную численность водорослей (117 тыс. кл./л) отмечали на Анапском разрезе, минимальную (72 тыс. кл./л) — на Сочинском разрезе; в акваториях других разрезов эти величины варьировали от 91 до 98 тыс. кл./л. Высокие значения биомассы фитопланктона (92 и 89 мг/м^3) были обнаружены в районе Туапсинского и Керченского разрезов. На остальной исследуемой акватории моря эти величины были несколько ниже: 70–76 мг/м^3.

Доминирующим видом в планктоне северо-восточной части Черного моря в июне–июле 2011 г. был нанопланктонный представитель золотистых водорослей — *Emiliania huxleyi*, который в среднем формировал 73% численности фитопланктона. Относительная доля этого вида была максимальной (до 84% численности фитопланктона) в верхнем горизонте моря (0–15 м). С глубиной (30 м) его значение резко снизилось и составило не более 24% численности планктонных водорослей.

Диатомовые водоросли формировали 8% численности и 7% биомассы фитопланктона на всей исследованной акватории. Доминантный комплекс составили *Chaetoceros affinis, Pseudonitzschia pseudodelicatissima, Thalassionema nitzschioides* (95% численности отдела). В незначительном количестве были отмечены *Chaetoceros curvisetus, Nitzschia tenuirostris,, Skeletonema costatum, Dactyliosolen fragillissimus, Cerataulina pelagica*. Основу биомассы диатомовых (87%) составляли *Chaetoceros affinis, Pseudosolenia calcar-avis* и *Thalassionema nitzschioides.*

Динофитовые водоросли занимали 16% численности и 85% биомассы фитопланктона. Среди них количественно преобладали *Prorocentrum cordatum, Gymnodinium blax, G. simplex, G. wulffii, Gymnodinium* sp., *Gyrodinium fusiforme, G. spirale, Katodinium glaucum, Scrippsiella trochoidea* (86% численности отдела). Основу биомассы отдела (82%) составили крупноклеточные виды: *Ceratium furca, C. tripos*, *Gyrodinium spirale, Polykrikos cofoidii, Protoperidinium divergens*, а также *Dinophysis acuta, Ensiculifera carinata, Scrippsiella trochoidea, Diplopsalis lenticula*. На долю криптофитовых, эвгленовых, зеленых и синезеленых водорослей приходилось не более 3% общей численности и 2% биомассы фитопланктона.

В районе исследований летом 2011 г. было выявлено 17 потенциально токсичных видов планктонных водорослей — динофитовых родов *Ceratium, Prorocentrum, Dinophysis, Alexandrium, Akashiwo, Lingulodinium, Protoperidinium* и диатомовых рода *Pseudonitzschia,* которые вследствие небольших значений численности и биомассы не могли оказать существенного негативного воздействия на морскую флору и фауну (табл.). Многие авторы и ранее отмечали широкое распространение этих видов в исследуемой зоне моря (Рябушко, 2003; Вершинин, Моручков, 2003; Вершинин и др., 2005; Вершинин, Орлова, 2008; Ясакова, 2013; Vershinin, Kamnev, 2001).

В фитопланктоне были обнаружены два вида динофитовых водорослей — *Dinophysis odiosa* и *Alexandrium tamarense*, которые считаются недавними вселенцами в северо-восточной части Черного моря. Ранее, в 2004 и 2008 гг., эти виды в небольшом количестве (0,3 и 0,2 тыс. кл./л) были отмечены нами в открытой части Новороссийской бухты (Ясакова, 2010).

В районе Керченского пролива количественные величины развития фитопланктона (62 тыс. кл./л) были в 1,5 раза ниже, чем в море, значения биомассы (82 мг/м^3) были на том же уровне. По сравнению с морем существенно сократилось значение основного

представителя золотистых водорослей — *Emiliania huxleyi*. Вид формировал 42 % численности фитопланктона верхнего горизонта, а на дне, вероятно, вследствие затемнения основного фотического слоя в результате взмучивания, вид не развивался.

На поверхности и у дна Керченского пролива доминировали динофитовые водоросли (44–54% численности и 56–67% биомассы), основными среди которых были *Gyrodinium fusiforme, G. spirale* и мелкоклеточные виды рода *Gymnodinium*, — в сумме формировали 93% численности отдела. Крупноклеточные виды *Ceratium furca* и *C. tripos* формировали 52 и 13% общей биомассы динофитовых водорослей, виды рода *Gyrodinium* занимали 15% от этой величины. Кроме того, в небольшом количестве встречались *Prorocentrum cordatum, P. compressum, P. micans, Dinophysis fortii, Scrippsiella trochoidea, Oxytoxum caudatum*, *Katodinium glaucum* и некоторые другие виды.

Диатомовые водоросли формировали 17% численности и 37% биомассы фитопланктона Керченского пролива. Основным видом была *Thalassionema nitzschioides* (67% численности и 21% биомассы отдела). В меньшем количестве встречались *Pseudonitzschia pseudodelicatissima, Chaetoceros affinis, Coscinodiscus granii*. Крупные клетки *Pseudosolenia calcar-avis* формировали 62% биомассы диатомовых водорослей. Около 5% численности фитопланктона приходилось на долю криптофитовых и зеленых водорослей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования фитопланктона, проведенные в открытой северо-восточной части Черного моря в июне–июле 2011 г., выявили повышение численности, но снижение биомассы планктонных водорослей по сравнению с 2010 годом. Вследствие интенсивной вегетации нанопланктонного вида золотистых водорослей *Emiliania huxleyi*, численность фитопланктона в 2011 г. более чем в 2 раза превысила таковую 2010 г. Массовое развитие этого вида в условиях Черного моря обычно наблюдается с апреля по июнь. Вероятно, в период исследований, проведенных в 2010 г. (вторая половина июля), вегетация этого вида уже практически закончилась, что отразилось на снижении величины общей численности фитопланктона.

Значения биомассы фитопланктона в 2011 г. в 5 раз уступали величинам, отмеченным в июле 2010 г. Во второй половине июля 2010 г. установилась теплая погода ($t_{воды}$ 26–27 °C), что способствовало интенсивному развитию крупного тропического вида диатомовых водорослей *Pseudosolenia calcar-avis,* формировавшего до 70% биомассы фитопланктона. Исследования планктонных водорослей в 2011 г. были проведены в более ранний срок, в конце июня – начале июля ($t_{воды}$ 20–22 °C), период интенсивной вегетации этого теплолюбивого вида водорослей еще не наступил, что сказалось на величине биомассы.

Работа выполнена в рамках тем НИР «Современное состояние и многолетняя изменчивость прибрежных экосистем южных морей России» № гос. рег. 01201363187, в рамках проектов «Анализ динамики природных систем на основе мегабаз данных за многолетний (19–20 века) период наблюдений для выявления и прогнозирования экстремальных природных феноменов, опасных для социально-экономического развития густонаселенных территорий юга России» (№ 01201450487), ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» проекты - RFMEFI60414X0050.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Брянцева Ю.В., Лях А.М., Сергеева А.В. 2005. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря. Севастополь: (Препринт / НАН Украины, Институт биологии южных морей). 25 с.

Вершинин А.О., Моручков А.А. 2003. Потенциально-токсичные водоросли в прибрежном фитопланктоне северо-восточной части Черного моря // Экология моря. Вып. 64. С. 45–50.

Вершинин А.О., Моручков А.А., Суханова И.Н., Паньков С.Л., Мотон С.Л., Рамсдел Дж. С. 2004. Сезонные изменения фитопланктона в районе мыса Большой Утриш Северо-Кавказского берега Черного моря в 2001–2002 гг. // Океанология. Т. 44. № 3. С. 399–406.

Вершинин А.О., Моручков А.А., Лифилд Т., Суханова И.Н., Паньков С.А., Мортан С.Л., Рамсделл Дж.С. 2005. Потенциально токсичные водоросли в составе прибрежного фитопланктона северо-восточной части Черного моря в 2001–2002 гг. // Океанология. Т. 45, № 2. С. 267–275.

Вершинин А.О., Орлова Т.Ю. 2008. Токсичные и вредные водоросли в прибрежных водах России // Океанология. Т. 48, № 4. С. 568–582.

Зернова В.В. 1980. Изменение количества фитопланктона в течение года в прибрежных водах северо-восточной части Черного моря // Экосистемы пелагиали Черного моря. М.: Наука. С. 96–105.

Зернова В.В. 1981. Сезонные изменения видовой структуры фитоцена северо-восточной части Черного моря // Экология морского фитопланктона. М.: Ин-т океанологии АН СССР. С. 43–46.

Зернова В.В., Незлин Н.П. 1983. Сезонные изменения фитоцена северо-восточной части Черного моря в 1978 г. // Сезонные изменения черноморского планктона. М.: Наука. С. 12–34.

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 Т.В. 1988. Динофлагелляты дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука. 299 с.

Коновалова Т.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А. 1989. Атлас фитопланктона Японского моря. Л.: Наука. 160 с.

Косинская Е.К. 1948. Определитель морских синезеленых водорослей. Л.: Изд-во АН СССР. 279 с.

Микаэлян А.С., Беляева Л.В., Георгиева Л.В. и др. 2002. Влияние мезомасштабной динамики на фитопланктонные сообщества Черного моря // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М.: Наука. С. 248–256.

Микаэлян А.С., Паутова Л.А., Георгиева Л.В., Дьяконов В.Ю. 2007. База данных по фитопланктону Черного моря // Океанология. Т. 47. № 3. С. 477–480.

Микаэлян А.С., Силкин В.А., Паутова Л.А. 2011. Развитие кокколитофорид в Черном море: межгодовые и многолетние изменения // Океанология. Т. 51, № 1. С. 45–53.

Прошкина-Лавренко А.И. 1955. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. М.: Изд-во АН СССР. 216 с.

Руководство по методам биологического анализа морских вод и донных отложений. 1980. Л.: Гидрометеоиздат. 186 с.

Рябушко Л.И. 2003. Атлас токсичных микроводорослей Черного и Азовского морей. Изд-во: ЭКОСИ–Гидрофизика. 140 с.

Сеничкина Л.Г. 1978. К методике вычисления объемов клеток планктонных водорослей // Гидробиологический журнал. Т. 14. Вып. 5. С. 102–106.

Силкин В.А., Паутова Л.А., Микаэлян А.С. 2009. Рост кокколитофориды *Emiliania huxleyi* (Lohm.) Hay et Mohl. в северо-восточной части Черного моря, лимитированный концентрацией фосфора // Альгология. Т. 19. № 2. С. 135–144.

Силкин В.А., Абакумов А.И., Паутова Л.А., Микаэлян А.С., Часовников В.К., Лукашева Т.А. 2011а. Сосуществование черноморских и чужеродных видов в фитопланктоне северо-восточной части Черного моря. Анализ гипотиз вселения // Российский журнал биологических инвазий. № 2. С. 169–180.

Силкин В.А., Прокопов О.И., Паутова Л.А., Микаэлян А.С., Часовников В.К., Лукашева Т.А. 2011б. Климатические изменения и факторы, лимитирующие развитие фитопланктона // Комплексные исследования Черного моря. М.: Научный мир. С. 269–285.

Силкин В.А., Абакумов А.И., Паутова Л.А. 2011в. Математическая модель структуры фитопланктонного сообщества северо-восточной части Черного моря // Наука Кубани. С. 35–39.

Суханова И.Н., Беляева Т.С. 1980. Видовой состав, распределение и суточные изменения фитопланктона Черного моря в октябре 1978 г. / Экосистемы пелагиали Черного моря. М.: Наука. С. 65–91.

Суханова И.Н., Погосян С.И., Вшивцев В.С. 1991. Временные изменения структуры популяции массовых видов весеннего цветения // Изменчивость экосистемы Черного моря: естественные и антропогенные факторы. М.: Наука. С. 117–127.

Ясакова О.Н. 2010. Новые виды в составе фитопланктона северо-восточной части Черного моря // Российский журнал биологических инвазий. № 4. С. 90–97.

Ясакова О.Н. 2013. Сезонная динамика потенциально токсичных и вредных видов планктонных водорослей в Новороссийской бухте, Черное море // Биология моря. Т. 39. № 2. С. 98–105.

Dodge J.D. 1982. Marine Dinoflagellates of the British Islend. London: HMSO. 301 p.

Mikaelyan A.S., Pautova L.A., Pogosyan S.I., Suchanova I.N. 2006. Summer bloom of coccolithophorids in the northeastern Black Sea // Oceanology. 45. Suppl. 1. P. 127–138.

Mikaelyan A.S., Zatsepin A.G., Chasovnikov V.K. 2013. Long-term changes in nutrient supply of phytoplankton growth in the Black Sea // Journal of Marine Systems. V. 117–118. P. 53–64.

Vershinin A. 2008. Phytoplankton of North-Eastern Black Sea: Composition, annual changes in community structure, and the problem invasive species // Materials of the International Scientific Conference and VII Marine Biology School “Modern Problems of Algology”. Rostov-on-Don. P. 403–416.

Vershinin A., Kamnev A. 2001. Harmful algae in Russian coastal waters // G.M. Hallegraeff, S.I. Blackburn, C.J. Bolch, and R.J. Lewis (Eds.) Harmful algal blooms 2000. UNESCO Press, P. 134–137.

Tomas C.K. 1997. Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press. Harcourt Brace Company. 821 p.

УДК 597.553.2(282.256.35) DOI 10.15853/978-5-902210-45-24

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕЛЬМЫ Р. ЕНИСЕЙ

О.М. Исаева[1], В.А. Заделенов[2], Д.В. Политов[3]

[1,2]Н. с., к. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоемов
660097, Красноярск, ул. Парижской Коммуны, 33
Тел.: (391) 227-23-48. E-mail: olisa24@bk.ru
[3]Зав. лаб., д. б. н., Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН
119991, Москва, ул. Губкина, д. 3
Тел.: (499) 135-50-67. E-mail: dvp@vigg.ru

ПОПУЛЯЦИЯ, НЕЛЬМА, РЕКА ЕНИСЕЙ

Ранее считалось, что в р. Енисей нельма представлена двумя экологическими формами — жилой и полупроходной, слабо различающимися в морфологическом отношении. Накопленная к настоящему времени информация по исследованию ихтиофауны бассейна р. Енисей позволяет предположить наличие более сложной структуры стада. Нельма, обитающая в р. Енисей, представлена по меньшей мере тремя популяциями, которые отличаются друг от друга как по морфологическим, так и по генетическим признакам.

SIBERIAN WHITE SALMON POPULATION VARIABILITY IN THE ENISEY RIVER

O.M. Isaeva[1], V.A. Zadelenov[2], D.V. Politov[3]

[1,2]Researcher, Ph. D.; senior scientist, Ph. D.; Scientific Research Institute of Ecology of Fishery Reservoirs
660097, Krasnoyarsk, Paris Commune Str., 33
Tel.: (391) 227-23-48. E-mail: olisa24@bk.ru
[3]Head of Lab., Ph. D.; Vavilov Institute of General Genetics Russian Academy of Science
119991, Moscow, Gubkin, 3
Tel.: (499) 135-50-67. E-mail: dvp@vigg.ru

POPULATIO, SIBERIAN WHITE SALMON, YENISEY RIVER

It was thought previously that Siberian white salmon represents by two slightly different (morphologically) ecological forms — residential and semi-anadromous, in the Yenisey River. The insight should be revised for now due to information obtained as a result of studying the stock within the basin, and more complex structure can be suggested. Siberian white salmon represents at least three clusters or residental morphs, different in morphological and genetic characteristics.

В связи со снижением численности нельмы *Stenodus leucichthys nelma* в бассейне р. Енисей, с 1967 г. здесь введен запрет на ее промышленный лов. Вместе с тем морфологическое разнообразие форм, обитающих в бассейне этой реки, остается недостаточно изученным. Кроме того, популяционно-генетические исследования этого вида в России охватывали небольшую часть популяций нельмы (Politov et al., 2000; Sendek, 2002), енисейские популяции нельмы вообще не были исследованы. Генетические исследования рыб сем. Coregonidae, проведенные с использованием различных методических подходов, не позволяют однозначно определить положение нельмы среди других видов семейства (Bernatchez, Dodson, 1991; Lockwood et al., 1993; Sajdak, Phillips, 1997; Reist et al., 1992; Sendek, 2002), поэтому привлечение новых генетических данных о неисследованных ранее популяциях поможет выяснить некоторые вопросы филогении, а также высказать предположения о путях расселения вида.

Таким образом, цель и задачи исследования: на основе морфологических данных и генетических маркеров привести новые данные о структуре популяции нельмы р. Енисей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал собран в бассейне р. Енисей, в районе нерестилищ нельмы у п. Сумароково, в устье р. Курейки и в Енисейском заливе (в районе п. Воронцово) во

время экспедиционных исследований, проведенных ФГБНУ «НИИЭРВ» в 2008–2009 гг. (рис. 1). Нельма отловлена ставными жаберными сетями с ячеей 60–80 мм и донными плавными сетями с размером ячеи 45–70 мм. Всего выловлено 105 экз., которых подвергли морфологическому (Правдин, 1966) и изоферментному анализам (Политов и др., 2011). Электрофоретический анализ генетической изменчивости изоферментных (аллозимных) локусов в тканях белых скелетных мышц и печени проводили в блоках 13%-го крахмального геля с использованием трех буферных систем (Политов и др., 2011). Выборка нельмы для морфологического и изоферментного анализов состояла из половозрелых или близких к ним по размеру особей. При создании морфологической характеристики нельмы использованы следующие меристические признаки: D — количество неветвистых лучей в спинном плавнике; d — количество ветвистых лучей в спинном плавнике; P — количество неветвистых лучей в грудном плавнике; p — количество ветвистых лучей в грудном плавнике; V — количество неветвистых лучей в брюшном плавнике; v — количество ветвистых лучей в грудном плавнике; A — количество неветвистых лучей в анальном плавнике; a — количество ветвистых лучей в грудном плавнике; sp. br. — количество тычинок на первой жаберной дуге; ll — количество прободенных чешуй в боковой линии.

Статистическая обработка собранного материала выполнена стандартными методами (Лакин, 1980) с помощью пакетов программ Statistica 5.5A. Для анализа морфологических признаков методом главных компонент (PCA) использовалась вариационно-ковариационная матрица. Значимость различий и их величину определяли соответственно по *t*-критерию с уровнем $p<0{,}001$ и по коэффициенту CD (Майр, 1971).

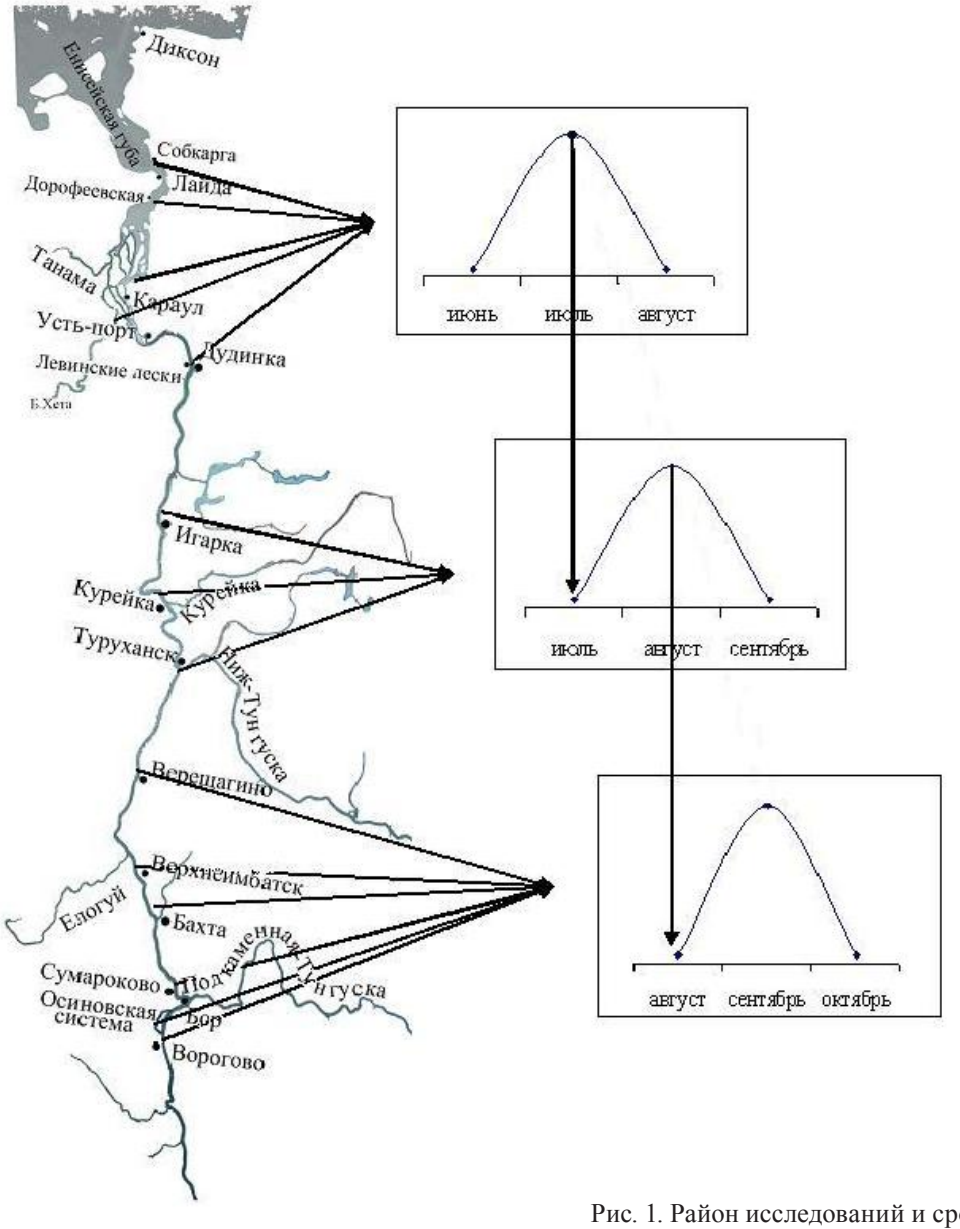


Рис. 1. Район исследований и сроки нереста нельмы р. Енисей

В работе дендрограмма сходства выборок построена методом UPGMA, в качестве меры сходства принято Эвклидово расстояние.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эколого-морфологическая характеристика нельмы

Исследованные три популяции нельмы отличались по многим показателям, в том числе некоторым меристическим признакам, темпу роста, срокам начала нерестовой миграции, температуре нереста и т. д.

При обработке и анализе наших данных мы опирались на ранее проведенные исследования (Вовк, 1948; Подлесный, 1958), авторы которых считали, что в р. Енисей нельма представлена двумя экологическими формами — жилой и полупроходной, слабо различающимися в морфологическом отношении. Жилая нельма постоянно обитает на речных участках, известна в ряде крупных притоков Енисея — П. и Н. Тунгусках, Курейке, Хантайке и других. В реках Яра и Танама, пойменных озерах левобережной дельты Енисея встречается молодь нельмы, взрослая нельма в них не обитает. Жилая форма от полупроходной отличается быстрым ростом и более ранним созреванием.

Полупроходная нельма нагуливается в низовьях р. Енисей (дельте, губе и прибрежной части залива), для нереста поднимается вверх по реке на расстояние до 1,5 тыс. км (и более) от мест нагула. Сроки и места нереста жилой и полупроходной форм совпадают, основные нерестилища расположены на участке Ворогово-Сумароково. По численности полупроходная форма значительно превосходит жилую, жизненный цикл которой, очевидно, менее продолжителен. Нерестовая миграция полупроходной нельмы из низовьев р. Енисей начинается после распаления льда, максимум хода в районе г. Дудинки наблюдается во второй–третьей декадах июля, нерестилищ (п. Сумароково) производители достигают спустя 2,0–2,5 месяца — в сентябре – начале октября.

Накопленная к настоящему времени информация по исследованию ихтиофауны бассейна р. Енисей позволяет предположить наличие более сложной структуры стада нельмы из этого бассейна (Заделенов, Гайденок, 2006; Гайденок и др., 2008; Isaeva et al., 2008), чем у вышеуказанных авторов. Нельма, обитающая в р. Енисей, представлена несколькими (по крайней мере тремя) популяциями (или жилыми формами), которые отличаются друг от друга как по морфологическим, так и по генетическим признакам. Нельма в р. Курейке в настоящее время отмечается от г. Светлогорска до устья. В наших уловах зарегистрированы рыбы в возрасте 0+–18+ лет с диной тела от 125 до 970 мм, массой от 21,5 до 12 100 г. Проведенный морфологический анализ показал, что «курейская» нельма достоверно отличается от «сумароковской» выборки по количеству жестких лучей в D и A (таблицы 1 и 2). Также «курейская» нельма отличается от «воронцовской» популяции (Енисейский залив) по количеству жаберных тычинок на первой жаберной дуге — sp. br., а также по количеству прободенных чешуй в боковой линии — ll. Высока достоверность отличий по этим же признакам (sp. br. и ll) между двумя другими популяциями («сумароковская» и «воронцовская»).

С помощью анализа главных компонент была построена дендрограмма рассеяния двух популяций нельмы в пространстве двух первых главных компонент, отмечается наличие области перекрывания у двух популяций нельмы — «курейской» и «сумароковской» (рис. 2). Тем не менее, можно увидеть явное расхождение анализируемых группировок.

Морфологические отношения выборок нельмы видны на дендрограмме сходства, построенной по средним значениям второй–шестой ГК для каждой

Таблица 1. Сравнительная характеристика трех популяций популяций нельмы р. Енисей по шести меристическим признакам

Признак	Нельма из р-на п. Сумароково (n=58)		Нельма из устья р. Курейка (n=26)		Нельма из Енисейского залива (n=30)	
	X±m	δ	X±m	δ	X±m	δ
D	4,26±0,07	0,52	2,73±0,13	0,66	2,80±0,20	0,45
d	11,16±0,11	0,84	10,77±0,18	0,91	10,80±0,49	1,10
A	3,89±0,05	0,41	2,12±0,10	0,52	2,00±0,00	–
a	13,88±0,11	0,80	13,54±0,27	1,39	13,22±0,52	1,56
Sp. br	20,57±0,10	0,75	20,19±0,21	1,10	19,50±0,21	1,14
ll	109,08±0,53	3,68	104,42±4,54	23,13	118,33±2,49	10,55

Таблица 2. Значимость различий (*P*) трех популяций популяций нельмы р. Енисей по меристическим признакам, оцененная по *t*-критерию Стьюдента

Признак	Выборки		
	2–1	2–3	3–1
D	0,001	–	–
d	–	–	–
A	0,001	–	–
a	–	–	–
sp. br	–	0,05	0,001
ll	–	0,05	0,001

Примечание: Выборки: 1 — «сумароковская» популяция, 2 — «курейская» популяция, 3 — «воронцовская» популяция. Прочерк — различия недостоверны.

выборки (рис. 3). На дендрограмме выделяются два кластера: один объединяет «сумароковскую» и «курейскую» популяции, а второй представлен «воронцовской» популяцией (Енисейский залив), которая занимает обособленное положение.

Полиморфизм популяций нельмы

Для уточнения сходства и различий популяций нельмы, выявленных морфологическими методами, проведены исследования генетических маркеров с помощью изоферментного анализа. Полиморфными оказались следующие локусы: Ck_3, ldh_3, ldh_4 и Pgm_1 (в обеих популяциях), Ldh_2, Mdh_3_4, Pgm_2, Sdh_1_2 (в обеих популяциях), Sod_2, Est_2, Me_3_4 (таблица 3). Уровень полиморфизма (P%) был максимальным в выборке «воронцовской» популяции нельмы.

Эти данные хорошо сочетаются с полученными сведениями о том, что нельма является полиморфным видом. Ранее (Голованова, 2005) с помощью анализа параметров генетической изменчивости по аллозимным локусам было показано, что уровень полиморфизма (Po,99=17,4–18,5) и средняя гетерозиготность (H=0,048–0,072) у нельмы и белорыбицы имели сходные показатели. Что хорошо сочетается с полученными нами показателями для нельмы р. Енисей. Исследования природных популяционных комплексов нельмы Северной Евразии также показали наличие достоверной гетерогенности по частотам аллозимных локусов (Голованова, 2005).

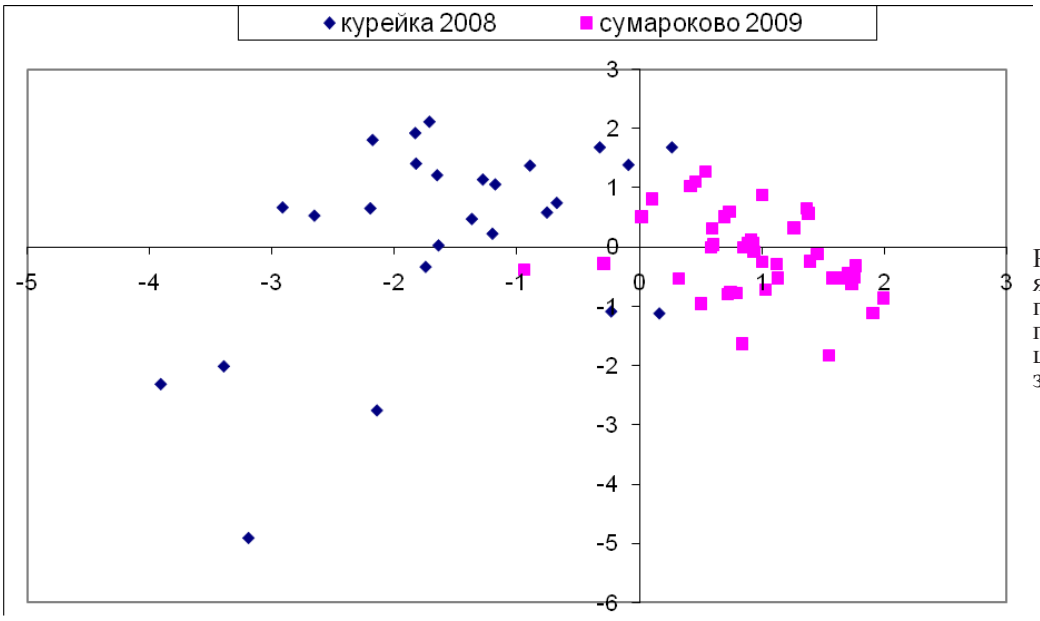


Рис. 2. Дендрограмма рассеяния популяций нельмы в пространстве двух первых главных компонент (PC) по шести меристическим признакам

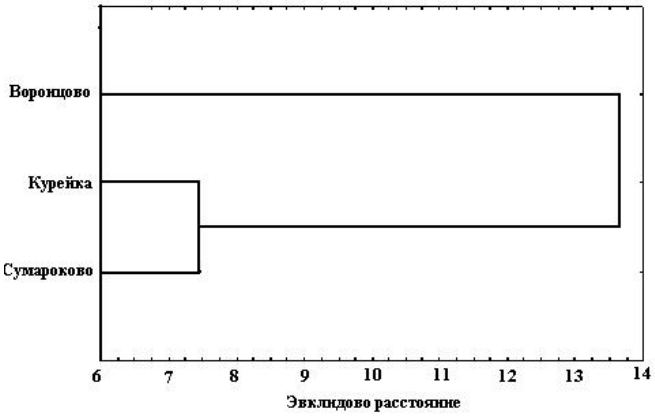


Рис. 3. Дендрограмма сходства трех популяций нельмы по шести меристическим признакам, построенная по средним значениям

Таблица 3. Уровень полиморфизма нельмы р. Енисей (P %)

Место обитания	Общее количество исследованных локусов	Количество полиморфных локусов	P (%) — уровень полиморфизма
Енисейский залив (п. Воронцово)	29	9	34,48
Устье р. Курейки	29	5	17,24

Таким образом, результаты исследований показывают, что в настоящее время существует, по крайней мере, три популяции нельмы, обитающих в р. Енисей, которые отличаются по морфологическим и генетическим признакам. Выборка из района Енисейского залива (п. Воронцово) имеет наибольшее число морфологических отличий и наибольший уровень полиморфизма (P=34,48%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для решения поставленных в работе задач нами были собраны морфологические и генетические материалы, позволяющие оценить сходство и различие нескольких популяций нельмы р. Енисей. На основании морфологических исследований удалось выявить два кластера,

объединяющих «сумароковскую» и «курейскую» популяции и отличную от них «воронцовскую». Все три исследованные популяции отличаются по срокам нереста, ростовым и морфологическим показателям. С помощью генетических маркеров удалось также выявить отличие «воронцовской» популяции от более южных («сумароковской» и «курейской»). Полученные различия меристических признаков и результаты изоферментного анализа позволяют предположить, что популяция нельмы р. Енисей неоднородна и представлена несколькими генными пулами.

Авторы благодарят за помощь в осуществлении исследований сотрудников ФГБНУ «НИИЭРВ» и лаборатории популяционной генетики ИОГЕН РАН, принимавших участие в сборе и обработке материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вовк Ф.И. 1948. Нельма *Stenodus leucichthys nelma* (Pallas) р. Енисей (промыслово-ихтиологический очерк) // Труды Сибирского отделения ВНИОРХ. Т. 7, вып. 2. С. 81–109.

Гайденок Н.Д., Исаева О.М., Заделенов В.А. 2008. О неоднородности популяции енисейской нельмы // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГиМС. Вып. 10. С. 30–33.

Голованова Т.С. 2005. Научная библиотека диссертаций и авторефератов. disser Cat http://www.dissercat.com/content/analiz-geneticheskoi-izmenchivosti-belorybitsy-i-nelmy-stenodus-leucichthys-gueldenstaedt-17#ixzz3n5nXPoBk

Заделенов В.А., Гайденок Н.Д. 2006. К структуре популяции сибирского осетра р. Енисей // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития. Мат-лы докл. 4 Междунар. науч.-практич. конф. М.: ВНИРО. С. 199–202.

Лакин Г.Ф. 1980. Биометрия. М.: Высш. школа. С. 293.

Майр Э. 1971. Принципы зоологической систематики. М.: Мир. С. 456.

Подлесный А.В. 1958. Рыбы р. Енисей, условия их обитания и использование // Изв. ВНИОРХ. М.: Пищепромиздат. Т. 44. С. 97–178.

Политов Д.В., Белоконь М.М., Белоконь Ю.С. 2011. Анализ полиморфизма аллозимов и ДНК хвойных // Методич. пособие к практикуму «Анализ полиморфизма аллозимов и ДНК на примере основных лесообразующих пород». М.: Цифровичок. 52 с.

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

Bernatchez L., Dodson J.J. 1991. Phylogeographic structure in mitochondrial DNA of the lake whiteflsh (*Coregonus clupeaformis*) and its relation to Pleistocene glaciations // Evolution. V. 45. P. 1016–1035.

Isaeva O.M., Zadeleyonov V.A., Belov M.A. 2008. Ecological differentation of spawning inconnu in the Yenisey River. 10th Int. Symp. On the Biology and Management of Coregonid Fishes (Winnipeg, Manitoba, Canada, August 25–29, 2008). Winnipeg. P. 30.

Lockwood S.F., Dillinger R.E. jr., Birt T.P., Green J.M., Snyder T.P. 1993. Phylogenetic relationships among members of the Coregoninae inferred from direct sequencing of PCR-amplified mitochondrial DNA // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 50. P. 2112–2118.

Politov D.V., Gordon N.Y., Afanasiev K.I., Altukhov Y.P., Bickham J.W. 2000. Identification of palearctic coregonid fish species using mtDNA and allozyme genetic markers // J. Fish Biol. V. 57. Su A. P. 51–71.

Reist J.D., Vuorinen J., Bodaly R.A. 1992. Genetic and morphological identification of coregonid hybrid fishes from Arctic Canada // Pol. Arch. Hydrobiol. V. 39. P. 551–561.

Sajdak S.L., Phillips R.P. 1997. Phylogenetic relationships among Coregonus species inferred from the DNA sequence of the first internal transcribed spacer (ITSI) of ribosomal DNA //Can J Fish Aquat Sci. V. 54. No. 7. P. 1494–1503.

Sendek D.S. 2002. Electrophoretic studies of Coregonid fishes from across Russia// Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 2002. V. 57. P. 35–55.

УДК 574(282.274.211) DOI 10.15853/978-5-902210-45-25

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ И ПРОБЛЕМЫ РЫБОЛОВСТВА

А.А. Лукин, Д.С. Беляев

Проф., д. б. н., Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства
195053, Санкт-Петербург, Набережная Макарова, 26
Тел.: (812) 400-01-77. E-mail: alukin@inbox.ru
Руководитель, Северо-Западное территориальное управление Росрыболовства
199155, Санкт-Петербург, ул. Одоевского, д. 24/2
Тел., факс: (812) 498-88-97. E-mail: belyev@sztufar.ru

РЫБОЛОВСТВО, СЫРЬЕВАЯ БАЗА, ОБЪЕКТЫ ПРОМЫСЛА, ПОПУЛЯЦИИ РЫБ

Проведено исследование современного состояния рыбных ресурсов на водоемах Северо-Запада России. Установлено, что интенсивный промысел приводит к сокращению продолжительности жизни, изменению возрастной структуры (омоложение стада, сокращению доли старшевозрастных групп), снижению величины промыслового запаса и вылова эксплуатируемого вида. У наиболее ценных видов рыб (лососевые и сиговые) изымается непропорционально большая часть промыслового запаса. Для повышения эффективности рыбного промысла современная система управления биологическими ресурсами должна быть направлена на сохранение биоразнообразия и устойчивости ресурса при длительном его пользовании.

FISHERY UTILIZATION FRESHWATER BODIES OF NORTH-WEST RUSSIA AND PROBLEMS OF FISHERY

A.A. Lukin, D.S. Belyaev

Professor, Dr. Sc., State Research Institute on Lake and River Fisheries
195053, Saint-Petersburg, Makarov emb., 26
Tel.: (812) 400-01-77. E-mail: alukin@inbox.ru
Leader of North-West territorial department of Russian Fisheries Committee
199155, Saint-Petersburg, Odoevskogo str., 24/2
Tel., fax: (812) 498-88-97. E-mail: belyev@sztufar.ru

FISHERY, FISH STOCK, OBJECT OF FISHERY, FISH POPULATION

The current state of fishery resources in the water bodies of the North-West Russia is studied. It was found that intensive fishery results in reduction of life duration, age structure change (rejuvenation, reducing the share of older age groups), decrease the value of the fishing stock and the catch of the exploited species. Most valuable fish species (salmon, whitefish are eliminated disproportionately from commercial stock. To improve the efficiency of fisheries the modern system of bioresources management should be directed to biodiversity conservation and sustainable resource development at the long-term use.

Северо-Западный федеральный округ (СЗФО) включает в себя территории, которые обычно относят к Северному и Северо-Западному экономическим районам. В состав округа входят 11 регионов, в том числе 2 республики, 7 областей, автономный округ и г. Санкт-Петербург. На этой территории площадью 1,7 млн кв. км проживают 14,5 млн человек. Здесь же расположены крупнейшие озера Европы — Ладожское, Онежское, Топозеро, Пяозеро, Псковско-Чудское, Ильмень — и большое количество крупных рек и озер, водосборный бассейн которых по площади превосходит территорию Западной Европы. Естественно, что рыболовство (промышленное, любительское и спортивное) играет важную роль в экономике этого района. В нашем докладе мы остановимся на проблемах, которые существуют в рыбохозяйственной отрасли в зоне ответственности ГосНИОРХа. Это — Республика Карелия, Вологодская, Ленинградская, Новгородская и Псковская области.

Цель предлагаемой работы — исследование современного состояния рыбохозяйственного комплекса и рекомендации по рациональному использованию рыбных ресурсов водоемов Северо-Запада России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В основу работы положены материалы многолетних исследований (с 2004 г. по настоящее время), собранные во время экспедиций, проверок промысловых бригад и рыбаков-любителей, совместно с сотрудниками Северо-Западного территориального управления, на водных объектах ряда областей Северо-Запада России (табл. 1). Кроме того, использовались фондовые архивные материалы ФГБНУ «ГосНИОРХ».

В научных экспедициях обловы рыбы проводили тралом и набором ставных жаберных сетей из нейлонового монофиламента, стандартной длины 25 м, высотой 1,5 м и размером ячеи: 10, 12,5, 16, 22, 25, 30, 35, 38 и 45 мм, что обеспечивает вылов рыбы длиной от 5 см. При проверке промысловых бригад, рыбаков-любителей, изъятии браконьерских сетей, проводились массовые промеры размерно-весовых показателей и собирался материал для определения возраста промысловых видов рыб.

Для характеристики эффективности рыболовства использовалось отношение величины статистического и экспертного улова к величине допустимого улова, выраженное в %. Промысловое усилие выражалось через коэффициент мгновенной промысловой (F, год$^{-1}$) смертности, и оно прямо пропорционально этому показателю (Рикер, 1979).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основными пресноводными рыбохозяйственными водными объектами региона являются озера. Следует отметить, что рыбохозяйственный фонд субъектов существенно различается (табл. 1), в связи с тем, что в одном случае, невзирая на разветвленную гидрографическую сеть, это в основном малые реки, длина которых не превышает 10 км (Псковская, Новгородская области), в другом случае это довольно крупные водные объекты, такие, например, как Топо-Пяозерское водохранилище (Республика Карелия), с хорошим промысловым запасом, но удаленность которых не позволяет сделать промысел рентабельным.

Тем не менее, рыболовство на водных объектах региона издавна играло и будет иметь важное значение в экономике, обеспечивая рыбой многие села, деревни и города. Анализ материалов за последние 120–130 лет показал, что условно можно выделить несколько этапов в развитии рыбохозяйственного комплекса на территории Северо-Запада России (Данилевский, 1875; Пушкарев, 1900; Петров, 1926; Покровский, Смирнов, 1932; Гуляева, Кудерский, 1964; Биоресурсы.., 2008). Эти этапы различаются по социально-экономическим и рыбопромысловым показателям:

а) с середины XIX века и до 1930 г. — этап индивидуальных и артельных хозяйств по рыбодобыче (кустарное рыболовство). Рыба вылавливалась и реализовывалась в основном индивидуально. Использовались низкопроизводительные и многочисленные прибрежные орудия лова;

б) 30-е гг. — коллективизация рыбацких хозяйств. До войны на озерах вели промысел рыболовецкие колхозы и рыбаки-промысловики;

в) послевоенный этап (1948 – начало 60-х гг.), колхозно-государственный. Рыбодобычу на равных вели государственные, колхозные структуры и второстепенные заготовители. Государственный промысел в объемах вылова уступал кооперативным заготовителям;

г) после 60-х и до 1990 г. — этап постепенного усиления доминирования государственной рыбодобычи. В этот период число индивидуальных рыбаков-промысловиков сокращается, осуществляется переход к более производительным и крупным орудиям лова. На 1985–1990 гг. приходятся максимальная интенсивность рыболовства и наибольшие уловы, которые в основном основаны на государственных дотациях;

д) с 1991 по 2005 гг. — этап стихийных рыночных отношений. В этот период появляется множество пользователей разных уровней;

ж) 2005–2006 гг. — введение новой законодательной базы рыболовства РФ и появление пользователей разных уровней рыболовства. Были приняты ФЗ «Закон о рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» (2004) и Правила рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна (2007). Тем не менее, организация и контроль во многих случаях до сих пор остались лишь на бумаге.

Чем же интересны водные объекты Северо-Запада России для промышленного рыболовства. Это, в первую очередь, наличие таких промысловых видов рыб, как лососевые (лосось, кумжа, палия), сиговые (ряпуш-

Таблица 1. Рыбохозяйственный водный фонд водоемов Северо-Запада

Субъект РФ	Озера		Реки		Водохранилища	
	Кол-во	Площадь, тыс. га	Кол-во	Протяженность, тыс. км	Кол-во	Площадь, тыс. га
Вологодская	174	329,9	>13 000	>30,0	6	124,5
Ленинградская	1800	1179,6	>20 000	>50,0	2	43,4
Новгородская	664	166,2	>11 000	>25,0	–	–
Псковская	3432	113,7	15 000	>32,0	2	0,2
Республика Карелия	61 698	2192,3	25 207	78,4	25	556,7

ка, сиг, нельма), корюшковые (корюшка), окуневые (судак). Ценность этих видов определяется не только высокими вкусовыми качествами, но возможностью использовать лососевых и сиговых рыб как перспективные объекты аквакультуры. Однако ресурсную значимость для промысла в водных объектах имеют около 30 видов рыб. При этом официальной статистикой регистрируются данные по вылову 21–24 видов, но в основную часть уловов всегда входят 15–17 видов (Бабий, 2007). К ним относятся: европейская корюшка, европейская ряпушка, европейский сиг, лещ, плотва, щука, налим, судак, окунь, ерш. Атлантический лосось, включая пресноводные формы, кумжа, палия и хариус хотя и незначительны в величине общего улова, но представляют большой интерес для любительского и спортивного рыболовства.

Сырьевая база. Анализируя состав уловов в водоемах Северо-Запада, следует признать, что в общем запасе рыб многих водных объектов велика роль короткоцикловых видов — ряпушки и корюшки (до 70% в таких озерах как Ладожское и Онежское), для которых характерны высокие колебания численности и биомассы, что вносит значительные отклонения в годовых уловах. В то же время, за последние 75 лет наблюдается устойчивая тенденция к снижению запасов лососевых рыб, сигов и судака. Сырьевая база прочих видов (щука, лещ, плотва, окунь и др.) более устойчива и менялась в разные годы как по величине, так и по структуре допустимого улова (табл. 2).

В целом, в XX–XXI веках изменения в ресурсной базе рыб коснулись, в большей степени, не абсолютных общих величин запаса (хотя небольшое снижение запаса и допустимого вылова имеется), а структуры рыбной части сообщества, что ведет к изменению соотношения отдельных видов в промысле.

Рыбопромысловая база. Производственные орудия добычи рыбы, используемые на водных объектах, менялись по мере развития рыболовства и социально-экономических условий. В силу разнообразных условий промысла ассортимент орудий лова на водоемах Северо-Запада относительно широкий, но с преобладанием пассивных типов (ловушек, объячеивающих орудий и т. д.). Организованный промысел носит в большей степени путинный характер, и основная часть промысловых орудий лова выставляется весной и осенью. В связи с этим большая часть улова рыбы приходится на весну (май–июнь, до 40–50% от годового) и осень (сентябрь–октябрь, до 30–40%). В подледный период добывается 5–10% от общего улова.

К этапу доминирования государственных рыбодобывающих организаций (гослов) (1980-е гг.) производственная база рыбодобычи оказалась достаточно оптимизирована по ассортименту орудий лова (активные — разноглубинные тралы, и пассивные в виде ловушек и сетей). Количество орудий лова (особенно крупноячейных сетей) не всегда соответствовало рекомендуемым величинам, в отдельные годы превышая необходимый уровень, что привело к нарушению соотношения запас–промысел по некоторым видам и вызвало снижение запасов сига, судака, налима, корюшки и ряпушки.

В переходный рыночный период, с 1991 г., централизованный государственный промысел стал быстро разрушаться, уровень промысловой нагрузки в первые годы объективно снизился, особенно по ставным ловушкам (мережи, невода). Бывшие государственные организации стали преобразовываться в акционерные общества или дробились на частные предприятия. С другой стороны, возникло многочисленное количество рыбаков-любителей, которым было разрешено использовать промысловые ставные крупноячейные сети и прочие орудия лова, например в Республике Карелия. Все это привело к росту числа пользователей разных уровней собственности, затрудняя контроль за промысловой базой и величиной вылова.

Эффективность использования объектов рыболовства. Эффективность рыболовства можно опре-

Таблица 2. Средние величины сырьевых ресурсов рыболовства (допустимый улов) в озерах Северо-Запада в разные периоды (т)

Промысловые виды	1931–1940	1955	1970–80-е	1985–1989	1996–2000	2001–2006
Лосось	100–150*	30	20	10	9	16
Палия	100	40	10	15	10	7
Кумжа	–	–	3,5	–	–	–
Корюшка	400–600	900–1000	1000	1330	1130	1692
Ряпушка	1200–1500	1000–1200	1050	1090	710	700
Налим	200	150	120	140	192	225
Сиг	200–300	200	120	120	89	63
Судак	100–150	100	55	53	32	39
Лещ	–	50	60	80	59	80
Щука	200	50	50	60	45	39
Окунь	500–600	200	80	85	182	266
Плотва	–	–	40	90	105	102
Прочие	500–700	350–450	385	352	318	203
Колебания	3500–4500	3070–3470	3000–4000	3300–3900	2800–2900	3200–3722

Примечание: *вместе с форелью (Покровский, 1947)

делять по разным показателям, например, таким как производительность промысла, коэффициент эксплуатации, эффективное промысловое усилие и др. В нашем случае, для характеристики эффективности рыболовства мы использовали отношение величины статистического и экспертного улова к величине допустимого улова, выраженное в %, выполнив этот расчет на примере Онежского озера. Это соотношение часто называют оправдываемостью прогноза допустимого улова, а мы называем его уровнем реализации допустимого улова. Данные по этому показателю для статистических (официальных) и экспертных объемов уловов представлены в табл. 3.

Из данных табл. 3 следует, что некоторые виды (сиг, судак, ряпушка, корюшка) использовались промыслом достаточно интенсивно, и в отдельные годы их вылов превышал величину допустимого улова. Значительные превышения уровня ОДУ периодически наблюдались по сигу в течение длительного периода, с начала 70-х до конца 90-х гг. В конце 90-х гг. чрезмерно эксплуатировались запасы корюшки и ряпушки. Высоким и близким к величине допустимого улова был вылов судака в период 1991–2000 гг. Неучтенный вылов рыбы любителями и браконьерами, использующими промысловые орудия лова, а также сокрытие объемов изъятия рыбы всеми пользователями определяет низкие статистические величины реализации ОДУ в 1991–1999 гг. Сравнение реализации ОДУ в 1985–1989 гг. (удовлетворительный учет вылова) с последующими 90-ми гг. (так называемыми «рыночными») свидетельствует о том, что неучтенная величина вылова по крупному частику близка к величине заявленного улова, а реальный улов корюшки в среднем на 20–30%, а ряпушки — на 30–50% выше статистической величины вылова.

В многолетнем аспекте (с 1935 по 2014 гг.) наблюдаются следующие тенденции в динамике уловов хозяйственных групп: доля лососевых в общем улове снизилась в 2–4 раза; уменьшился удельный вес крупного частика (сиг, судак, налим, лещ) примерно на 20–30%, а мелкого (без корюшки и ряпушки) — примерно на 20%. Присутствие ряпушки в уловах более стабильно, тем не менее, общий тренд за указанный период имеет небольшие отрицательные значения. Наиболее стабильные показатели отмечаются в уловах корюшки. Ее удельный вес в уловах постоянно возрастает и за 70 лет увеличился в 2 раза.

Влияние промышленного рыболовства на состояние популяций рыб. Каждый вид промысла и его орудия лова характеризуются интенсивностью, селективностью, эффективностью и производительностью. Все эти показатели промысла по-разному влияют на рыбную часть сообщества, его структуру и продуктивность. Результаты промысла проявляются не всегда ясно, ибо состояние рыбного населения водоема определяется комплексом естественных и антропогенных факторов. Тем не менее, при определенной интенсивности рыболовства проявляются общие тенденции и закономерности в динамике состояния рыб и всего рыбного населения. В качестве примера можно проследить изменения популяции сига, который во все времена является наиболее эксплуатируемым видом. На его примере представлены изменения некоторых характеристик состояния озерного сига при разных условиях промысла. Для анализа взято стадо сига андомского промыслового участка Онежского озера за период с 1981 по 2011 гг. Сиговый промысел (ставные сети с шагом ячеи 40 мм и более) в указанном районе всегда носил интенсивный характер, но различался по годам. Наиболее характерные показатели состояния стада сига в Андомском районе отражает таблица 4.

Таблица 3. Уровень реализации (%) допустимых уловов промысловых видов в разные периоды рыболовства на Онежском озере (по статистическим и экспертным величинам улова)

Виды	Статистический					Экспертный		
	1935–1938	1976–1980	1986–1990	1996–2000	2005–2011	1985–1989	1993–1995	2005–2011
Палия	3	57	27	16	42	–	–	–
Корюшка	58	86	94	53	79	106	76	103
Ряпушка	63	69	77	44	54	73	100	85
Налим	37	99	86	25	38	100	53	60
Сиг	19	84	97	38	87	102	100	129
Судак	28	76	87	34	63	91	76	95
Лещ	–	64	65	23	51	68	57	71
Щука	39	31	54	5	35	42	58	54
Окунь	19	71	103	10	28	103	58	28
Плотва	–	117	80	10	36	80	75	50
Среднее, общий улов	46	71	82	37	61	81	71	80

Таблица 4. Некоторые показатели промыслового стада сига Андомского промыслового участка Онежского озера в годы с разной степенью эксплуатации (F), (сетные уловы, шаг ячеи 40 и >мм)

Период (годы)	F, год$^{-1}$	Модальный возраст, лет	Максимальный возраст, лет	% старших групп (с 10 лет)	Средний вылов сига, т
1981–1985	0,06	7	12	6,0	31,8
1990–1994	0,47	8	14	12	35,4
1995–1999	0,36	8	11	16	14,9
2010–2011	0,34	7	12	6,5	1,9

Для периода 1980–1985 гг. характерна невысокая промысловая смертность сига при хорошем состоянии его запаса. Промысел сига велся сетями и строился на изъятии, главным образом, впервые нерестующих 7-летних особей. Рыбы старших возрастных групп (с 10 лет) в уловах занимали сравнительно невысокий процент (6%), максимальный возраст составлял 12 лет. Начиная с 1991 и по 1999 годы (период становления рыночных отношений и большого количества слабоконтролируемых пользователей), наблюдается увеличение промысловой смертности (F) (табл. 4).

В этот период идет напряженное воздействие на старшие возрастные группы сига: модальная группа смещается на 8 лет, процент старших возрастных рыб (с 10-летнего возраста) в выборке из промысловых сетных уловов возрастает до 12–16, максимальный возраст — до 14 лет (табл. 4.). В 2010–2011 гг. состояние стада сига на Андомском рыбопромысловом участке Онежского озера — это результат накопленного промыслового воздействия в предыдущие годы с высокой интенсивностью. В итоге, из-за длительного селективного изъятия старшевозрастных наиболее крупных особей снизилась модальная группа в промысловом стаде до 7 лет, процент старших возрастных групп уменьшился до 6,5% при неизменности набора ячеи сетной базы, официальные уловы организованных заготовителей заметно сократились. Подобные изменения характерны и для сигов Ладожского озера, и для судака Псковско-Чудского озера, и для других видов рыб, обитающих в водоемах Северо-Запада России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, интенсивный промысел приводит к сокращению продолжительности жизни, изменению возрастной структуры (омоложение стада, сокращению доли старшевозрастных групп), снижению величины промыслового запаса и вылова эксплуатируемого вида. Из промыслового запаса промыслом непропорционально много изымается наиболее ценных — быстрорастущих особей, что может негативно отразиться на генетическом разнообразии будущих поколений.

Организация и работа рыбного промысла до рыночных реформ и в новых социально-экономических условиях отражают всю сложность процессов использования рыбных ресурсов. Современная система управления при пользовании биологическими ресурсами должна быть направлена на сохранение биоразнообразия, устойчивости ресурса при длительном его пользовании. Появление новых Правил рыболовства и «Закона о рыболовстве…» должно содействовать упорядоченности промысла всех видов через рыбопромысловые участки, вывести на адекватный уровень управления и регулирования внутри системы «запас–промысел».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабий А.А. 2007. Рыбохозяйственная система Онежского озера: прошлое и настоящее // Рыбное хозяйство. № 6/ С. 83–87.

Биоресурсы Онежского озера. 2008. Под ред. В.И. Кухарева, А.А. Лукина. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 271 с.

Гуляева А.М., Кудерский Л.А. 1964. Современное состояние рыбного хозяйства на Онежском озере и перспективы его развития // Рыбное хоз-во Карелии. Карел. отд. ГосНИОРХ. Вып. 8. С. 104–110.

Данилевский Н.Я. 1875. Исследования о состоянии рыболовства в России. Т. IV, вып. 1. СПб. С. 40–88.

Петров В.В. 1926. Современное состояние Онежского рыболовства // Изв. отд. приклад. ихтиологии. Т. IV, вып. 1.

Покровский В.В., Смирнов А.Ф. 1932. Очерк рыболовства Онежского озера // Рыбное хоз-во Карелии. Вып. 1. С. 39–96.

Покровский В.В. 1947. Онежское озеро и его рыбные запасы // Тр. I науч.-технич. конф. по рыбн. пром-сти Карело-Финской ССР. Петрозаводск: Госиздат. С. 150–170.

Правила рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна. Утв. Приказом Минсельхоза России от 28 апреля 2007 г. № 245, зарег. в Минюсте РФ 31 мая 2007 г. № 9574.

Пушкарев Н.Н. 1990. Рыболовство на Онежском озере // Отч. Мин. земледелия и гос. имущества. СПб. 260 с.

Рикер У.Е. 1979. Методы оценки и интерпретации биологических показателей популяций рыб. М.: Пищ. пром-сть. 408 с.

Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004 г. № 166-ФЗ // СЗ РФ, 27.12.2004, № 52 (ч. 1), ст. 5270.

УДК 597-12:576.85 DOI 10.15853/978-5-902210-45-26

ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ У МОЛОДИ НЕРКИ (*ONCORHYNCHUS NERKA* WALBAUM) КУРИЛЬСКОГО ОЗЕРА (КАМЧАТКА)

Т.В. Гаврюсева

Зав. лаб., к. б. н., Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683003, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: gavrt2004@mail.ru; gavruseva.t.v@kamniro.ru

НЕРКА, ONCORHYNCHUS NERKA, МОЛОДЬ, ГИСТОПАТОЛОГИЯ, ПАТОГЕНЫ, ОЗ. КУРИЛЬСКОЕ, КАМЧАТКА

В настоящей работе приведены многолетние данные гистологических и гистохимических исследований молоди нерки *Oncorhynchus nerka* из оз. Курильского (Камчатка), выполненных в 2005–2014 гг. В основном, деструктивные изменения в жабрах, печени, почках, желудочно-кишечном тракте, поджелудочной железе и головном мозге были вызваны паразитарными агентами. Патоморфологические изменения в органах и тканях у некоторых сеголеток нерки были характерны для инфекционного некроза гемопоэтической ткани. Сравнительный непараметрический статистический анализ состояния органов и тканей молоди нерки показал, что здоровье смолтов в конце катадромной миграции хуже, чем у других исследованных групп рыб. Межгодовой сравнительный анализ средних значений интегральных гистопатологических показателей смолтов нерки не выявил достоверных различий.

PATHOMORPHOLOGICAL CHANGES AND ASSESSMENT OF THE HEALTH OF JUVENILE SOCKEYE SALMON (*ONCORHYNCHUS NERKA* WALBAUM) OF KURILSKOE LAKE (KAMCHATKA)

T.V. Gavruseva

Head of lab., Ph. D., Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya, 18
Tel., fax: (415-2) 41-27-01; (415-31) 6-23-37.
E-mail: gavrt2004@mail.ru; gavruseva.t.v@kamniro.ru

SOCKEYE SALMON, ONCORHYNCHUS NERKA, JUVENILE, HISTOPATHOLOGY, PATHOGENS, KURILSKOE LAKE, KAMCHATKA

The paper demonstrates long-term histological and histochemical data from studies of juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) of Kurilskoe Lake (Kamchatka) carried out in 2005–2014. In general destructive changes in the gills, liver, kidney, gastrointestinal tract, pancreas and brains were results of parasite activities. Pathomorphological changes revealed in tissues and organs of a part of sockeye salmon underyearlings were typical for Infectious Hematopoietic Necrosis Virus decease. Nonparametric analysis of the conditions of the juvenile sockeye salmon tissues and organs indicated worse health of smolts at the end of their catadromous migrations comparing the other examined groups of fish. Interannual comparative statistical analysis of the mean values of integral histopathological parameters in sockeye salmon smolts for 2007–2014 revealed none authentic differences.

Озеро Курильское (бассейн р. Озерной), расположенное на западном побережье Камчатки, является крупнейшим нерестилищем нерки (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) в Евразии (Бугаев, 1995; Бугаев, Кириченко, 2008). В этом водоеме нагуливаются три смежных поколения молоди нерки — сеголетки, годовики и двухгодовики. Большая часть рыб проводит в озере до ската в море два года. Незначительное количество (в среднем несколько процентов) составляет молодь, скатившаяся через три года жизни в оз. Курильское. В отдельные годы в скате в значительных количествах встречаются годовики (Селифонов, 1974; Бугаев, 1995; Карпенко, 2000). В пресноводный период жизни происходит значительная элиминация молоди лососей, которая зависит от многих факторов: обеспеченности молоди лососей пищей, выедания хищниками, гидрологического, гидрохимического и температурного режимов водоема, болезней (Леванидов, 1964).

Для оценки состояния здоровья гидробионтов гистологические исследования являются одним из самых информативных показателей (Fish pathology, 1989; Ferguson, 1995; Заботкина и др., 2005; Решетников, Попова, 2007; Gavruseva, 2011).

Целью нашей работы было провести сравнительный анализ состояния здоровья различных возрастных групп молоди нерки *Oncorhynchus nerka* из оз. Курильского на основе патоморфологических изменений органов и тканей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для настоящей работы были пробы органов и тканей молоди нерки, отобранные в 2005–2014 гг. в оз. Курильском. Личинок нерки из нерестовых бугров исследовали только один раз (в феврале 2010 г.). Отбор проб у остальных возрастных групп рыб проводили ежегодно: у сеголеток в августе–октябре с 2005 г., у смолтов в июне–июле с 2007 г. — в начале, середине и конце покатной миграции.

При сборе материала использовали биологический и клинический анализы, патологоанатомическое вскрытие, гистологические и гистохимические методы исследования. Отобранные для анализа пробы кожи, жабр, передней и задней почки, печени и желчного пузыря, желудочка сердца, предсердия, плавательного пузыря, селезенки, пищевода, желудка, кишечника, головного мозга, скелетной мускулатуры и хрящевой ткани фиксировали в жидкости Дэвидсона (Bucke, 1998). Всего гистологическими и гистохимическими методами было обследовано 790 экз. рыб.

Мальков, длина тела которых не достигла 4 см, фиксировали целиком. Личинок нерки заливали в целлоидин-парафин, гистологические пробы от других возрастных групп рыб — в парафин (Волкова, Елецкий, 1982). Последующую обработку остальных проб проводили по общепринятой методике. Препараты окрашивали гематоксилин-эозином по Мейеру, Романовскому-Гимза и железным гематоксилином по Гейденгайну, Циль-Нильсену, ШИК-световым зеленым и по Граму (Bancroft et al., 1990).

Видовую принадлежность паразитов производили по отечественным определителям (Определитель паразитов.., 1984, 1987) и отдельным публикациям (Lom, Dukova, 1992; Novak et al., 2002). Для сравнительной характеристики состояния здоровья рыб определяли индексы гистопатологических изменений органов и тканей, выраженные в условных единицах с учетом встречаемости (в долях) и степени тяжести. В качестве индикатора общего состояния организма особей использовали интегральный гистопатологический показатель (ИГП) (Гаврюсева, 2006; Gavruseva, 2011).

Статистическую и математическую обработку данных проводили с помощью компьютерной программы “STATISTICA 6”. Использовали метод непараметрической статистики для малых выборок: двухвыборочный критерий Колмогорова-Смирнова и дисперсионный тест Краскелла-Уоллиса (Боровиков, 2003). Различия между выборками принимались с достоверностью 0,95.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Клиника. В большинстве исследованных выборок рыб при визуальном осмотре внешние и внутренние признаки патологии наблюдали только в единичных случаях (не более 1–2% от обследованных особей): бледность жабр, более темная окраска тела; при вскрытии — бледность внутренних органов и увеличение желчного пузыря.

При гистологических и гистохимических исследованиях выявили следующие патологические изменения органов и тканей.

Личинки. Расширение кровеносных сосудов жаберных филаментов у 10–40% особей, фокальный некроз в клетках эпидермиса (10–20%) и продолговатого мозга (10–30%). В остальных органах и тканях структурных изменений не наблюдали. Гистохимическими методами исследования патогенные агенты обнаружены не были.

Сеголетки (0+). В жабрах рыб этого возраста чаще всего наблюдали расширение кровеносных сосудов, меланизацию макрофагов жаберных дуг (10–70%), локальную гиперплазию респираторного эпителия (10–80%) и слипание (10–13,4%) жаберных ламелл. Наиболее часто встречающимся типом патологии в почках были гиперемия (30%), интерстициальный отек (10–13,4%), гранулемы (6,7–10%) и гемосидероз (10%) гемопоэтической ткани. В печени наблюдали расширение и полнокровие сосудов, вакуолизацию, первую–вторую степень липоидной дистрофии гепатоцитов (6,7–13,3%). Кроме того, отмечали личинок нематоды, предположительно *Philonema oncorhynchi*, в соединительной ткани плавательного пузыря (10–40%), споры и плазмодии миксоспоридии *Myxobolus arcticus* (6,7–10%) в продолговатом мозге, разрастание грануляционной ткани вокруг плероцеркоидов цестоды *Diphyllobothrium* sp. в мышечном слое (6,7–20%) и единичные плероцеркоиды цестоды, предположительно *Proteocephalus* sp., в просвете пилорического отдела желудка и кишечника (6,7–40%). В отдельные годы отмечали инвазию жаберных ламелл паразитарными простейшими *Trichodina* sp. (6,7–20%) и *Ichthyobodo necator* (10–20%). В остальных органах и тканях гистопатологических изменений не обнаружили.

У 30% сеголеток нерки в 2007 и 2014 гг. наблюдали некробиотические изменения в гемопоэтической ткани почки, печени, поджелудочной железе и головном мозге, характерные для опасного вирусного заболевания — инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHN) (Гаврюсева, 2004). В 2007 г. некробиотические изменения были выявлены также в жабрах и в покровных тканях рыб.

Смолты (1+–3+). Встречаемость структурных нарушений в жабрах была значительно выше. Меланизацию макрофагов жаберных филаментов и дуг отмечали у 13–93% рыб, локальный некроз, гиперплазию респираторного эпителия жаберных ламелл — 10–100% и клеток, выстилающих жаберную полость — 10–60%, слипание отдельных жаберных ламелл — 5–80%. На жаберных ламеллах выявили скопление паразитарных простейших *Capriniana piscium* (6,7–60%) и *Apiosoma conicum* (6,7–30%). В почках выявили гемосидероз (6–13%) и фокальный некроз клеток гемопоэтической ткани (6,7–13%), гидропическую дистрофию нефроцитов, скопление эозинофильных масс, плазмодиев и спор и миксоспоридии *Leptotheca krogiusi* в просвете почечных канальцев (6,7–20%). В начале покатной миграции в печени рыб наблюдали расширение сосудов, интерстициальный отек и вакуолизацию гепатоцитов (10–20%). В конце ската к выявленным у рыб гистопатологическим изменениям добавились ядерный плеоморфизм, обширный некроз и цероидная дегенерация гепатоцитов (6,7–13,4%), базофильные участки вокруг кровеносных сосудов (6,7–60%). В желудочно-кишечном тракте отмечали отек подслизистого слоя (6,7–80%) и локальный некроз в клетках слизистого слоя желудка (10–80%), множественное скопление плероцеркоидов цестод, предположительно *Proteocephalus* sp., в просвете желудка и пилорических придатков (10–60%). Выявили формирование грануляционной ткани вокруг плероцеркоидов цестоды *Diphyllobothrium* sp. в циркулярном мышечном слое кишечника, пилорического отдела желудка и пилорических придатков (10–60%), в поджелудочной железе (6,7–50%). В соединительной ткани плавательного пузыря (10–60%) и яичников (6,7–30%) у покатной молоди нерки обнаружили личинок нематоды *P. oncorhynchi*. У этих же особей рыб отмечали гидропическую дистрофию ооцитов (6,7–27%). В продолговатом мозге и гранулированном слое мозжечка регистрировали локальный некроз (20–30%) и споры миксоспоридии *M. arcticus* (10–20%) (рис. 1).

Таким образом, по результатам гистологических и гистохимических исследований, структурные нарушения, обнаруженные у молоди нерки из оз. Ку-

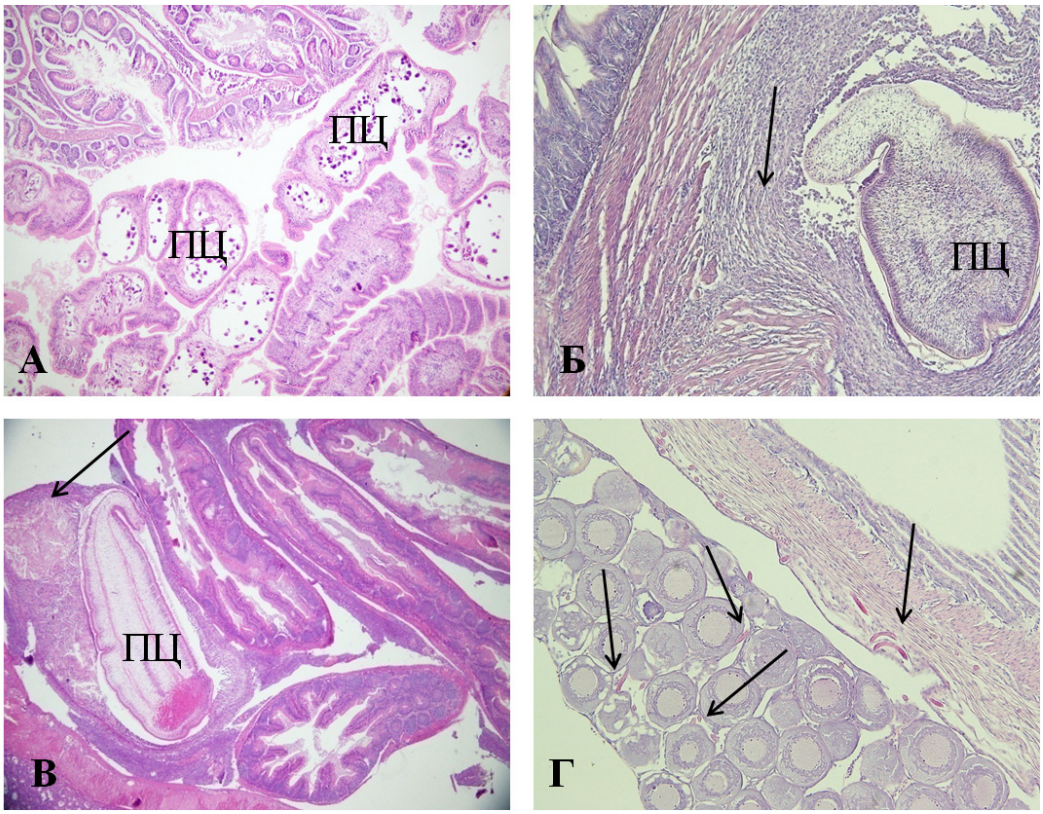


Рис. 1. Паразиты и гистопатологические изменения, выявленные у покатников нерки из оз. Курильского: А — плероцеркоиды цестоды *Proteocephalus* sp. в просвете пилорического отдела желудка (×50, гематоксилин-эозин); Б — формирование гранулем (↑) вокруг плероцеркоидов цестоды *Diphyllobothrium* sp. в мышечном слое желудка (Б) (×100, гематоксилин-эозин) и в поджелудочной железе (В) (×50); Г — личинки нематоды *P. oncorhynchi* в плавательном пузыре и яичниках, видна гидропическая дистрофия ооцитов, стрелками обозначены личинки нематоды (×50, гематоксилин-эозин). Обозначения: ПЦ — плероцеркоиды

рильского, были выявлены в жабрах, почках, печени, желудочно-кишечном тракте и головном мозге рыб. Нарушения в органах и тканях личинок оказались незначительны и обратимы.

Значения интегрального гистопатологического показателя у сеголеток нерки варьировали от 0,60 усл. ед. в 2006 г. до 6,40 усл. ед. в 2007 г. (рис. 2). Достоверно значимые значения ИГП отмечали у рыб в 2007 и 2014 гг. У этих же исследованных групп сеголеток нерки наблюдали некробиотические изменения, характерные для инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHN).

Отбор проб от сеголеток нерки в 2007 г. проводили в конце августа. Нерестовый ход производителей нерки в озеро начался в июне, то есть ко времени отбора проб прошло полтора месяца. Всего на нерест в озеро зашло около 4 млн 860 тыс. рыб (А.В. Маслов, данные авиаучетов). Оптимальной численностью нерки на нерестилищах оз. Курильского считается 2 млн экземпляров (Остроумов, 1972). Вероятнее всего, большое количество лососей, зашедших на нерестилище в 2007 г., и гибель отнерестившихся особей способствовали созданию благоприятных условий для размножения патогенных и условно-патогенных агентов. Кроме того, в оз. Курильском существует природный очаг инфекции IHN. В 2005–2014 гг. вирусологическими методами исследования у половозрелой нерки из этого водоема выделяли вирусного патогена, вызывающего это заболевание — IHNV (Рудакова, Бочкова, 2008, 2013). Накопление вирусных частиц в водоеме при неблагоприятных условиях (повышение температуры, переполнение нерестилищ) может вызвать вспышку заболевания у молоди рыб.

В августе 2014 г., по данным Озерновского наблюдательного пункта, среднемесячная температура воды составляла 10,5 °С и не выходила за пределы вариабельности межгодовых ее значений — 7,1–10,5 °С (Николаев, Николаева, 1991; Лепская и др., 2003). По результатам гидрохимических исследований, содержание биогенов в слое 0–5 м, в основном, находилось в пределах вариабельности значений элементов в этом озере (Николаев, Николаева, 1991; Уколова, Свириденко, 2002; Лепская и др., 2003). Мы предполагаем, что в 2014 г. выявление рыб с признаками IHN было вызвано отловом, доставкой на вертолете и автомашине в лабораторию и содержанием молоди более суток до исследований в лабораторных условиях. Кроме того, рыбы были инвазированы паразитарными простейшими, личинками нематод и плероцеркоидами цестод, что ослабило иммунный статус сеголеток и негативно сказалось на их состоянии здоровья.

У смолтов нерки значения интегрального гистопатологического показателя варьировали от 2,80 усл. ед. в 2008 г. до 7,20 усл. ед. в 2014 г. В отдельные годы выявляли достоверно значимые различия индексов гистопатологических изменений жабр, печени и желудочно-кишечного тракта. Определенной зависимости структурных нарушений в жабрах лососей от периода покатной миграции не выявили. Гистопатологические изменения в жабрах, вероятнее всего, были вызваны кумулятивным воздействием паразитарных простейших, физиологической перестройкой (процессом смолтификации), происходящей у покатной молоди рыб, и общей интоксикацией, вызванной инвазией желудочно-кишечного тракта плероцеркоидами цестод и плавательного пузыря и яичников — личинками нематод. Массовое скопление плероцеркоидов цестоды *Proteocephalus* sp. в просвете желудочно-кишечного тракта и *Diphyllobothrium* sp. в мышечных слоях, выделение продуктов их жизнедеятельности, оказывали как механическое, так и токсическое воздействие на организм рыб. На хронический токсикоз указывают и гистопатологические изменения, выявленные в печени у смолтов нерки в конце покатной миграции (базофильные участки, вакуолизация, ядерный плеоморфизм, вторая–третья степень липоидной дистрофии гепатоцитов).

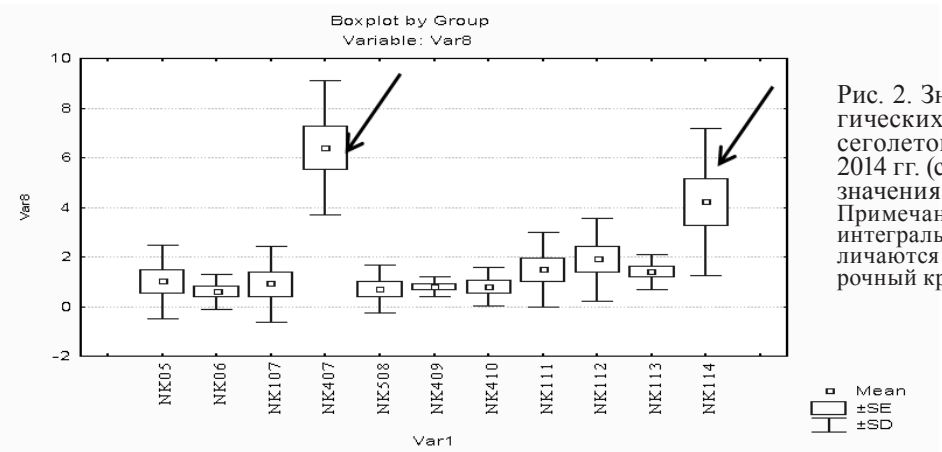


Рис. 2. Значения интегральных гистопатологических показателей (условные единицы) у сеголеток нерки из оз. Курильского в 2005–2014 гг. (среднее ± стандартная ошибка). Обозначения: NK05–NK114 — 2005–2014 гг. Примечание: стрелками отмечены группы рыб, интегральные показатели которых достоверно отличаются от минимальных значений (двухвыборочный критерий Колмогорова-Смирнова)

Патологические изменения ооцитов у покатников нерки происходили в период протоплазматического роста (основную массу составляли ооциты 3-й ступени по классификации Иевлевой, 1970). В этот период в цитоплазме половых клеток происходит накопление энергетических веществ. У этих особей в гонадах выявили личинок нематод. Вероятно, обнаруженные паразиты вызывали механическое повреждение, интоксикацию, а также дистрофию ооцитов у рыб в результате недостатка питательных веществ. В дальнейшем структурные изменения в половых клетках смолтов могут оказывать негативное влияние на трофоплазматический рост половых клеток рыб, и, в конечном счете, приводить к повышенной смертности, уродствам и т. д.

Установлено, что пресноводная нематода *Philonema oncorhynchi* может вызывать так называемое висцеральное слипание или слипание внутренних органов (French, 1965; Nagasawa, 1985, 1987), которое возникает, в основном, у неполовозрелой нерки на втором году жизни в море, то есть в период, когда начинают активно вырабатываться половые гормоны. Известно также, что одним из факторов, снижающим выживание потомства нерки, является интенсивность заражения самок *P. oncorhynchi* (Bell, Margolis, 1976). Было высказано предположение о сдерживании роста популяций нерки в Северной Америке и в Азии в связи с воздействием этого паразита (Nagasawa, 1987). Возможно, что на снижение численности рыб влияет не только висцеральное слипание, но и частичная кастрация яичников, вызываемая личинками нематоды.

Стоит отметить, что плероцеркоидов цестод *Proteocephalus* sp. отмечали как у сеголеток лососей, так и у покатной молоди. Если у первой возрастной группы рыб в просвете желудочно-кишечного тракта выявили только единичные экземпляры паразитов, и гистопатологических изменений при этом не обнаруживали, то у рыб старшего возраста массовое скопление паразитов приводило к структурным нарушениям слизистого слоя желудка и кишечника. Формирование гранулем вокруг плероцеркоидов *Diphyllobothrium* sp. чаще наблюдали у смолтов нерки, особенно в конце ската.

Нематода *P. oncorhynchi* была выявлена у молоди лососей в плавательном пузыре, а в гонадах ее обнаруживали только у половозрелых рыб. Таким образом, гистопатологические изменения, вызванные дифиллоботриидами и нематодами, проявляются у тех рыб, которые дольше прожили в пресной воде до начала миграции в море и успели за это время накопить большее количество паразитов по сравнению с сеголетками.

Таким образом, вероятно, кумулятивное воздействие паразитарных агентов на покатную молодь нерки приводило к интоксикации организма рыб и, как следствие, к структурным нарушениям в почке, печени, селезенке, гонадах.

Сравнительный межгодовой анализ значений интегральных гистопатологических показателей у покатников нерки достоверных различий не выявил. Статистический анализ гистопатологических данных у смолтов рыб в разные периоды покатной миграции за все время исследования показал достоверные различия по индексам гистопатологических изменений в печени и по интегральному гистопатологическому показателю между выборками рыб в начале и конце ската (рис. 3).

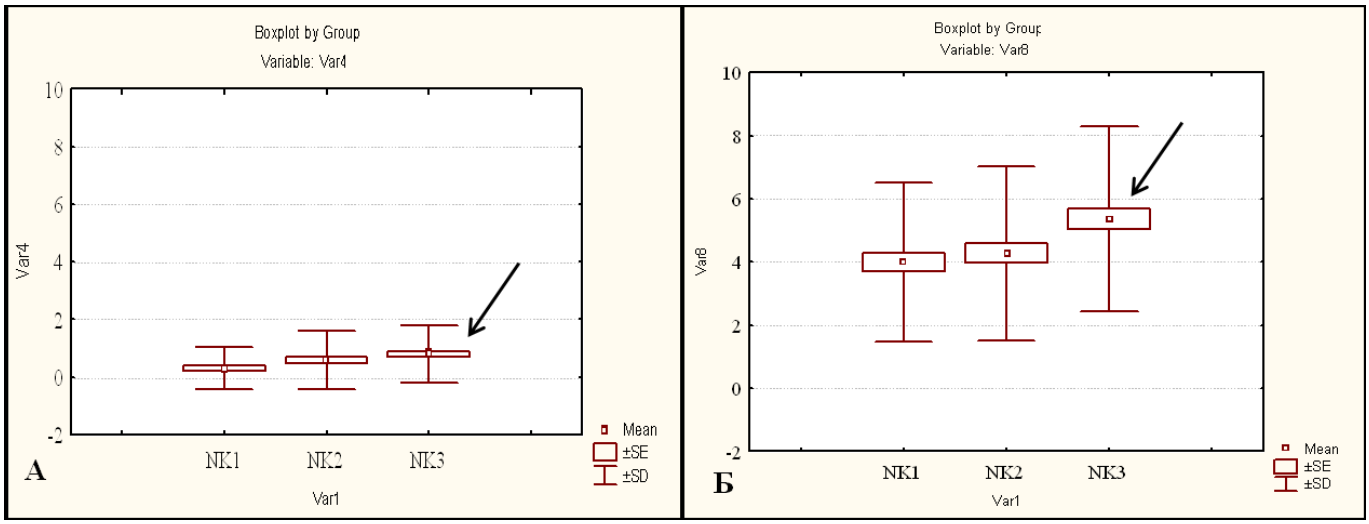


Рис. 3. Среднемноголетние значения индекса гистопатологических изменений печени (А) и интегральных гистопатологических показателей (Б) (условные единицы) у смолтов нерки из оз. Курильского в начале, середине и конце покатной миграции в 2007–2014 гг. (среднее ± стандартная ошибка). Обозначения: NK1–NK3 — обобщенные выборки смолтов в начале, середине и конце покатной миграции.
Примечание: стрелками отмечены группы рыб, показатели которых достоверно отличаются от минимальных значений (двухвыборочный критерий Колмогорова–Смирнова)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате гистологических и гистохимических исследований у молоди нерки из оз. Курильского обнаружены структурные нарушения в жабрах, почках, печени, желудочно-кишечном тракте и головном мозге рыб. Были определены следующие патогены: *T. truttae, A. conicum, I. necator, C. piscium,* плероцеркоиды цестоды *Proteocephalus* sp. и *Diphyllobothrium* sp., личинки нематоды, предположительно *P. oncorhynchi,* миксоспоридии *L. krogiusi* и *M. arcticus*.

Состояние здоровья личинок нерки удовлетворительное. Патоморфологические изменения в органах и тканях у некоторых сеголеток нерки были характерны для инфекционного некроза гемопоэтической ткани. У смолтов нерки гистопатологические изменения носили локальный характер и, в основном, были вызваны воздействием паразитарных агентов: паразитарными простейшими в жабрах, плероцеркоидами цестод в желудочно-кишечном тракте и личинками нематоды в полости тела.

Использование количественных характеристик структурных нарушений органов и тканей — индекса гистопатологических изменений органов и интегрального гистопатологического показателя — дало возможность провести сравнительную оценку здоровья молоди рыб в межгодовом аспекте. Проведенный статистический анализ исследованной молоди лососей с использованием количественных характеристик структурных нарушений органов и тканей позволяет считать, что в 2007–2014 гг. состояние здоровья у смолтов нерки в конце ската хуже, чем в начале и середине покатной миграции. Сравнительный межгодовой анализ значений интегральных гистопатологических показателей у покатников нерки в нагульно-нерестовых водоемах Камчатки не выявил достоверных различий. Полученные данные свидетельствуют как об удовлетворительном состоянии здоровья молоди нерки, так и о постоянстве экосистемы оз. Курильского. Результаты исследований могут быть использованы для оценки условий нагула рыб в пресноводный период жизни.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор приносит искреннюю благодарность за помощь при выполнении работы сотрудникам КамчатНИРО — В.А. Дубынину за определение возраста нерки, С.А. Травину и всем сотрудникам, принимавшим участие в сборах ихтиопатологических проб во время экспедиционных работ, а также сотрудникам лаборатории гидрохимии, предоставившим первичные данные по химическому составу воды за 2007 и 2014 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Боровиков В. STATISTICA. 2003. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. СПб.: Питер. 688 с.

Бугаев В.Ф. 1995. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности). М.: Колос. 464 с.

Бугаев В.Ф., Кириченко В.Е. 2008. Нагульно-нерестовые озера озерновской нерки. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 280 с.

Волкова О.В., Елецкий Ю.К. 1982. Основы гистологии с гистологической техникой. М.: Медицина, 2-е изд. 304 с.

Гаврюсева Т.В. 2004. Гистопатологические изменения при инфекционном некрозе гемопоэтической ткани (IHN) у мальков нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) на Малкинском ЛРЗ в период эпизоотии // Вопр. рыболовства. Т. 5. № 1 (17). С. 132–146.

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.

Заботкина Е.А., Лапирова Т.Б., Микряков В.П. 2005. Методы оценки иммунологического статуса пресноводных костистых рыб // Эпиозоотологический мониторинг в аквакультуре: состояние и перспективы. Расшир. мат-лы Всеросс. науч.-практ. конф. Россельхозакадемия. С. 40–44.

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

Карпенко В.И. 2000. Роль раннего морского периода жизни в формировании урожайности поколений дальневосточных лососей // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Петропавловск-Камчатский. Вып. 5. С. 35–41.

Леванидов В.Я. 1964. О связи между плотностью заполнения нерестилищ и эффективностью нереста амурских лососей // Известия ТИНРО. Т. 55. С. 65–73.

Лепская Е.В., Лупикина Е.Г., Маслов А.В., Уколова Т.К., Свириденко В.Д. 2003. К характеристике альгофлоры пелагиали некоторых озер Камчатки // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 2. С. 272–286.

Николаев А.С., Николаева Е.Т. 1991. Некоторые аспекты лимнологической классификации нерковых озер Камчатки // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский. Вып. 1, ч. 1. С. 3–17.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические простейшие. 1984 // Под ред. О.Н. Бауэр и др. Л.: Наука. Вып. 143, т. 1, ч. 1. 431 с.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические многоклеточные. 1987 // Под ред. О.Н. Бауэр и др. Л.: Наука. Вып. 149, т. 3, ч. 2. 577 с.

Остроумов А.Г. 1972. Нерестовый ход красной и динамика ее численности в бассейне озера Азабачьего по материалам авиаучетов и аэрофотосъемок // Изв. ТИНРО. Т. 82. С. 135–142.

Решетников Ю.С., Попова О.А. 2007. Метод экспертной оценки состояния рыб // Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов-2: Расширенные материалы Межд. науч.-практ. конф. (Борок, 17–20 июля 2007 г.). М.: Россельхозакадемия. С. 317–321.

Рудакова С.Л., Бочкова Е.В. 2008. Горизонтальная передача вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани молоди нерки от половозрелых рыб – вирусоносителей // Мат. Межд. конф. «Современное состояние водных биоресурсов» (Новосибирск, 26–28 марта 2008 г.). Новосибирск: Агрос. С. 385–387.

Рудакова С.Л., Бочкова Е.В. 2013. Современный подход к мониторингу превалентности вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHNV) в камчатских популяциях нерки *Ohcor-*

chynchus nerka (Salmoniformes, Salmonidae) // Вопр. рыболовства. Т. 14, № 3 (55). С. 496–509.

Селифонов М.М. 1974. Изменчивость роста молоди красной (*Oncorhynchus nerka* Walb.*)* оз. Курильского // Изв. ТИНРО. Т. 90. С. 49–69.

Уколова Т.К., Свириденко В.Д. 2002. Межгодовая динамика кислорода и биогенов в оз. Курильское в 1980–2000 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. трудов КамчатНИРО. Петропавловск-Камчатский. Вып. 6. С. 7–18.

Bancroft D., Stevens A., Turner D.R. 1990. Theory and practice of histological techniques, 3rd Edition, Churchill Livingstone Inc. Edinburgh, London, Melbourne, New York. 725 p.

Bell G.L., Margolis L. 1976. The fish health program and the occurrence of fish diseases in the pacific region of Canada // Fish Pathol. V. 10. P. 115–122.

Bucke D. 1998. Cataracts in farmed fish — a multidisciplinary initiative for scientific progress: histological techniques for teleost eyes // Bull. Eur. Ass. Fish Path. V. 18. P. 121–123.

Ferguson H.W. 1995. Systematic pathology of fish. A text and atlas of comparative tissue responses in diseases of teleosts, 3rd Ed., Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA. 267 p.

Fish pathology. 1989. Ed. by Roberts, R.J. Univ. Stirling, Scotland. 383 p.

French R.R. 1965. Visceral adhesions in high-seas salmon // Trans. Am. Fish. Soc. № 5. P. 177–181.

Gavruseva T.V. 2011. Pathological analysis of juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) from Lake Kurilskoe (Kamchatka, Russia) // Proceedings of the third bilateral conference between Russia and the Unated States. 12–20 July 2009. Shepherdstown, West Virginia. Landover, Maryland, USA. P. 123–129.

Lom J., Dukova I. 1992. Protozoan parasites of fishes // Elsevier Science Publ. Amsterdam. 315 p.

Nagasawa K. 1985. Prevalence of visceral adhesions in sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in the central north Pacific Ocean // Fish. Pathol. № 20. P. 313–321.

Nagasawa K. 1987. Prevalence of visceral adhesions in sockeye salmon *(Oncorhynchus nerka)* in the north Pacific Ocean and Bering Sea // In: Sockeye salmon *(Oncorhynchus nerka)* population biology and future management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. № 2. V. 96. P. 243–253.

Novak B., Elliott D.G., Bruno D.V. 2002. The identification of parasites in fish tissue sections // Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. V. 22 (2). P. 173–177.

УДК 597.08.591.5.9 DOI 10.15853/978-5-902210-45-27

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕНКА *BRACHYMYSTAX LENOK* (PALLAS, 1773) БАССЕЙНА РЕКИ КОЛЫМЫ (В ПРЕДЕЛАХ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

А.Е. Копосов

Ведущий ихтиолог, Охотское бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов
685000, Магадан, Нагаевская, 51
Тел., факс: (4132) 61-51-59. E-mail: koposov.andreyy@rambler.ru

ЛЕНОК, БАССЕЙН КОЛЫМЫ, ПИТАНИЕ, РОСТ, УРАВНЕНИЯ РОСТА, УРАВНЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ СМЕРТНОСТИ, ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Изучены образ жизни, размерно-возрастной состав, рост и питание популяций ленка среднего течения р. Колымы (в пределах Магаданской области) и некоторых колымских притоков. Вычислены уравнения роста, уравнения и коэффициенты естественной смертности, а также некоторые популяционные характеристики. Приводятся данные по любительскому вылову ленка в водоемах Магаданской области.

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE LENOK *BRACHYMYSTAX LENOK* (PALLAS, 1773) OF THE KOLYMA RIVER BASIN (THE MAGADAN REGION)

A.E. Koposov

Leading ichthyologist, Okhotsk basin management and fisheries aquatic biological resources
685000, Magadan, Nagaevskaya, 51
Tel., fax: (4132) 61-51-59. E-mail: koposov.andreyy@rambler.ru

LENOK, KOLYMA RIVER BASIN, NUTRITION, GROWTH, GROWTH EQUATION, NATURAL MORTALITY EQUATIONS AND COEFFICIENT, POPULATION CHARACTERISTICS, ECONOMIC IMPORTANCE

The article provides analysis of the life patterns, size and age composition, growth and feeding of lenok populations in the middle part and some tributaries of the Kolyma River. It demonstrates the growth equation, the natural mortality equations and coefficient and some population characteristics estimates. Data on the amateur catch of lenok in the rivers of Magadan region are represented.

Ленок бассейна Верхней и Средней Колымы морфологически однороден и представлен острорылой формой (видом) — *Brachymystax lenok* Pallas, 1773.

В настоящей работе обсуждаются данные по питанию и смертности некоторых популяций ленка среднего течения р. Колымы, а также крупных притоков средней и нижней Колымы (в пределах Магаданской области). Под верхним течением Колымы понимается участок реки от слияния рек Кулу и Аян-Юрях до устья р. Буюнды, под средним — от устья Буюнды до границы Магаданской области и далее до устья р. Ясачной (территория Республики Саха-Якутия).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

За период исследований бассейна Колымы сотрудниками ФГБУ «Охотскрыбвод» накоплен довольно обширный материал по ленку, в силу различных причин ранее не публиковавшийся. Кроме собственных материалов, собранных в 2005–2012 гг. на р. Колыме, автором использованы данные полевых отрядов Охотскрыбвода за 2001–2004 гг. (р. Колыма), 1990 г. (р. Омолон), 1986 г. (р. Коркодон), 1974 г. (р. Сугой) и 1972 г. (р. Хинике).

При выполнении настоящего исследования использованы, главным образом, стандартные, широко применяемые и апробированные многолетней практикой методы полевого и камерального ихтиологического анализа с учетом последних методических указаний к ихтиологическим исследованиям (Решетников, Попова, 2014). Метод биологического анализа, включающий оценку параметров

длины и массы тела, определение пола рыбы и стадии зрелости половых продуктов по шкалам зрелости (Правдин, 1966). Методы определения возраста рыб по регистрирующим структурам (нами использовалась чешуя) и их роста на основании оценки наблюденных длин (Чугунова, 1959). Для расчета роста применяли степенные уравнения: $l=qt^k$ — для линейного роста, $W=pt^C$ — для весового роста (Шмальгаузен, 1935). Методы качественной и количественной оценки питания рыб (Руководство.., 1961). Методы оценки естественной смертности рыб. Для математического описания кривой естественной смертности использовали уравнение $v_{mp}=at^k(t^k–T^k)+1$, где v_{mp} — коэффициент естественной смертности в возрасте t, T — теоретический экспоненциальный (максимальный) возраст, a — константа, k — константа удельного линейного роста. Возраст полового созревания t_n и максимальный возраст T определяли как период, необходимый рыбам для достижения соответствующих размеров полового созревания (l_n) и максимальной длины (L):

$$t_n = \left(\frac{l_n}{q}\right)^{\frac{1}{k}}, \qquad (1)$$

где q — константа, входит в уравнение линейного роста. Размеры полового созревания определялись из наблюденных данных. Для расчета константы а использовали значение коэффициента естественной смертности (v_m) в одном из возрастных классов популяции: $v_m=1–e^{–M}$, где e — основание натурального логарифма, $–M$ — мгновенный коэффициент естественной смертности, определяемый как:

$$M = \frac{C}{t_n}. \qquad (2)$$

Константы k и C входят в уравнения роста Шмальгаузена, но также могут быть рассчитанными по наиболее представительным размерно-возрастным рядам:

$$k = \frac{(\lg l_2 - \lg l_1)}{(\lg t_2 - \lg t_1)}; C = \frac{(\lg W_2 - \lg W_1)}{(\lg t_2 - \lg t_1)}, \qquad (3)$$

где l_2 и l_1 — средняя длина рыб в двух наиболее представительных (модальных) классах; W_2 и W_1 — соответствующая размерам средняя масса особей; t_2 и t_1 — возрастные группы, lg — знак десятичного логарифма (Зыков, 1986).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распространение и образ жизни. Ленок бассейна Верхней и Средней Колымы морфологически однороден и представлен острорылой формой (видом) — *Brachymystax lenok* Pallas, 1773 (Алексеев и др., 2003). В основном русле Колымы распространен по всему течению, кроме дельты (Новиков, 1966; Черешнев и др., 2002), но в верхнем течении встречается единично (Скопец, 1985). В крупных притоках отмечен от устья почти до верховьев. Отсутствует в Колымском и Усть-Среднеканском водохранилищах.

Предпочитает горные и предгорные участки Колымы и ее крупных притоков, а также некоторые высокогорные ледниковые озера с холодной чистой водой. В зимнее время ленок живет в Колыме и ее крупных притоках, сосредотачиваясь на глубоководных местах. Весной, с первой подвижкой льда, половозрелые особи заходят для размножения в притоки, которые по гидрологическим характеристикам близки к горным рекам. Молодь и незрелые рыбы вверх не уходят и размещаются в нижнем течении рек и приустьевых пространствах притоков. После нереста ленок на некоторое время остается вблизи нерестилища и только при резком снижении уровня воды покидает притоки и выходит в основные реки для нагула. Сроки выхода ленка из притоков определяются их величиной и мощностью речного стока. Из мелководных притоков, расположенных выше по течению, ленок выходит в первой декаде июля. Из более крупных и расположенных ниже по течению притоков ленок скатывается в последней декаде сентября, а иногда и в период образования шуги. Озерные популяции нагуливаются в озерах, нерестуют во впадающих или вытекающих из них речках.

Нерест протекает в мае–июне в притоках горного характера. У ленков, выловленных осенью, половые продукты, как правило, находятся на III, III–IV, а у некоторых — на IV стадии зрелости. Это говорит об интенсивном созревании икринок генерации будущего года, которое начинается вскоре после нереста. Половой зрелости достигает в возрасте пяти–семи лет.

Питание. По характеру питания ленок бассейна р. Колымы — эврифаг, с широким пищевым спектром, со значительной долей хищничества. Пищевой спектр ленка определяется 11 группами различных организмов, включающих в себя имагинальные и личиночные формы насекомых, брюхоногих моллюсков, рыб и мелких млекопитающих (табл. 1). Доля мышевидных грызунов в его рационе составляет 28,6% частоты встречаемости и 61,7% значения по массе. Доля рыбы невелика — 14,3 и 3,9% соответственно. Из водных организмов ведущее место принадлежит водяным клопам (42,9 и 16,1%), далее следуют ручейники (35,7 и 5,2%), моллюски (28,6 и 5,2%) и водяные жуки (21,4 и 0,5%). Масса пищевого комка колеблется в очень широких пределах — от 288 до

44 000 мг, в среднем составляя 19 245. Средний общий индекс наполнения был равен 131,30‰.

Питание ленка в р. Сугой носит несколько иной характер, чем в Колыме. В первую очередь это отсутствие в желудках имагинальных форм насекомых. Питание рыбой (25,6 и 10,1%) и млекопитающими (25,6 и 42,8%) здесь происходит преимущественно в летний период. На питание бентосом ленок здесь также переходит в начале осени, но значение бентических организмов значительно выше. Доля личинок ручейников составляет 55,3% встречаемости и 17,8% значения по массе, хирономид — 28,6 и 9,87%.

В оз. Хиникенском основными пищевыми компонентами ленка являются ручейники (72,4% частоты встречаемости и 41,9% значения по массе), брюхоногие моллюски (61,2 и 47,7%) и двустворчатые моллюски (60,5% частоты встречаемости). Правда, доля последних в пищевом комке незначительна: 1,0%. Средний общий индекс наполнения — 48,26‰ (табл. 1).

Структура популяции. Как видно из табл. 2, возрастная структура уловов ленка р. Колымы в 2003–2012 гг. была представлена 14 группами — от 3+ до 16+. Модальным возрастным классом оказалась группа в возрасте 7+ (18,28%), средняя длина особей в ней составила 42,3 см, масса — 849 г. Следующими по численности оказались соседние возрастные группы: 6+ (14,55%, длина особей 38,8 см, масса 596 г) и 8+ (10,07%, длина особей 44,9 см, масса 978 г). На самую младшую возрастную группу (3+) приходится 1,87%. Старшие возрастные группы (14+, 15+, 16+) представлены по 1 экземпляру, что составляет по 0,37% от всей выборки. Соотношение полов: ювенальные осо-

Таблица 1. Состав пищи ленка бассейна р. Колымы

Пищевые компоненты	Колыма			Сугой			Оз. Хиникенское		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Coleoptera img.	21,4	3,0	4,82	–	–	–	–	–	–
Hemiptera img.	42,9	16,1	22,09	–	–	–	–	–	–
Hymenoptera img.	35,7	2,3	3,76	–	–	–	5,5	0,2	0,12
Odonatoptera lar.	7,14	0,4	0,61	–	–	–	–	–	–
Coleoptera lar.	21,4	0,5	0,73	–	–	–	–	–	–
Trichoptera lar.	35,7	5,2	8,70	55,3	17,8	13,62	72,4	41,9	20,23
Diptera lar.	21,4	0,01	0,02	28,6	13,2	9,87	–	–	–
Plecoptera lar.	–	–	–	4,9	3,9	0,93	–	–	–
Ephemeroptera lar.	14,3	0,1	0,23	–	–	–	–	–	–
Lepidoptera lar.	–	–	–	10,0	3,9	2,24	–	–	–
Gastropoda	28,6	5,2	8,19	–	–	–	61,2	47,7	23,03
Bivalvia	–	–	–	–	–	–	60,5	1,0	0,47
Pisces	14,3	3,9	6,45	27,6	10,1	23,57	5,5	4,21	2,04
Икра рыб	–	–	–	7,9	7,9	2,03	–	–	–
Mammalia	28,6	61,7	73,48	25,6	42,8	50,97	5,5	4,92	2,38
Общий индекс наполнения, ‰			131,30			103,23			48,26
Количество, экз.			28			80			20

Примечание. 1 — процент частоты встречаемости (%), 2 — процент значения по массе (%), 3 — средний частный индекс наполнения желудка (‰)

Таблица 2. Биологические показатели ленка среднего течения р. Колымы за 2003–2012 гг.

Возраст	Пол	L_{Sm}, см			Масса, г			n, экз.	%
		X	m	S	X	m	S		
3+	juv	28,0	0,32	0,71	270	18,25	40,88	5	1,87
4+	juv	32,2	0,59	1,66	350	21,40	60,57	8	2,99
	♂	31,7	0,62	1,82	334	17,10	51,31	9	3,36
	♀	31,7	1,69	2,92	371	55,51	96,03	3	1,12
	j♂♀	31,9	0,41	1,83	346	13,43	60,04	20	7,46
5+	juv	35,2	0,24	0,71	496	34,08	102,24	9	3,36
	♂	36,0	0,29	1,06	508	14,56	52,55	13	4,85
	♀	37,3	0,95	1,89	513	13,77	27,54	4	1,49
	j♂♀	35,9	0,25	1,25	504	13,59	69,32	26	9,70
6+	♂	38,7	0,20	1,00	587	16,76	85,50	26	9,70
	♀	39,0	0,34	1,23	615	21,05	75,98	13	4,85
	♂♀	38,8	0,17	1,07	596	13,23	82,58	39	14,55
7+	♂	42,4	0,20	0,85	803	19,45	82,45	18	6,72
	♀	42,2	0,21	1,19	876	37,51	208,94	31	11,57
	♂♀	42,3	0,15	1,07	849	25,15	176,02	49	18,28
8+	♂	44,7	0,20	0,61	903	33,81	101,43	9	3,36
	♀	44,8	0,16	0,68	1016	33,61	142,51	18	6,72
	♂♀	44,9	0,13	0,65	978	26,79	139,32	27	10,07
9+	♂	47,6	0,22	0,70	1144	53,54	169,18	10	3,73
	♀	47,0	0,27	0,97	1170	151,10	151,10	13	4,85
	♂♀	47,3	0,19	0,89	1159	155,99	155,99	23	8,58

би — 8,21, самцы — 42,54, самки — 49,25%. Данные по возрастной и половой структуре ленка среднего течения р. Колымы представлены на гистограмме (рис. 1).

Возрастной состав контрольных уловов ленка в различных водоемах Колымского бассейна неоднороден. Наиболее представительным он оказался у ленков среднего течения р. Колымы. Как уже отмечалось, здесь обнаружены особи 14 возрастных групп, от 3+ до 16+. Также довольно полно возрастная структура представлена у ленков р. Коркодон — 13 классов. Наименьшее число отмечено в р. Хинике — 9 классов. Ленки в возрасте старше 14+ отмечены только в р. Колыме (табл. 3, 4).

Возраст и рост. Линейный и весовой рост ленка из различных водоемов Колымского бассейна относительно равномерен. Наиболее высокие показатели как линейного, так и весового роста наблюдались у ленка р. Хинике, наиболее низкие — у ленка р. Коркодон. Сходными показателями роста обладают ленки из водоемов, близких по гидрологическим и иным характеристикам (Сугой – Коркодон). Самая крупная

Таблица 2. Окончание

Возраст	Пол	L_{Sm}, см			Масса, г			n, экз.	%
		X	m	S	X	m	S		
10+	♂	49,5	0,20	0,61	1353	39,14	117,41	9	3,36
	♀	49,6	0,19	0,67	1404	34,29	123,78	13	4,85
	♂♀	49,6	0,14	0,64	1383	25,82	121,11	22	8,21
11+	♂	52,3	0,18	0,49	1521	24,00	63,59	7	2,61
	♀	51,4	0,18	0,68	1534	43,47	126,57	14	5,22
	♂♀	51,7	0,16	0,75	1530	29,64	135,77	21	7,84
12+	♂	53,2	0,31	0,75	1636	44,20	108,29	6	2,24
	♀	53,7	0,16	0,55	1714	50,12	180,95	13	4,85
	♂♀	53,6	0,15	0,67	1689	37,31	162,66	19	7,09
13+	♂	56,1	0,33	0,80	1834	147,14	360,49	6	2,24
	♀	55,7	0,36	1,02	1800	94,74	268,11	8	2,99
	♂♀	55,9	0,24	0,91	1814	79,77	298,34	14	5,22
14+	♂	58,0	–	–	1860	–	–	1	0,37
15+	♀	60,0	–	–	2110	–	–	1	0,37
16+	♀	62,0	–	–	2650	–	–	1	0,37
Общее	juv	32,4	0,64	3,02	391	22,58	119,97	22	8,21
	♂	43,2	0,65	6,94	915	42,86	457,76	114	42,54
	♀	46,3	0,52	6,01	1159	39,99	452,55	132	49,25
	j♂♀	43,8	0,44	7,62	992	29,70	486,14	268	100,00

Примечание. L_{Sm} — длина тела по Смитту, X — среднее значение, S — стандартное отклонение, m — ошибка средней; juv — ювенальные особи, ♂ — самцы, ♀ — самки.

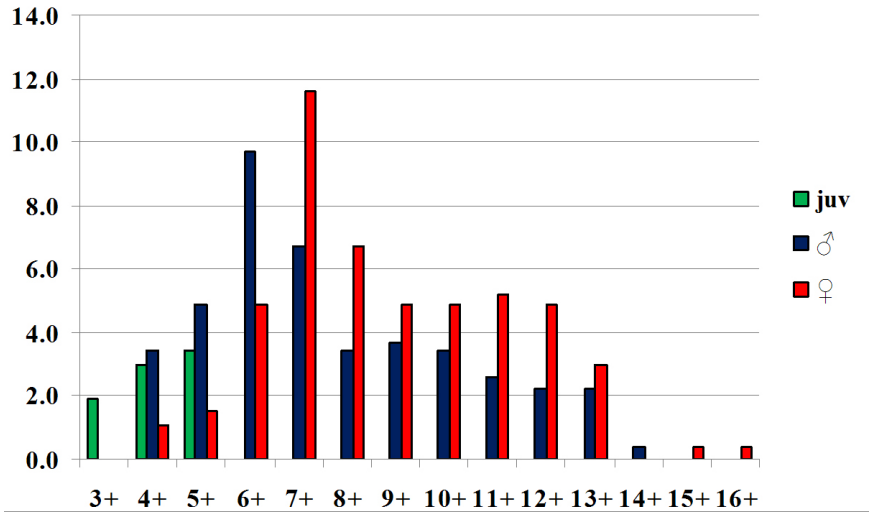


Рис. 1. Возрастная и половая структура (%) промысловой части популяции ленка среднего течения р. Колымы за 2003–2012 гг. По оси абсцисс — возраст, лет; по оси ординат — доля рыб в %

Таблица 3. Линейный рост (мм) ленка Колымского бассейна (по наблюденным данным)

Реки	Возраст														n, экз.
	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+	16+	
Колыма	280	318	359	388	423	448	473	496	517	536	559	580	600	620	268
Хинике	295	–	–	394	420	430	–	496	512	538	565	583	–	–	35
Сугой	240	321	360	393	427	452	464	482	510	532	565	–	–	–	100
Коркодон	245	326	367	390	428	445	460	502	515	533	560	577	–	–	200
Омолон	290	–	370	395	427	440	470	488	516	529	542	582	–	–	140

особь ленка поймана в июле 2004 г. в р. Колыме, в районе впадения р. Суксукан. Это оказалась самка в возрасте 16+, длиной 620 мм и массой 2650 г. Данные по линейному и весовому росту (по наблюденным данным) ленков Колымского бассейна приведены в таблицах 3, 4.

Линейный и весовой рост ленка среднего течения Колымы, описанный с помощью уравнений роста Шмальгаузена, а также зависимость линейных размеров от массы тела, представлены на рис. 2–4).

Таким образом, линейный рост ленка р. Колымы описывается степенным уравнением вида $y=15,169x^{0,5003}$ с высоким уровнем достоверности $R^2=0,9657$, где 15,169 — длина годовика (см); весовой рост — уравнением вида $y=39,436x^{1,4783}$ с уровнем достоверности $R^2=0,9657$, где 39,436 — масса годовика (г). Аллометрическая зависимость линейных размеров от массы тела выражается степенным уравнением вида $y=0,0129x^{2,9516}$ с высоким уровнем достоверности $R^2=0,9104$.

Естественная смертность и популяционные характеристики. Для расчетов коэффициентов естественной смертности и популяционных характеристик ленка среднего течения р. Колымы использовали полученные уравнения роста (рис. 2, 3), для ленка рек Омолон, Коркодон и Сугой — средние показатели длины и массы из контрольных обловов (табл. 3, 4). В соответствии с исходными данными рост ленка этих водоемов описывается уравнениями, приведенными в табл. 5. Результаты вычислений, согласно уравнениям роста формул расчета коэффициентов (популяционные характеристики), приведены в табл. 6.

В соответствии с полученными значениями, уравнения кривой естественной смертности представлены в таблице 7, рассчитанные с помощью этих уравнений коэффициенты естественной смертности — в таблице 8, а построенные кривые смертности — на рис. 5, 6.

Расчеты показывают, что наибольший теоретический предельный возраст (22,4 года) характерен для

Таблица 4. Весовой рост (г) ленка Колымского бассейна (по наблюденным данным)

Реки	Возраст														n, экз.
	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+	16+	
Колыма	270	342	504	596	849	978	1159	1383	1530	1689	1814	1860	2110	2650	268
Хинике	250	–	–	660	886	967	–	1480	1672	1894	2100	2288	–	–	35
Сугой	150	325	514	602	812	985	1075	1180	1325	1775	2250	–	–	–	100
Коркодон	182	309	477	649	855	937	1085	1244	1403	1556	1636	2123	–	–	200
Омолон	295	–	510	665	867	924	1155	1388	1513	1650	1798	2050	–	–	140

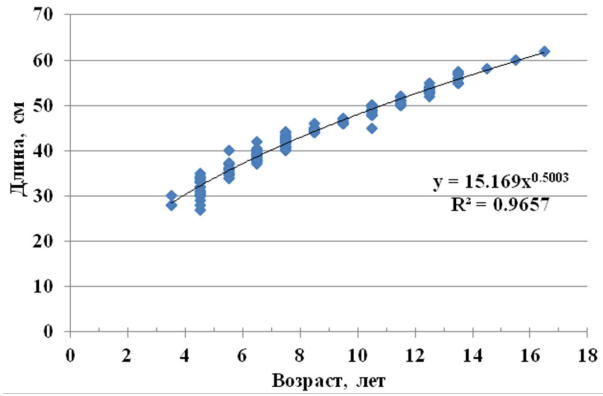


Рис. 2. Линейный рост ленка среднего течения р. Колымы

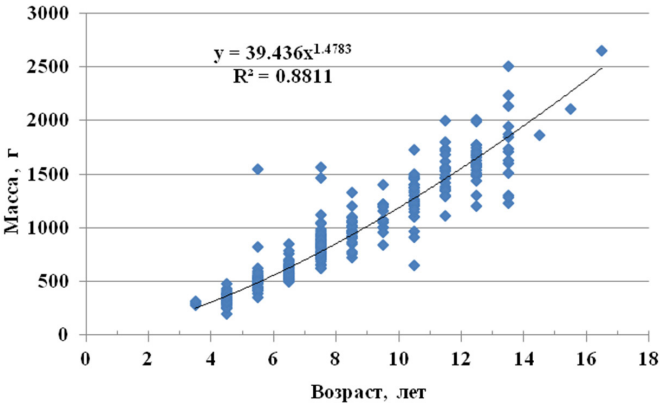


Рис. 3. Весовой рост ленка среднего течения р. Колымы

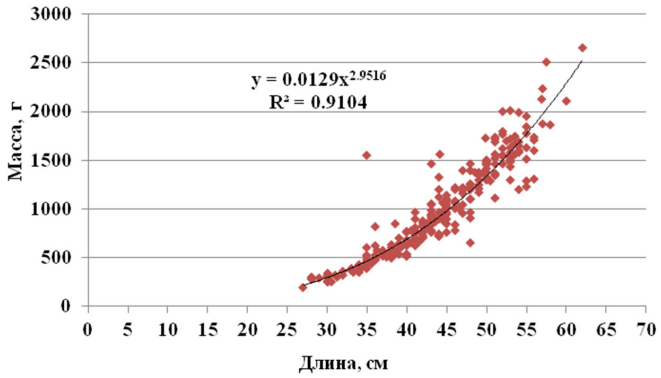


Рис. 4. Зависимость линейных размеров ленка среднего течения р. Колымы от массы тела

Таблица 5. Параметры уравнений линейного и весового роста ленка некоторых водотоков бассейна р. Колымы

Реки	Уравнение линейного роста	Уравнение весового роста
Колыма	$l=15,169t^{0,500}$	$W=39,436t^{1,478}$
Сугой	$l=13,393t^{0,580}$	$W=14,550t^{2,091}$
Коркодон	$l=11,986t^{0,650}$	$W=17,889t^{1,926}$
Омолон	$l=14,637t^{0,544}$	$W=21,624t^{1,854}$

Примечание. *l* — длина, *W* — масса, *t* — возраст.

Таблица 7. Уравнения кривой естественной смертности ленка бассейна р. Колымы

Реки	Уравнения естественной смертности
Колыма	$\nu_{mp}=0,136t^{0,500}(t^{0,500}-22,363^{0,500})+1$
Сугой	$\nu_{mp}=0,107t^{0,580}(t^{0,580}-18,522^{0,580})+1$
Коркодон	$\nu_{mp}=0,076t^{0,650}(t^{0,650}-15,976^{0,650})+1$
Омолон	$\nu_{mp}=0,111t^{0,544}(t^{0,544}-19,666^{0,544})+1$

ленка р. Колымы. Годовики этой популяции также характеризуются наибольшими расчисленными показателями длины (q), 15,2 см, и массы (p), 39,4 г. Самый низкий теоретический предельный возраст (16,0) отмечен для ленка р. Коркодон. Коэффициенты q и p у этой популяции — 12,0 см и 18,0 г соответственно. Самый низкий минимальный коэффициент естественной смертности (0,21) характерен для сугойской популяции. Самый высокий минимальный коэффициент естественной смертности (0,30) выявлен для ленков р. Коркодон. Усредненные расчетные показатели для ленков Колымского бассейна будут следующими: предельный возраст — 19,1, возраст полового созревания — 5,5, длина годовика — 13,8 см, масса — 23,4 г, минимальный коэффициент естественной смертности — 0,26, коэффициент смертности молоди — 0,96.

Хозяйственное значение. Ценный объект любительского рыболовства. Промысел ленка затруднен ввиду того, что этот вид имеет дисперсное распространение, нигде не образуя плотных скоплений. По этой причине специализированного промысла ленка в Магаданской области никогда не велось. Он добывался либо как прилов, либо как объект любительского рыболовства. В 50–70-е гг. среднегодовой вылов ленка в среднем течении Колымы составлял 15,9 ц, в 80-е гг. он несколько вырос и был равен 22,2 ц. В бассейне Верхней Колымы в 80-е гг. ежегодно вылавливалось порядка 3,2 ц ленка. Сведения по вылову ленка в 1990–2000-е гг., а также в первой половине 2010-х гг. в бассейне Средней Колымы, приведены в таблице 9 (данные Среднеканской и Омсукчанской инспекций рыбоохраны «Охотскрыбвода»).

По данным рыбохозяйственных обследований 1970–1980-х гг., популяции ленка рек Сугой и Коркодон находятся в хорошем состоянии, что позволяет интенсифицировать промысел. В основном русле данных водотоков ленок начинает массово появляться со второй половины августа, что позволяет в это время активно вести его промысел ставными сетями. При условии своевременной постановки загородок ленок также будет составлять существенный процент

Таблица 6. Расчетные коэффициенты и константы для ленка бассейна р. Колымы

Реки	Популяционные характеристики								
	k	C	q	p	t_n	T	–M	v_m	a
Колыма	0,500	1,478	15,169	39,436	5,595	22,363	–0,264	0,237	0,136
Сугой	0,580	2,091	13,393	14,550	5,430	18,522	–0,380	0,322	0,107
Коркодон	0,650	1,926	11,986	17,889	5,500	15,976	–0,350	0,301	0,076
Омолон	0,544	1,854	14,637	21,624	5,500	19,666	–0,337	0,291	0,111

Примечание. k — константа удельного линейного роста, C —константа удельного весового роста, q — длина годовика, p — масса годовика, t_n — возраст полового созревания, T — теоретический предельный возраст, –M — мгновенный коэффициент естественной смертности, v_m — наименьшее значение коэффициента естественной смертности, a — константа.

Таблица 8. Коэффициенты естественной смертности ленка бассейна р. Колымы

Реки	Возраст											
	0,01	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5
Колыма	0,94	0,61	0,42	0,32	0,27	0,25	0,24	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34
Сугой	0,96	0,66	0,44	0,32	0,25	0,22	0,21	0,22	0,24	0,27	0,31	0,36
Коркодон	0,98	0,74	0,53	0,42	0,35	0,31	0,30	0,31	0,34	0,38	0,43	0,49
Омолон	0,95	0,67	0,47	0,38	0,32	0,30	0,29	0,30	0,31	0,34	0,38	0,42

Реки	Возраст										
	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5	21,5
Колыма	0,38	0,42	0,47	0,52	0,57	0,63	0,69	0,75	0,81	0,88	0,94
Сугой	0,42	0,49	0,56	0,64	0,72	0,81	0,90	–	–	–	–
Коркодон	0,57	0,65	0,74	0,84	0,95	–	–	–	–	–	–
Омолон	0,46	0,52	0,57	0,63	0,70	0,77	0,84	0,91	0,99	–	–

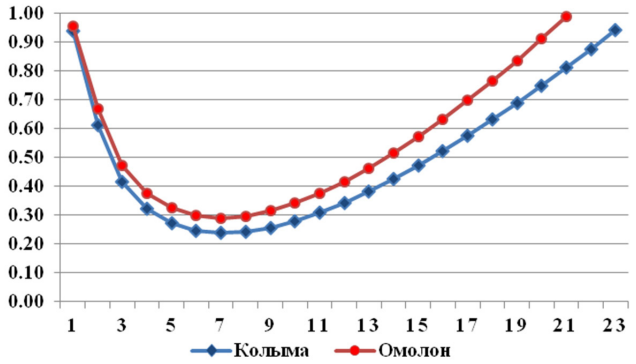


Рис. 5. Кривые естественной смертности ленка рек Колыма и Омолон. По оси абсцисс — возраст, лет; по оси ординат — коэффициент естественной смертности

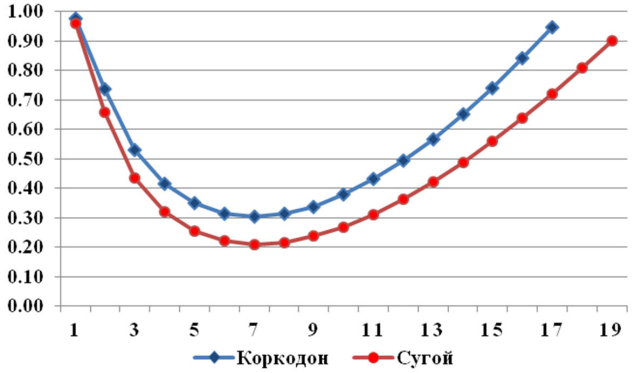


Рис. 6. Кривые естественной смертности ленка рек Коркодон и Сугой. По оси абсцисс — возраст, лет; по оси ординат — коэффициент естественной смертности

Таблица 9. Вылов ленка бассейна р. Колымы в 1991–2014 гг. (ц)

Год	Вылов	Год	Вылов	Год	Вылов
1991	5,5	1999	2,0	2007	5,9
1992	1,6	2000	1,7	2008	8,1
1993	10,8	2001	3,2	2009	33,7
1994	17,2	2002	4,6	2010	21,2
1995	5,7	2003	5,6	2011	11,3
1996	1,4	2004	2,3	2012	17,6
1997	0,7	2005	9,5	2013	14,5
1998	0,4	2006	8,3	2014	16,0

в уловах. Весьма перспективно расширение промысла за счет зимнего лова, как в притоках, так и в самой Колыме, где отмечается его значительная зимняя концентрация. Рассчитанный объем вылова ленка для бассейнов рек Коркодон, Сугой и Балыгычан составил 150–200 ц. Учитывая отсутствие постоянного населения и техногенного воздействия, эти цифры можно принять как исходные при возможной организации рационального промысла в бассейне Средней Колымы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ленок бассейна р. Колымы представлен острорылой формой (видом) — *Brachymystax lenok* Pallas, 1773. В среднем течении р. Колымы ленок, обычный широко распространенный вид, в верхнем течении встречается единично. Обитает во всех крупных притоках бассейна как Средней, так и Верхней Колымы. По характеру питания ленок бассейна р. Колымы — эврифаг, с широким пищевым спектром, со значительной долей хищничества. Промысловая часть популяций ленков различных водоемов Колымского бассейна представлена 12–14 возрастными классами: от 3+ до 14+–16+. Соотношение полов в выборках близко к 1:1, с преобладанием самок в старших возрастных группах, самцов — в младших. Расчисленные длина и масса годовика ленка Колымы составили 15,2 см и 39,4 г, ленка Сугоя — 13,4 и 14,6, ленка Коркодона — 12,0 и 17,9, ленка Омолона — 14,6 см и 21,6 г соответственно. Вычисленный теоретический предельный возраст популяций ленков Колымского бассейна колеблется от 16,0 до 22,4 лет. Половое созревание наступает в возрасте 5,4–5,6 лет. Минимальный коэффициент естественной смертности в средних возрастах составил 0,21–0,30. Среднегодовой вылов ленка рыбаками-любителями на территории Магаданской области в 1990-е гг. составлял 4,7, в 2000-е гг. — 10,9 ц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев С.С., Кириллов А.Ф., Самусенок В.П. 2003. Распространение и морфология острорылых и тупорылых ленков рода Brachymystax (Salmonidae) Восточной Сибири // Вопр. ихтиологии. Т. 43. Вып. 3. С. 311–333.

Зыков Л.А. 1986. Метод оценки коэффициентов естественной смертности, дифференцированных по возрастам // Сб. науч. трудов ГосНИОРХ. Вып. 243. С. 14–21.

Новиков А.С. 1966. Рыбы реки Колымы. М.: Наука. 135 с.

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

Решетников Ю.С., Попова О.А. 2014. Заметки по методикам ихтиологических исследований // Рыбохозяйственные водоемы России: фундаментальные и прикладные исследования / Матер. междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию ГосНИОРХ. СПб.: изд. ГосНИОРХ. С. 676–685.

Руководство по изучению питания рыб в естественных условиях. 1961. М.: Изд-во АН СССР. 264 с.

Скопец М.Б. 1985. О биологии рыб бассейна Верхней Колымы // Пояс редколесий верховьев Колымы (район строительства Колымской ГЭС). Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 129–138.

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

Чугунова Н.И. 1959. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Наука. 164 с.

Шмальгаузен И.И. 1935. Рост животных. М.-Л. С. 8–60.

УДК 574.52 DOI 10.15853/978-5-902210-45-28

ЭКОСИСТЕМА ОЗЕРА МУНОЗЕРО (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ) В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Н.В. Ильмаст[1], С.И. Иванов[2], Я.А. Кучко[3]

[1,3]Зав. лаб., д. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; Институт биологии КарНЦ РАН
185910, Петрозаводск, Пушкинская, 11
Тел., факс: (8142) 769 810. E-mail: ilmast@karelia.ru, y-kuchko@mail.ru
[2]Н. с., Северный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства,
185031 Петрозаводск, Варкауса, 3
Тел., факс: (8142) 783 285. E-mail: isi@mail.ru

ПРЕСНОВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, ПЛАНКТОН, БЕНТОС, РЫБНОЕ НАСЕЛЕНИЕ, АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Приведены материалы, характеризующие состояние экосистемы озера Мунозеро. Показано, что по уровню количественного развития фито- и зоопланктона водоем можно отнести к разряду олиго-мезотрофных. Отмечено, что водоем отличается высокой продуктивностью донной фауны. В озере широко представлены реликтовые ракообразные. Рыбное население включает 12 видов (8 семейств).

THE MUNOZERO LAKE ECOSYSTEM RESPOND TO THE ANTHROPOGENIC IMPACT

N.V. Ilmast[1], S.I. Ivanov[2], Ya.A. Kuchko[3]

[1,3]Head of Laboratory, Dr. Sc.; Senior scientist, Ph. D.; Institute of Biology KRC RAS
185910, Petrozavodsk, Pushkinskaya, 11
Tel., fax: (8142) 769 810. E-mail: ilmast@karelia.ru, y-kuchko@mail.ru
[2]Researcher, Northern Research Institute of Fisheries
185031, Petrozavodsk, Varkausa, 3
Tel., fax: (8142) 783 285. E-mail: isi@mail.ru

FRESHWATER ECOSYSTEMS, PLANKTON, BENTHOS, FISH POPULATION, ANTHROPOGENIC IMPACT

Some data characterizing state of the ecosystem of the Lake Munozero are presented in the paper. The quantitative phytoplankton and zooplankton development can indicate of oligo-mesotrophic category of the lake. A high production of benthic fauna makes specifics of the lake. Relict crustaceans are well represented in the lake. Fish population consists of 12 species (8 families).

Проблема сохранения биологических ресурсов в пресноводных экосистемах России тесно связана с естественной динамикой их структурно-функциональной организации. В настоящее время наблюдается деградация биотопов и экосистем, непосредственно связанная с различными формами антропогенного влияния и приводящая к сокращению или полному исчезновению многих видов гидробионтов (Алимов и др., 2005). Важную роль в сохранении пресноводных экосистем и уменьшении влияния на них антропогенных факторов играют заповедники, национальные парки и другие особо охраняемые природные территории. Озеро Мунозеро расположено в южной части Республики Карелия, северо-восточная акватория водоема относится к территории заповедника «Кивач». Увеличение биогенной нагрузки отмечается, главным образом, в южном плесе водоема, куда поступают стоки санаторного комплекса «Марциальные воды». Целью исследования являлась оценка современного состояния экосистемы озера Мунозеро.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для настоящей работы послужили результаты комплексных исследований 2005–2011 гг. на Мунозере (62°14′ с. ш., 33°49′ в. д.). Водоем входит в систему Кончозерских озер и относится к бассейну реки Шуя. Площадь водной поверхности озера составляет 16,8 км^2. Это глубоководный водоем (наибольшая глубина 50 м, средняя 14,4 м). Высота расположения озера над уровнем моря — 74,5 м. Прозрачность воды составляет 8 м. По гидрохимическим показателям воды Мунозера относятся к гидрокарбонатно-кальциевому классу. Активная

реакция воды слабощелочная (Гордеева-Перцева, Стефановская, 1959; Ресурсы поверхностных вод СССР, 1972; Каталог озер и рек Карелии, 2001).

Отбор проб фито- и зоопланктона осуществлялся в летне-осенний период батометром Руттнера в зоне зарослевого прибрежья, в литоральной и пелагической частях водоема. Камеральная обработка проводилась по общепринятым методикам (Киселев, 1956; Усачев, 1961; Кутикова, 1965; Балушкина, Винберг, 1979; Методические рекомендации.., 1984). Изучение макрозообентоса проводилось в различных участках озера (глубины 5–18 м). Отбор количественных проб осуществлялся на 5 станциях дночерпателем с площадью захвата 196 см^2. Камеральная обработка проб выполнена по общепринятой методике (Жадин, 1956). Материал по ихтиофауне водоема собран из сетных уловов в летне-осенний период. Обработка материалов проводилась по стандартным методикам (Правдин, 1966; Решетников, 1980; Чугунова, 1959).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фитопланктон. Исследования фитопланктона озера Мунозера показали, что в его составе отмечены синезеленые, золотистые, диатомовые и пирофитовые водоросли. Среди синезеленых лидировали *Gloeocapsa punctata* и *G. turgida*, среди золотистых — *Mallomonas acaroids*, а также отмечены цисты. Массовыми видами у диатомовых являлись *Asterionella formosa* и *Aulacosira italica var. tenuissima*. Пирофитовые представлены двумя видами (*Glenodinium guadridens* и *Ceratium hirundinella*). Уровень количественного развития водорослей был невысок: средняя численность достигала 139 тыс.кл/л, средняя биомасса — 0,204 г/м^3. Диатомовые водоросли преобладали по численности и по биомассе (табл. 1). Средний индекс сапробности, рассчитанный по численности индикаторных видов, составил 1,4, что характеризует качество воды Мунозера как удовлетворительное.

Зоопланктон. По результатам наших исследований в Мунозере отмечено 32 вида планктонных ракообразных и коловраток, из них: Rotifera — 9 видов, Cladocera — 15 и Copepoda — 8. Основными видами летнего планктонного комплекса ракообразных являются типичные представители северной фауны — *Bosmina coregoni*, *Daphnia cristata*, *Eudiaptomus gracilis*, на отдельных станциях на их долю приходится до 75% общей биомассы. В небольших количествах, но повсеместно отмечаются *Holopedium gibberum*, *Polyphemus pediculus*, *Thermocyclops oithonoides*. На глубинах свыше 15 м единично встречается холодолюбивый реликтовый рачок *Limnocalanus grimaldii macrurus*. Фауна Rotifera бедна в качественном отношении, однако за счет крупной *Asplanchna priodonta* на глубоководных станциях удельный вес коловраток возрастает до 14%. Четкого разделения планктонного комплекса на пелагический и литоральный в Мунозере не наблюдается ввиду значительных глубин и ограниченности литоральной зоны. Некоторое своеобразие видового состава за счет фитофильных форм (*Sida, Polyphemus, Acroperus* и др.) характерно для отдельных затишных прибрежных участков с развитой высшей водной растительностью, однако по количественным показателям зоопланктон литорали значительно уступает пелагическому. Так, на глубоководных станциях (до 25 м) средняя биомасса зоопланктона в июле достигала 1,26 г/м^3 при численности 31,1 тыс. экз./м^3, в то время как на мелководье эти показатели снижались до 0,47 г/м^3 и 16,4 тыс. экз./м^3. Вертикальное распределение зоопланктона в июле было почти равномерным до горизонта 15 м, и лишь затем резко падало (до 0,1 г/м^3 и 1,4 тыс. экз./м^3). На отдельных пелагических станциях количественные показатели планктофауны в поверхностных слоях (0–2; 2–5 м) были даже несколько ниже, чем в более глубоких. Возможно, это связано с климатическими особенностями года (аномально теплое лето) и высокой прозрачностью воды (8 м). Таким образом, по уровню количественного развития зоопланктона со среднелетней биомассой около 1,0 г/м^3, Мунозеро можно отнести к разряду олиго-мезотрофных водоемов (табл. 2). Индекс видового разнообразия Шеннона в летний период находился в пределах от 2 до 2,4, средняя величина индекса сапробности составила 1,29, что соответствует олигосапробным условиям (2-й класс качества по шкале Кольквитца-Марссона).

Макрозообентос. Первые материалы по бентосу Мунозера (август 1950 г.) опубликованы Л.И. Гордеевой-Перцевой (1958). По численности и биомассе во всех плесах Мунозера преобладали реликтовые ракообразные. Кроме того, в водоеме обитает *Mysis relicta* (вид, очень трудно улавливаемый дночерпате-

Таблица 1. Количественные показатели фитопланктона Мунозера

Отдел	Численность (тыс. кл/л)	Биомасса (г/м^3)
Синезеленые	62	0,002
Золотистые	3	0,006
Диатомовые	68	0,111
Пирофитовые	6	0,085
Всего	139	0,204

Таблица 2. Средние количественные показатели зоопланктона Мунозера

Группы	Численность		Биомасса	
	тыс. экз./м^3	%	г/м^3	%
Rotifera	4,07	13,2	0,039	3,4
Cladocera	14,6	47,5	0,815	71,1
Cyclopoida	9,12	29,6	0,158	13,8
Calanoida	1,19	3,9	0,122	10,6
Nauplii	1,78	5,8	0,013	1,1
Всего	30,76	100	1,147	100

лем Экмана-Берджа). Поэтому удельный вес реликтовых ракообразных возрастает, если использовать другие приборы, учитывающие и мизид. Последующее изучение донной фауны Мунозера (2005–2007 гг.) показало, что в озере на глубинах 5–18 м наиболее распространены серо-зеленые илы, иногда с железорудной коркой. Для этого биотопа характерно преобладание олигохетно-хирономидного комплекса. В сублиторальной зоне его показатели достигают 6,53–5,41 тыс. экз./м^2 при биомассе 2,2–3,19 г/м^2 соответственно. Отмеченные моллюски относились к роду *Pisidium* с численностью 0,72 тыс. экз./м^2 и биомассой 1,63 г/м^2. В профундали значение этих групп ослабевает. Здесь количественно преобладают амфиподы, в основном *Monoporeia affinis*, с довольно высокими показателями численности 0,7–2,0 тыс. экз./м^2 при биомассе 2,8–5,7 г/м^2. В целом донная фауна Мунозера довольно разнообразна и включает более 12 таксонов водных беспозвоночных. Наибольшее число групп донных животных представлено в литоральной зоне. С увеличением глубины состав донного населения становится более однообразным, состоящим из 5–7 групп водных беспозвоночных, из которых амфиподы занимают доминирующее положение. Высокая численность реликтового рачка *Monoporeia affinis* может служить индикатором благоприятных условий для обитания водных животных.

Анализ данных показывает, что общая биомасса осеннего макрозообентоса в Мунозере была равна 5,8 г/м^2 при численности 4932 экз./м^2 (табл. 3). Таким образом, по шкале трофности (Китаев, 1984) Мунозеро относится к высокопродуктивным β-мезотрофным водоемам. Исходя из уравнения $P_б = (2{,}198 \pm 0{,}496) \times B_{СР.}$ (Алимов, 1982, 1989), величина продукции макрозообентоса составила 13 г/м^2 за вегетационный сезон.

Ихтиофауна. Рыбное население Мунозера представлено 12 видами рыб (8 семейств): ряпушка (*Coregonus albula*), корюшка (*Osmerus eperlanus*), окунь (*Perca fluviatilis*), плотва (*Rutilus rutilus*), уклейка (*Alburnus alburnus*), лещ (*Abramis brama*), ерш (*Gymnocephalus cernuus*), щука (*Esox lucius*), налим (*Lota lota*), бычок-подкаменщик (*Cottus gobio*), арктический голец (палия) (*Salvelinus alpinus*) и четырехрогий бычок (*Triglopsis quadricornis*). Наиболее многочисленными видами являются окунь, плотва, ряпушка.

В 1950-е годы на Мунозере проводились рыбоводные работы по вселению ценных видов рыб (сига, леща, арктического гольца – палии) (Гордеева-Перцева, Стефановская, 1959; Кудерский, Сонин, 1968). Натурализация в водоеме отмечена для гольца и леща (Ильмаст, 2012).

Таблица 3. Средняя численность и биомасса макрозообентоса Мунозера

Таксоны	Показатели				
	N, экз./м^2	N%	B, г/м^2	B%	f%
Nematoda	255	5,2	0,01	0,2	100,0
Oligochaeta	1 530	31,0	0,8	13,5	100,0
Mollusca	612	12,4	0,7	12,2	100,0
Amphipoda	1 061	21,5	3,0	51,5	80,0
Megaloptera	20	0,4	0,4	6,0	20,0
Ephemeroptera	204	4,1	0,1	2,7	20,0
Coleoptera	20	0,4	0,03	0,5	40,0
Chironomidae	1 193	24,2	0,7	12,5	100,0
Varia	37	0,8	0,1	0,9	60,0
Всего	4 932	100	5,8	100	

Примечание: N — средняя численность; N% — относительная численность; B — средняя биомасса; B% — относительная биомасса; f% — встречаемость в пробах от общего числа проб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по уровню количественного развития фито- и зоопланктона Мунозеро можно отнести к разряду олиго-мезотрофных водоемов. Анализ бентофауны показал, что Мунозеро относится к водоемам с высокой продуктивностью донной фауны и указывает на хорошее состояние кормовой базы для рыб-бентофагов. По сравнению с ранее полученными данными (Гордеева-Перцева, Стефановская, 1959), в состав рыбного населения Мунозера следует включить четырехрогого бычка (рогатку). Также в результате рыбоводных работ в озере появились новые виды — арктический голец и лещ. Рыбопродуктивность озера составляет около 10,5 кг/га. В настоящее время на водоеме широко развит любительский лов. Основными промысловыми видами в местном рыболовстве являются ряпушка, лещ, щука, налим. Недоиспользуются запасы окуня и плотвы, имеющих высокую численность. Особую значимость Мунозеру придает наличие и широкое распространение реликтовых ракообразных (монопорея, палласея, мизис, лимнокалянус) и четырехрогого бычка (рогатка).

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0221-2014-0005, при поддержке программ Минобрнауки РФ (НШ-1410.2014.4; соглашение 8101).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алимов А.Ф. 1982. Продуктивность сообществ беспозвоночных макрозообентоса в континентальных водоемах СССР (обзор) // Гидробиол. журн. Т. XVIII. № 2. Киев. С. 7–18.

Алимов А.Ф. 1989. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеоиздат. 150 с.

Алимов А.Ф., Бульон В.В., Голубков С.М. 2005. Динамика структурно-функциональной организации экосистем континентальных водоемов // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. Сб. науч. статей. М.: Тов-во научных изданий КМК. С. 241–253.

Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. 1979. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных / Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука. С. 155–168.

Гордеева-Перцева Л.И. 1958. Гидробиологическая характеристика Мунозера // Рыбное хозяйство Карелии. Вып. 7. Петрозаводск: Гос. изд-во Карельской АССР. С. 107–117.

Гордеева-Перцева Л.И., Стефановская А.Ф. 1959. Оз. Мунозеро / Озера Карелии (природа, рыбы и рыбное хозяйство): справочник. Петрозаводск: Гос. изд-во Карельской АССР. С. 232–237.

Жадин В.И. 1956. Методика изучения донной фауны и экологии донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л. Т. 4, ч. 1. С. 17–41.

Ильмаст Н.В. 2012. Рыбное население пресноводных экосистем Карелии в условиях их хозяйственного освоения. Автореф. … д-ра биол. наук. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 44 с.

Каталог озер и рек Карелии. 2001. Под ред. Н.Н. Филатова, А.В. Литвиненко. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 290 с.

Киселев И.А. 1956. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. Т. IV, ч. 1. М.-Л. С. 213–215.

Китаев С.П. 1984. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука. 207 с.

Кудерский Л.А., Сонин В.П. 1968. Обогащение ихтиофауны внутренних водоемов Карелии / Акклиматизация рыб и беспозвоночных в водоемах СССР. М.: Наука. С. 123–133.

Кутикова Л.А. 1965. Коловратки водоемов Карелии / Фауна озер Карелии. М.-Л.: Наука. С. 52–70.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях. Задачи и методы изучения и использования кормовой базы рыб. 1984. Л. 19 с.

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

Ресурсы поверхностных вод СССР. 1972. Т. 2. Карелия и Северо-Запад, ч. 3 (под ред. В.Е. Водогрецкого). Л.: Гидрометеоиздат. С. 390–391.

Решетников Ю.С. 1980. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука. 301 с.

Усачев П.И. 1961. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона // Тр. Всесоюз. гидробиол. общества. Т. XI. С. 411–415.

Чугунова Н.И. 1959. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Изд-во АН СССР. 162 с.

УДК 628.394.17:632.95:574.5(262.54) DOI 10.15853/978-5-902210-45-29

КОМПЛЕКСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА ТРОФИЧЕСКИЕ ЗВЕНЬЯ ПРЕСНОВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

А.В. Войкина, Л.А. Бугаев, И.Л. Левина, Е.А. Федорова, Н.И. Щербакова, Л.М. Бесчетнова

Ст. н. с., к. б. н.; зав. отд., к. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; ст. н. с.; Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
344002, Ростов-на-Дону, Береговая 21в
Тел.: (918) 507 6157, (918) 541 0286
E-mail: vojkina-anna@yandex.ru, l-bugayov@yandex.ru

ПЕСТИЦИДЫ, ЭКОСИСТЕМА, АЗОВСКОЕ МОРЕ, ТРОФИЧЕСКИЕ ЗВЕНЬЯ

Исследование по оценке качественного и количественного пестицидного загрязнения воды и донных отложений различных акваторий Азовского моря. На основе полученных данных были проведены лабораторные эксперименты по изучению влияния выявленного пестицидного загрязнения на гидробионтов различных трофических уровней. Показано, что пестициды в обнаруженных в естественных водоемах концентрациях не оказывают негативного воздействия на гидробионтов. Экспериментальное повышение концентрации в 10 раз сказывалось на некоторых биологических показателях гидробионтов.

COMPLEX EFFECT OF PESTICIDES ON THE TROPHIC CHAINS OF FRESHWATER ECOSYSTEM

A.V. Voikina, L.A. Bugaev, I.L. Levina, E.A. Fedorova, N.I. Shcherbakova, L.M. Beschetnova

Senior scientist, Ph. D.; head of dep., Ph. D.; senior scientist, Ph. D.; senior scientist, Ph. D.; senior scientist, Ph. D.; senior scientist; Azov Fisheries Research Institute
344002, Rostov-on-Don, Beregovaya, 21b
Tel.: (918) 507 6157, (918) 541 0286
E-mail: vojkina-anna@yandex.ru, l-bugayov@yandex.ru

PESTICIDES, ECOSYSTEM, SEA OF AZOV, TROPHIC CHAINS

Qualitative and quantitative pesticide pollution of water and bottom sediments was studied and estimated in different areas of the Sea of Azov. Laboratory tests based on these data of the estimation were accomplished to reveal pesticide contamination of hydrobionts of different trophic levels. It has been shown that pesticides in the concentrations found in the natural water bodies dis not affect hydrobionts, but experimental 10 fold increase of the concentrations brought effects on some of biological parameters of test hydrobionts.

Основной водосбор Азовского моря приходится на Ростовскую область и Краснодарский край — регионы, традиционно считающиеся сельскохозяйственными. Широкое применение современными аграрными хозяйствами различных ядохимикатов (гербициды, инсектициды, акарициды и др.) создает угрозу попадания этих веществ через поверхностные и грунтовые воды в экосистему Азовского моря. Являясь токсичными, пестициды при попадании в водную среду могут оказывать негативное воздействие на гидробионтов всех уровней организации, в том числе рыб (Лукьяненко, 1989). Пестициды обладают высокой биологической активностью и сродством с биологическими субстратами, что обеспечивает их циркуляцию и накопление в разных звеньях экосистемы (Ракитский, Синицкая, 2004). Будучи токсичными веществами, пестициды могут воздействовать не только на биообъекты-мишени, но и на другие организмы, вызывая различные патологические изменения как у отдельных гидробионтов, так и у целых сообществ (Моисеенко, 2009).

Целью настоящего исследования являлось изучение уровня пестицидного загрязнения воды и донных отложений Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря, а также комплексное воздействие пестицидов на гидробионтов различных трофических уровней.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследовательская часть работы включала в себя полевые и стационарные исследования в аквариальных условиях.

Полевые работы проводились в течение 2009–2011 гг. в прибрежных районах Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря в весенний и осенний сезоны. Для исследования уровня накопления пестицидов в среде обитания гидробионтов производился отбор проб воды и донных отложений. Схема расположения станций отбора проб представлена на рисунке 1. Проанализированы 82 пробы воды, 68 проб донных отложений.

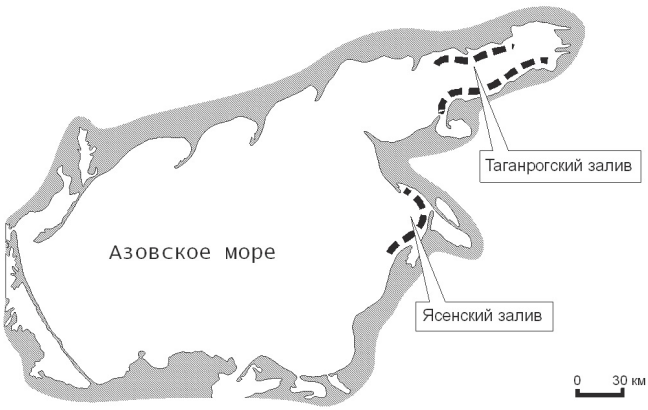


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб воды и донных отложений

Качественный и количественный состав пестицидов в воде и донных отложениях определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Условия хроматографирования: колонка 4,6×150 мм Reprosil-PUR ODS-3,5 мкм (Элсико, Россия); рабочая длина волны — 230 нм; термостатирование — + 40 °С; подвижная фаза: ацетонитрил — 0,01 М ортофосфорная кислота в соотношении 3:2 (по объему) в изократическом режиме; скорость потока 0,6 мл/мин; объем вводимого в хроматограф экстракта пробы — 10 мкл. Исследовали 14 пестицидов импортного производства (дифлуфеникан, имазалил, имазетапир, имидаклоприд, ипродион, метрибузин, пенцикурон, тебуконазол, тиаметоксам, фамоксадон, флумиоксазин, хизалофоп-П-этил, ципросульфамид, этофумезат).

Для проведения аквариальных экспериментов по токсическому воздействию вредных веществ на гидробионтов были выбраны четыре пестицида, являющиеся техническими продуктами (действующие вещества) — тебуконазол, метрибузин, флумиоксазин, имидаклоприд, которые наиболее часто встречались в воде Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря в 2009–2011 гг. Из 4-х пестицидов готовили две смеси. В смеси 1 концентрации пестицидов соответствовали их содержанию в воде природных водоемов (мг/л): тебуконазол — 0,0065; метрибузин — 0,007; флумиоксазин — 0,001; имидаклоприд — 0,01. В смеси 2 концентрации пестицидов были увеличены в 10 раз.

Предварительно теоретически рассчитывался возможный аддитивный токсический эффект обеих смесей по формуле А.Г. Аверьянова. Среда считается токсичной, если $C_{общ}$ больше 1. Расчеты показали, что смесь 1 ($C_{общ}$ = 0,0065/0,1 + 0,007/0,5 + 0,001/0,04 + 0,01/1 = 0,114 (мг/л) < 1) не является токсичной, в то время как смесь 2 ($C_{общ}$ = 0,065/0,1 + 0,07/0,5 + 0,01/0,04 + 0,1/1 = 1,14 (мг/л) > 1) теоретически обладает токсическим действием на гидробионтов.

В качестве тест-объектов использовали водные организмы разных систематических групп: микроводоросли, высшая водная растительность, ветвистоусые ракообразные, брюхоногие моллюски, осетровые рыбы в период раннего онтогенеза, бычковые рыбы в период раннего онтогенеза, карповые рыбы. Все исследования проводили на фоне контроля, который ставили в аналогичных опыту условиях, но без внесения пестицидов (таблица 1). Полученные в экспериментах результаты подвергали статистической обработке по t-критерию Стъюдента. Различия между двумя выборками считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Таблица 1. Краткое описание направлений экспериментальных исследований

№ п/п	Направления исследований	Объект исследования	Показатели
1	Изучение аддитивного воздействия пестицидов (смесь 1 и смесь 2) на фитопланктон	Сценодесмус *Scenedesmus guadrigauda (Turp.) Breb*	Анализ состояния культуры; определение общей численности клеток водорослей; коэффициент скорости роста культуры
2	Изучение аддитивного воздействия пестицидов (смесь 1 и смесь 2) на высшую водную растительность	Элодея (*Elodea canadensis Michx*)	Общее состояние растений (изменение окраски, повреждение и отмирание точек роста, потеря тургора); выживаемость и прирост основного стебля; число и длина боковых побегов; число и длина корней; суммарный прирост растений
3	Изучение аддитивного воздействия пестицидов (смесь 1 и смесь 2) на зоопланктон	Дафнии (*Daphnia magna Straus*)	Выживаемость; сроки наступления половозрелости; количество пометов; плодовитость дафний; численность популяции; биомасса популяции; соотношения возрастных групп в популяции
4	Изучение аддитивного воздействия пестицидов (смесь 1 и смесь 2) на зообентос	Катушка роговая (*Planorbarius corneus*)	Выживаемость; плодовитость; прирост общей массы

Таблица 1. Окончание

№ п/п	Направления исследований	Объект исследования	Показатели
5	Изучение аддитивного воздействия пестицидов (смесь 1 и смесь 2) на осетровых рыб в период раннего онтогенеза	Предличинки бестера (*Huso huso L. x Acipenser ruthenus L.*)	Темпы линейного и весового роста предличинок; патологии развития предличинок; процент уродливых особей
6	Изучение аддитивного воздействия пестицидов (смесь 1 и смесь 2) на бычковых рыб в период раннего онтогенеза	Эмбрионы и мальки бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus (Pallas)*)	Выживаемость; длительность инкубационного периода; скорость прохождения стадий; патоморфологические признаки выклюнувшихся мальков; темпы линейного роста; весовой рост мальков
7	Изучение аддитивного воздействия пестицидов (смесь 1 и смесь 2) на карповых рыб	Сеголетки белого амура (*Ctenopharyngodon idella*)	Вторичный продукт ПОЛ — МДА; активность ферментов антиоксидантной защиты — СОД, КТ; активность ферментов I фазы детоксикации — АцЭ, КарбЭ; активность ферментов II фазы детоксикации — GSH, GST

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Вода, как элемент среды обитания, постоянно и непосредственно воздействует на гидробионтов через кожные покровы, пищеварительный тракт, жабры, поэтому токсические вещества, присутствующие в воде, гораздо опасней тех, которые седиментированы в донных отложениях. Регулярное проведение мониторинговых исследований показывает, что содержание загрязняющих веществ, в том числе и пестицидов, в воде Азовского моря — величина очень динамичная и непостоянная; флуктуации концентраций растворенных в воде токсикантов могут достигать значительных величин.

В результате исследований в весенний сезон в течение 2009–2011 гг. в воде прибрежных акваторий были выявлены все исследуемые пестициды (рис. 2). Следует отметить, что в отдельных станциях обнаруживались от 0 до 6 пестицидов. Количество присутствующих в воде поллютантов очень варьировало, и это нашло отражение в больших значениях ошибок среднего значения.

Среди обнаруженных в весенний сезон пестицидов массово отмечены метрибузин, тебуконазол, флумиоксазин, ципросульфамид. Эти вещества встречались в 27–36% проб воды. Вещества, которые были относительно редки или встречались единично: дифлуфеникан, пенцикурон, тиаметоксам, фамоксадон, хизалофоп-П-этил. В осенний сезон в исследуемый период лет вообще не попадались тиаметоксам и ципросульфамид. Ципросульфамид и хизалофоп-П-этил отмечены лишь в нескольких пробах. Наиболее массовыми веществами были имазалил, имазетапир, имидаклоприд, метрибузин.

Межсезонное сравнение показало: в весенний сезон достоверное превышение концентраций пестицидов в воде по сравнению с осенью зафиксировано для метрибузина и ципросульфамида; осеннее преобладание отмечено для имазалила. По остальным веществам достоверных межсезонных различий нет.

Спектр загрязнения для донных отложений и воды, отобранных на одной станции, совпадал не полностью, что может объясняться различным временем удержания веществ этими средами. Вода более динамична по составу поллютантов и отражает текущее поступление пестицидов в водоем, в отличие от донных отложений, где происходят постепенная кумуляция веществ и относительное выключение их из биогеохимических циклов.

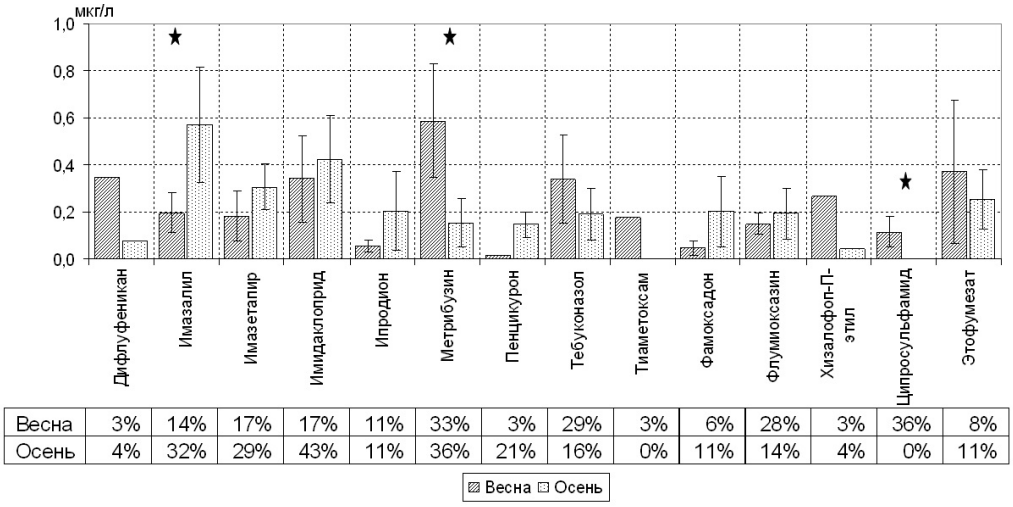


Рис. 2. Содержание пестицидов и частота их обнаружения в воде Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря в 2009–2011 гг. Примечание: «*» — достоверные различия между сезонами ($p \leq 0,05$)

На рисунке 3 представлены результаты химического анализа донных отложений, выполненные в разные сезоны наблюдения. Межсезонные различия касаются только трех веществ: ипродиона (больше весной), метрибузина и этофумезата (больше осенью). Среднегрупповых различий по другим веществам не обнаружено.

В весенний сезон наиболее массово встречались имазалил, имазетапир, имидаклоприд и ипродион, в осенний сезон — метрибузин и этофумезат. При сравнении этих данных с аналогичными по воде, можно отметить диаметрально противоположную картину по соотношению объемов кумуляции и частоты встречаемости конкретных веществ. Можно предположить, что это является отражением процессов кумуляции веществ в экосистеме в зимний сезон, когда происходит термическое торможение деструкции высокомолекулярных соединений и их накопление в донных отложениях. Летом этого не наблюдается из-за высоких скоростей физико-химического распада пестицидов.

Оценка пестицидного загрязнения среды обитания гидробионтов позволяет получить количественные данные, но не отвечает на вопрос — как будут реагировать живые организмы на подобное загрязнение. С целью поиска ответа нами были поставлены эксперименты, имитирующие пестицидное загрязнение естественных водоемов.

Механизм действия пестицидов на водные организмы неоднозначен и зависит от химической структуры вещества; не всегда имеет место дозозависимый эффект. Загрязнение водной среды Азовского моря состоит из нескольких пестицидов одновременно. Существует предположение, что токсикологические эффекты пестицидов накладываются друг на друга, усиливая токсическое действие. Этот феномен известен как эффект аддитивности.

Фитопланктон — первичное звено в трофической цепи водоемов, быстро реагирующее на любые внешние воздействия, определяющее состояние и продуктивность водных экосистем. Сценедесмус, как представитель фитопланктона, широко распространен в естественных водоемах России и имеет относительно крупные клетки.

Визуальные наблюдения за состоянием культуры микроводорослей показали, что в течение всей экспозиции эксперимента суспензия опытных сосудов со смесью 1 от суспензии контрольной почти не отличалась. В присутствии смеси 1 общая численность клеток сценедесмуса на 4-е сутки опыта увеличилась на 27% по сравнению с контролем. На 12-е сутки эксперимента зарегистрировано достоверное снижение численности микроводорослей, однако к концу экспозиции, на 18-е и 21-е сутки, отмечалась тенденция к росту количества клеток до уровня контрольных значений. В эксперименте со смесью 2 наблюдалось стойкое угнетение развития культуры микроводорослей на протяжении всей экспозиции, численность клеток уменьшалась от 36% на 4-е сутки до 74% на 21-е сутки.

Динамика общей численности клеток сценедесмуса при действии смесей пестицидов представлена на рисунке 4.

Таким образом, влияние смеси 1 на культуру микроводорослей носило периодический характер. Произошедшие изменения динамики численности сценедесмуса свидетельствуют о происходящих компенсаторных приспособительных процессах в культуре микроводорослей при действии малых количеств пестицидов. В среде со смесью 2 наблюдалось стойкое ингибирование развития культуры микроводорослей.

Высшие пресноводные растения образуют основную фитомассу водоемов, являются основным зве-

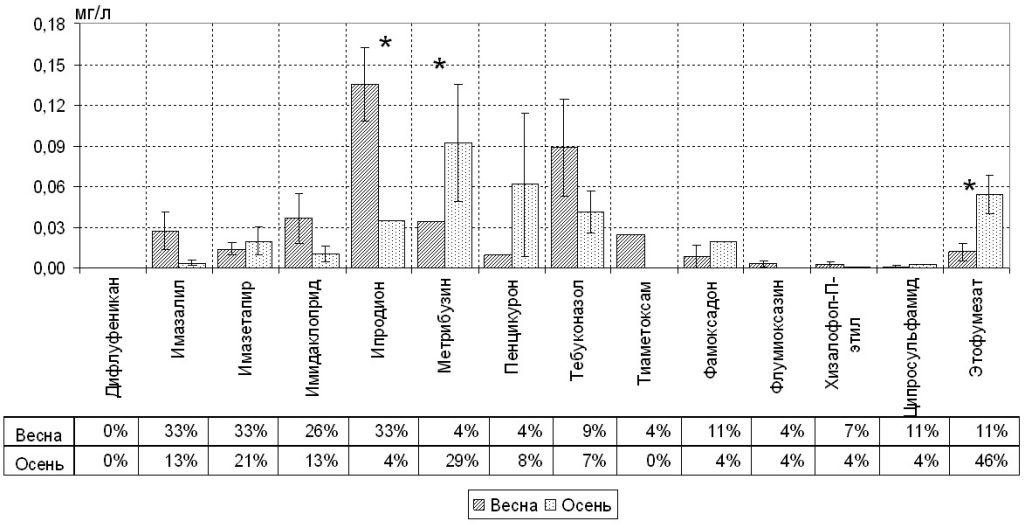


Рис. 3. Содержание пестицидов и частота их обнаружения в донных отложениях Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря в 2009–2011 гг.
Примечание: «*» — достоверные различия между сезонами ($p \leq 0,05$)

ном, создающим первичное органическое вещество и выделяющим кислород, служат основным субстратом для размножения водных животных и местом их укрытия от опасности. Элодея — представитель погруженных растений, широко распространенный в стоячих водах умеренной зоны.

Суммарный прирост элодеи определялся приростом основного и боковых побегов (рис. 5). В смеси 1 общий прирост макрофитов соответствовал контрольным значениям. В растворах со смесью 2 отмечено снижение суммарного прироста элодеи на 15% к 30-м суткам опыта, разница с контролем статистически достоверна. В растворах со смесью 2 к 30-м суткам погибли 2 растения элодеи из 15 (выборка в каждой варианте и контроле — 3 повторности по 5 экземпляров), что соответствует 13%.

Таким образом, аддитивный токсический эффект пестицидов на элодею проявлялся к 30-м суткам эксперимента только при действии смеси 2.

Зоопланктонное сообщество — один из важнейших компонентов водных экосистем и является индикатором их состояния. Дафнии — типичные представители звена зоопланктона, основные потребители первичной продукции и в то же время пищевые объекты для многих рыб.

Оценка влияния совместного действия пестицидов в смесях 1 и 2 на жизнедеятельность зоопланктонных организмов осуществлялась в течение 15 суток по следующим показателям: выживаемость, скорость полового созревания, плодовитость, численность, биомасса и возрастной состав популяции.

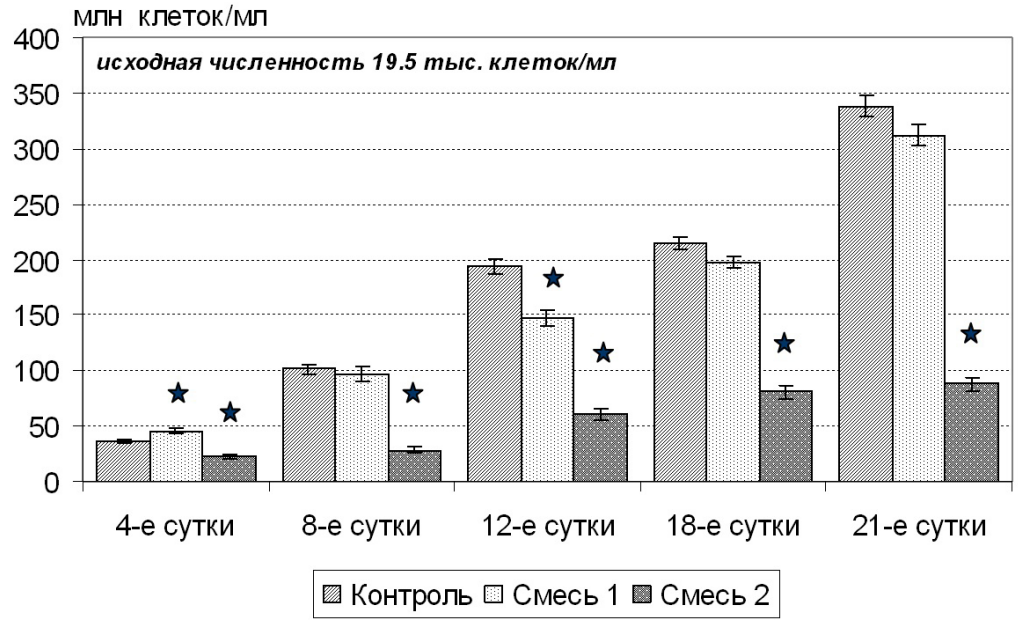


Рис. 4. Динамика общей численности сценедесмуса в эксперименте со смесями пестицидов.
Примечание: «*» — достоверные различия по сравнению с контролем ($p \leq 0,05$)

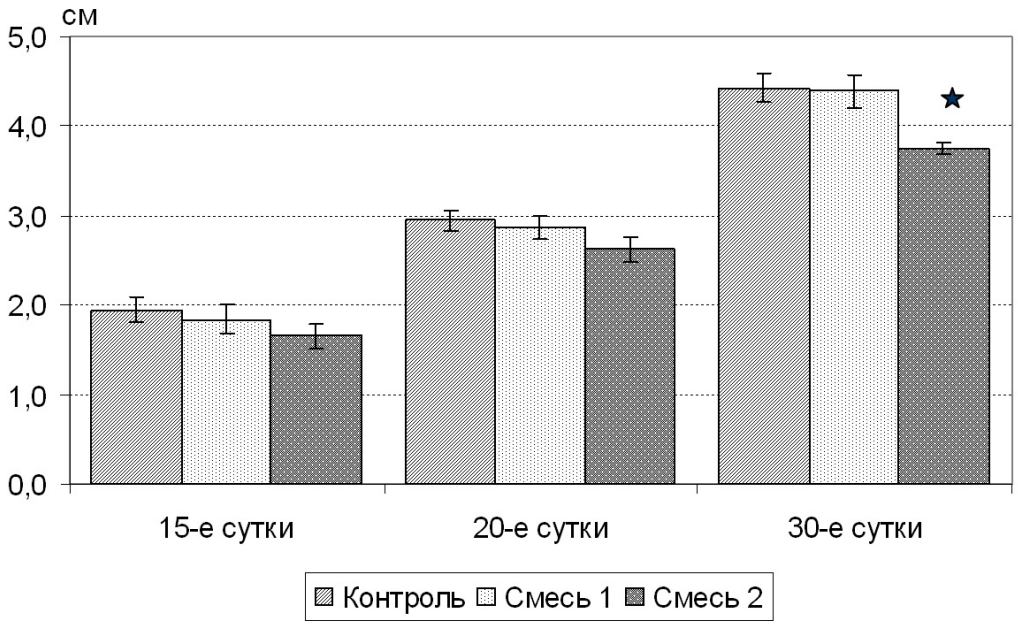


Рис. 5. Динамика суммарного прироста элодеи в эксперименте со смесями пестицидов. Примечание: «*» — достоверные различия по сравнению с контролем ($p \leq 0,05$)

Исследования показали, что в растворах со смесями 1 и 2 гибели рачков в течение всего эксперимента не наблюдалось, поведение дафний не отличалось от их поведения в контроле.

Общее количество народившейся жизнеспособной молоди от одной самки отражает величину реальной плодовитости дафний. Эта величина определяет сохранность вида и играет решающую роль при оценке токсичности. Реальная плодовитость дафний в исходном и последующих трех поколениях достоверно не изменялась относительно контроля при действии обеих смесей пестицидов.

В присутствии смеси 1 численность возрастных групп популяции дафний была несколько ниже численности дафний в контрольном варианте опыта, однако различия носили недостоверный характер (рис. 6). В эксперименте со смесью 2 наблюдалось достоверное снижение численности молоди на 45% и половозрелых особей на 39% в течение 15 суток. Биомасса популяции дафний, находившихся в растворах со смесью 1, достоверно не отличалась от контрольных значений. Пестициды в смеси 2 оказывали стойкое отрицательное действие на биомассу популяции дафний: зарегистрировано снижение весового роста организмов на 43%. Таким образом, пестициды в смесях 1 и 2 не влияли на выживаемость и плодовитость дафний. Аддитивный токсический эффект пестицидов на численность и биомассу популяции зоопланктонных организмов проявлялся только при действии смеси 2.

Брюхоногие моллюски играют важную роль в круговороте органического вещества в водных экосистемах и являются представителями эпибентоса, составляют основу питания многих бентосоядных организмов, накапливают органические и неорганические ксенобиотики в тканях.

Результаты изучения размножения и плодовитости катушки роговой при воздействии пестицидов в смесях показали, что в растворах со смесью 1 все показатели, характеризующие воспроизводительную способность моллюсков, соответствовали контролю (рис. 7). В растворах со смесью 2 отмечалось небольшое снижение реальной плодовитости особей, однако различия с контролем были статистически недостоверны. Таким образом, аддитивный токсический эффект пестицидов на жизнедеятельность брюхоногих моллюсков не проявлялся.

Рыбы находятся в области конечного звена трофической цепи водных экосистем. Период раннего онтогенеза — критический в жизни ихтиофауны, пределы толерантности для эмбрионов и предличинок значительно уже, чем у взрослых особей. Икра и личинки рыб из-за недостаточной сформированности систем защиты и невозможности ухода из зон загрязнения могут быть наиболее подвержены пестицидной интоксикации.

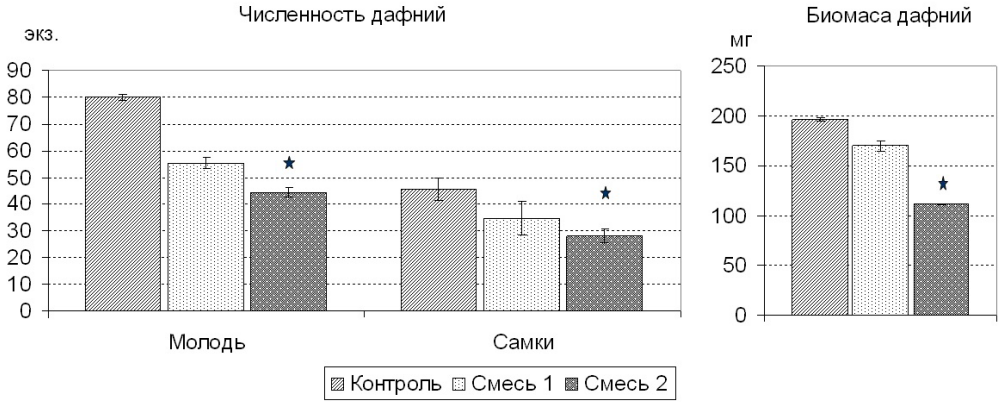


Рис. 6. Динамика численности и биомассы популяции дафний при действии смесей пестицидов.
Примечание: «*» — различия по сравнению с контролем недостоверны ($p \leq 0,05$)

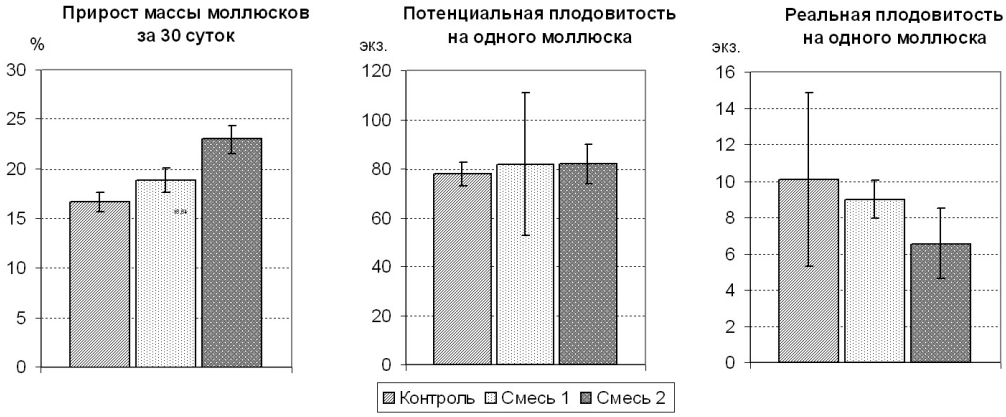


Рис. 7. Прирост численности и плодовитость катушки роговой при действии смесей пестицидов.
Примечание: «*» — достоверные различия по сравнению с контролем ($p \leq 0,05$)

Наблюдения за выживаемостью икры бычка-кругляка показали, что в растворах пестицидов смеси 1, как и в растворах смеси 2, гибель эмбрионов не превышала естественную в контроле (10–13%). Продолжительность этапов эмбриогенеза в опытных растворах со смесями 1 и 2 не отличалась от контроля. Исследования выживаемости мальков бычка-кругляка в растворах смесей пестицидов показали, что ни в одном из опытных сосудов, как в 1-м (экспозиция 19 суток), так и во 2-м (экспозиция 5 суток) вариантах опытов, гибели не зафиксировано. При этом длина и вес подопытных мальков бычка-кругляка находились на уровне контрольных величин в растворах пестицидов смеси 1 и смеси 2, в обоих вариантах опыта (рис. 8).

В растворах пестицидов со смесью 1, как и в растворах со смесью 2, гибели предличинок бестера не наблюдалось. Действие смеси 1 приводило к увеличению темпа линейного роста организмов: длина предличинок, развивавшихся в опытных растворах, была достоверно выше контрольных. Стимулирование роста предличинок в данном случае можно рассматривать как адаптивно-компенсаторную реакцию организма рыб ювенильного этапа развития на воздействие малых концентраций пестицидов. Весовой рост предличинок, развивающихся в растворах пестицидов смеси 1 и смеси 2, был на уровне контрольных величин.

Тератологический анализ проводился на выклеве и на 5-е сутки после выклева (бычок-кругляк), на 6-е сутки после выклева (предличинки бестера). Установлено, что у эмбрионов и мальков бычка-кругляка, предличинок бестера, содержащихся в растворах пестицидов со смесью 1 и смесью 2, патологий развития не отмечалось. Следовательно, аддитивный токсический эффект пестицидов на эмбриональное и

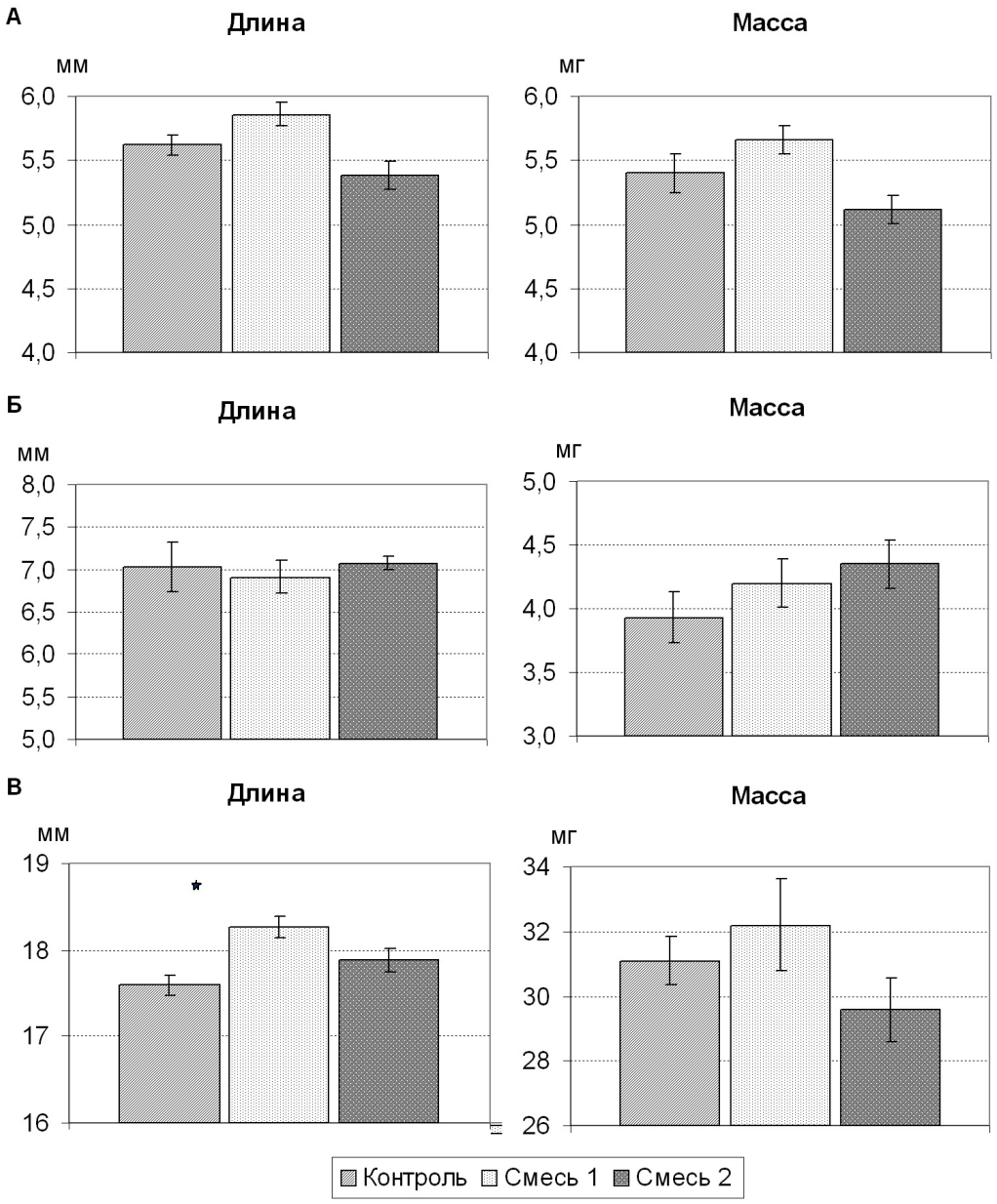


Рис. 8. Морфологические показатели развития мальков бычка-кругляка (экспозиция 19 суток) (А); (экспозиция 5 суток после выклева) (Б); предличинок бестера (В) при воздействии смесей пестицидов.
Примечание: «*» — достоверные различия по сравнению с контролем ($p \leq 0,05$)

раннее постэмбриональное развитие бычка-кругляка и бестера не проявлялся.

Пестициды могут вызывать глубокие изменения метаболизма у рыб и других гидробионтов задолго до их гибели. Длительный стресс, развивающийся при хроническом действии малых доз пестицидов, может привести к истощению адаптивных ресурсов и нарушению фундаментальных биохимических процессов, составляющих основу жизнедеятельности.

Определение МДА в гомогенатах используется как интегральный показатель активности процессов ПОЛ. Исследования показали, что у рыб, находившихся в растворах со смесью 1, содержание МДА в печени и жабрах соответствовало контрольному варианту (табл. 2). Действие смеси 2 приводило к увеличению содержания МДА на 40% в жабрах рыб к 16-м суткам экспозиции, в печени опытных рыб достоверных изменений показателя не наблюдалось. Таким образом, усиление процессов ПОЛ происходило только в жаберной ткани рыб при длительном действии смеси 2.

Активность супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы у рыб, находившихся в растворах со смесью 1, достоверно не изменялась относительно контрольных величин на протяжении эксперимента. При воздействии смеси 2 в печени рыб активность каталазы увеличивалась на 4-е и 8-е сутки опыта на 25–26%, активность СОД находилась на контрольном уровне. В жаберной ткани рыб при действии смеси 2 отмечалось небольшое ингибирование обоих ферментов на 16-е сутки. Активность СОД снижалась на 14%, каталазы — на 23%, что свидетельствует об ослаблении адаптивных механизмов у годовиков белого амура при совместном действии пестицидов в растворах со смесью 2.

Ацетилэстераза (АцЭ) и карбоксилэстераза (КарбЭ) являются ферментами I фазы детоксикации. В проведенных экспериментах установлено, что совокупное действие пестицидов в смесях 1 и 2 практически не оказывало влияния на исследованные показатели. Активность АцЭ в жабрах и печени рыб не изменялась относительно контроля в течение экспе-

Таблица 2 Динамика биохимических показателей в тканях белого амура при воздействии смесей пестицидов

Объект исследований	Смесь пестицидов	Контроль	Длительность экспозиции, сутки		
Содержание малонового диальдегида, мкмоль/мг белка					
Печень	Смесь 1	54,20±1,73	58,01±2,53	57,51±4,17	55,07±2,62
	Смесь 2		57,06±3,42	53,65±2,27	53,07±2,24
Жабры	Смесь 1	302,14±26,94	309,93±22,60	283,33±20,31	334,59±45,60
	Смесь 2		290,12±13,72	306,09±19,46	424,21±25,41*
Активность супероксиддисмутазы, усл. ед./мг белка/мин					
Печень	Смесь 1	0,59±0,02	0,63±0,03	0,54±0,02	0,57±0,05
	Смесь 2		0,56±0,02	0,55±0,02	0,57±0,02
Жабры	Смесь 1	1,15±0,05	1,26±0,06	1,11±0,06	1,17±0,04
	Смесь 2		1,17±0,07	1,05±0,05	0,99±0,03**
Активность каталазы, мкмоль/мг белка/мин					
Печень	Смесь 1	34,87±1,42	34,89±1,14	30,62±1,68	33,35±1,21
	Смесь 2		43,78±1,77*	43,47±1,92*	32,28±0,65
Жабры	Смесь 1	0,87±0,05	0,87±0,03	0,99±0,06	0,97±0,07
	Смесь 2		0,80±0,06	1,04±0,14	0,67±0,09**
Активность ацетилэстеразы, нмоль/мг белка/мин					
Печень	Смесь 1	32,24±2,13	27,61±1,09	33,49±2,35	30,19±2,41
	Смесь 2		36,97±2,91	29,40±2,34	33,19±2,67
Жабры	Смесь 1	6,20±0,21	5,98±0,22	5,83±0,19	6,32±0,29
	Смесь 2		5,84±0,47	6,18±0,40	6,09±0,11
Активность карбоксилэстеразы, нмоль/мг белка/мин					
Печень	Смесь 1	252,54±15,47	275,43±21,50	241,66±15,20	250,38±29,45
	Смесь 2		323,92±29,12*	243,63±20,41	241,12±9,27
Жабры	Смесь 1	52,83±2,81	55,08±0,88	58,79±2,34	54,50±1,89
	Смесь 2		48,29±4,21	53,72±4,65	49,37±2,14
Содержание восстановленного глутатиона, нмоль/мг белка					
Печень	Смесь 1	9,63±0,80	10,75±0,77	9,88±0,27	9,63±0,21
	Смесь 2		13,09±1,28*	11,77±0,89	9,41±0,73
Жабры	Смесь 1	3,40±0,35	3,57±0,26	3,25±0,24	3,35±0,26
	Смесь 2		3,28±0,12	3,24±0,11	2,20±0,27**
Активность глутатион-S-трансферазы, мкмоль/мг белка/мин					
Печень	Смесь 1	0,73±0,03	0,67±0,03	0,66±0,03	0,73±0,05
	Смесь 2		0,71±0,03	0,74±0,04	0,81±0,01
Жабры	Смесь 1	0,32±0,02	0,29±0,01	0,25±0,02	0,33±0,03
	Смесь 2		0,45±0,04*	0,33±0,01	0,25±0,02**

Примечания: «*» — достоверное увеличение значений относительно контроля ($p \leq 0,05$); «**» — достоверное снижение значений относительно контроля ($p \leq 0,05$)

римента. Увеличение активности КарбЭ на 28% было зафиксировано только на 4-е сутки опыта в печени рыб при действии смеси 2, что можно объяснить приспособительными процессами у рыб на действие пестицидов.

Оценка детоксицирующей функции глутатионовой системы позволяет анализировать состояние основных метаболических этапов II фазы детоксикации. Действие смеси 1 на компоненты глутатионовой системы рыб не обнаружено. Содержание восстановленного глутатиона (ГSH) и активность глутатион-S-трансферазы (ГST) в печени и жабрах опытных рыб находились на уровне контрольных величин. Действие смеси 2 приводило к увеличению содержания восстановленного глутатиона в печени рыб на 4-е сутки (36%) и одновременной активации ГST в жаберной ткани рыб на 42%, что свидетельствует об интенсификации детоксикационных процессов в тканях рыб на ранних стадиях интоксикации. При увеличении экспозиции опыта до 16-ти суток в жабрах опытных рыб отмечалось снижение содержания ГSH на 35%, активность ГST при этом ингибировалась на 21%.

Анализ результатов проведенных экспериментов показал, что у карповых рыб, содержащихся в растворах со смесью 1, биохимические показатели не изменялись и соответствовали контрольному варианту опыта на протяжении 16-ти суток. Длительное воздействие смеси 2 вызывало интенсификацию ПОЛ. Одновременно происходило ослабление механизмов антирадикальной защиты и детоксикации. Таким образом, только при увеличении концентраций в 10 раз (смесь 2) отмечено негативное аддитивное действие пестицидов на биохимические процессы у карповых рыб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Лукьяненко В.И. 1989. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. М.: Агропромиздат. 239 с.

Моисеенко Т.И. 2009. Водная экотоксикология. М.: Наука. 400 с.

Ракитский В.Н., *Синицкая Т.А.* 2004. Ассортиментный индекс пестицидной нагрузки территорий в системе социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. № 5. С. 38–40.

УДК 576.895.7 DOI 10.15853/978-5-902210-45-30

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛКИХ ТУВОДНЫХ РЫБ ПРОТИВ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ

Р.В. Бабуева, В.П. Ходырев

Н. с., к. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; Институт систематики и экологии животных СО РАН
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 11
Тел.: (383) 2-170-079. E-mail: vhodyrev@inbox.ru

КРОВОСОСУЩИЕ КОМАРЫ, ВЕРХОВКА, УКЛЕЙКА, ОБЫКНОВЕННЫЕ И ОЗЕРНЫЙ ГОЛЬЯНЫ, ЗОЛОТОЙ КАРАСЬ, СЕРЕБРЯНЫЙ КАРАСЬ, СИБИРСКАЯ ПЛОТВА, РОТАН

В разнотипных водоемах Западной Сибири впервые изучаются личинкоядные рыбы, элиминирующие кровососущих комаров. Это представители семейства Cyprinidae: верховка (*Leucaspis delineatus* Heckel), уклейка (*Alburnus alburnus* Linnaeus, 1758), гольян (*Phoxinus phoxinus,* Linnaeus, 1758), озерный гольян (*Phoxinus percnurus* Pallas, 1814), золотой карась (*Carassius carassius*, Linnaeus, 1758). Самым эффективным видом для борьбы с кровососущими комарами является верховка, она постоянно держится стаей, мобильная, питается с апреля до сентября при температуре воды от 3 до 25 °С, уничтожая свыше 1 т/га беспозвоночных насекомых на литорали от 3 см и глубже. В аквариуме при температуре 20 °С одна особь поедает за сутки от 45 до 50 экз. личинок комаров. Уклейка распределена в открытой зоне озер, стайный вид. Озерный гольян дополняет дневных личинкоядных рыб, питаясь в сумерки и предрассветные часы. Золотой карась активен в тростниковых зарослях. Гольян истребляет кровососов в ручьях Телецкого озера. Все виды могут быть использованы для контроля численности кровососущих комаров во временных водоемах.

THE USE OF SMALL RIVERINE RESIDENTIAL FISH AGAINST MOSQUITOES

R.V. Babueva, V.P. Khodyrev

Researcher, Ph. D.; senior scientist, Ph. D.; Institute of Systematics and Ecology of Animals Siberian Branch of RAS
630091, Novosibirsk, Frunze Str., 11
Tel.: (383) 2-170-079. E-mail: vhodyrev@inbox.ru

BLOOD-SUCKING MOSQUITOES, VERKHOVKA, BLEAK, COMMON AND LAKE MINNOW, CRUCIAN CARP, GOLDFISH, SIBERIAN ROACH

Eliminating mosquitoes larvivorous fishes have been examined for the first time in various water bodies of West Siberia. All these fishes are reprtesentatives of the family Cyprinidae: verkhovka (*Leucaspis delineates*), bleak (*Alburnus alburnus*), minnow (*Phoxinus phoxinus*), lake minnow (*Phoxinus percnurus*) and golden carp (*Carassius carassius*). Verkhovka has found the most effective species to fight against blood-sucking mosquitoe. It is mobile and permanent gregarious, feeding from April to September when the water temperature is 3–25 °C and can eliminate more than 1t/ha of insects in the intertidal zone in the depth >3 cm. In vitro conditions at the temperature 20 °C one fish eliminates 45–50 mosquito larvaes. In terms of aquarium at the temperature 20 °C one fish eliminates 45–50 mosquito larvae. Bleaks are gregarious too, they stay in open area of lakes. Lake minnow is one more species pretending for the same forage, although feeding at nightfall or predawn. Golden carp is active in the reed. Minnows eliminate blood-suckers in streams of Teletskoye Lake. All species can be used to control the population of mosquitoes in temporary ponds.

Мелкие туводные личинкоядные рыбы успешно используются для истребления популяций кровососущих комаров (Артемьев, 2002). На территории Юго-Западной Сибири нами проводились испытания по применению местных личинкоядных рыб. Цель настоящей работы состояла в изучении возможности эффективной деларвации водоемов с помощью туводных личинкоядных рыб 6 видов: верховка или овсянка (*Leucaspis delineatus* Heckel) (англ. verkhovka), уклейка (*Alburnus alburnus* Linnaeus, 1758) (англ. bleak), озерный гольян (*Phoxinus percnurus* Pallas, 1814) (Manchurian) (англ. lake minnow), обыкновенный гольян (*Phoxinus phoxinus,* Linnaeus, 1758) (англ. common minnow), золотой карась (*Carassius carassius*, Linnaeus, 1758) (англ. crucian karp) (Cyprinidae), ротан (*Perccotus glheni* Dybowski Eleotridae) (англ. Amur sleeper). Все виды могут быть предложены для деларвации во временных водоемах для элиминации кровососущих комаров.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Собран материал на естественных водоемах разного типа в Западной Сибири. Проведены опыты по элиминации водных гемипопуляций кровососущих комаров из временных водоемов вблизи новосибирского Академгородка. Для опытов отлавливали личинкоядную рыбу верховку, которую брали в карьере — маточном водоеме в поселке Матвеевка. При транспортировке рыбы использовали фляги объемом 36 л. Для временного содержания рыбопосадочного материала применялась емкость из нержавеющей стали объемом 7 м^3. Подкормку рыб осуществляли рыбоводными зерновыми гранулами.

Биоиндикация и отлов рыб производились ловушками из алюминиевой проволоки. Высота ловушки — 41 см, диаметр — 21 см, горловина — 13×8 см.

Для ускорения отлова рыб в естественных водоемах применяли подкормку марки «фаворит», при этом в ловушку помещали 2–3 шарика размером с голубиное яйцо.

Для дневного отлова верховки применяли экраноподъемники из 9 мм дели площадью 1 м^2, а также мелкоячеистый малявочник 1,5×1,5 м.

Плотность посадки верховки для подавления численности водных популяций комаров во временных водоемах составляла 0,5–1 м^2, при значительном зарастании травянистой и кустарниковой растительностью, и для предотвращения вылета имаго, плотность посадки рыб увеличивали до 3 экз. на 1 м^2. Плотность личинкоядных рыб в постоянных водоемах поддерживалась естественным путем (Мирзаева и др., 1995).

В работе использованы выборки, взятые в летний период с 2004 по 2015 гг. из десяти водоемов: р. Обь в районе пос. Матвеевка (100 экз.), Бердский залив (50 экз.), озера Астродым, Благодатное, Кротова Ляга, Хорошее Карасукско-Бурлинской системы (250 экз.), соровые системы Алтайский край (100 экз.), бассейн Телецкого озера (200 экз.), устье р. Каргат (100 экз.), река Чаус (50 экз.). Материал фиксировали 4%-м раствором формальдегида, после чего обработку проводили в лабораторных условиях. Определяли стандартную длину (SL), измерения выполняли по схеме Правдина (1966). Плодовитость была оценена у 100 самок. Возраст определяли по жаберным крышкам с использованием бинокуляра МБС-10. Питание анализировали по 100 экз. из реки Карасук и озер Благодатное, Астодым.

Учет численности водной фазы комаров проводили по общепринятой методике с помощью водного сачка и фотокюветы. Для учета имаго комаров использовали энтомологический сачок.

Изучение пищевого поведения верховки и ее врага, хищного ротана (*Perccotus glheni* Dybowski Eleotridae) (англ. Amur sleeper), проводилось в аквариумах объемом 100 л^3 и 10 л^3, куда соответственно помещалась разновозрастная верховка (2–4 года) в количестве 15 экз. Ротаны содержались в двух аквариумах по 100 л в количестве 2 мелких с абсолютной длиной 5 и 7 см и один крупный (возраст 5 лет) с абсолютной длиной 13 см. Анализ питания рыб в естественных водоемах проводился по вскрытым кишечникам: верховка — 100, уклейка — 25, озерный гольян — 50, золотой карась — 50, серебряный карась — 30 экз.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика ихтиофауны водоемов континентальных западно-сибирской и казахстанской зон, населенных личинкоядными рыбами

Сбор материалов проводился на озерно-речных водоемах Новосибирской, Омской областей и Алтайского края. Личинкоядные рыбы являются обитателями стоячих водоемов. В реках они представлены обычно в заливах и отмелях.

В Обь-Иртышском междуречье в относительно глубоководных (до 5 м глубины) озерах с благоприятным газовым режимом видовая структура коренных видов представлена щукой, окунем, язем, сибирской плотвой, золотым и серебряным карасями, озерным гольяном, сибирским пескарем. Акклиматизанты: лещ, сазан, судак; случайные акклиматизанты (инвазионные виды): уклейка, верховка. В пойменных водоемах, карьерах вблизи Оби, Оми, Ини, Берди обнаружен ротан. В озерах аборигенных ихтиоценозов окуневоплотвичный с биомассой ихтиофауны 94–102 кг/га (Бабуева, 1989). В бассейне Верхней Оби и Обском водохранилище ихтиофауна представлена 30 видами рыб и рыбообразных. Наиболее массовое развитие получили лещ, плотва, судак, окунь (Бабуева, 2001).

За счет акклиматизанта леща ихтиомасса озерно-речных водоемов повысилась на 10–12 кг/га. В водоемах, заселенных инвазионным видом верховкой, нарушена структура ихтиоценозов: так, в литоральной зоне Карасукской озерно-речной системы верховка составляет 25–50% ихтиомассы, караси — 38–40%, окунь — 18–21% (Бабуева и др., 1982). Ихтиофауна мелководных, заморных, промерзающих озер Обь-Иртышского междуречья ограничена озерным гольяном, золотым и серебряным карасем. Ихтиофауна водоемов этого типа достигает до 100 кг/га (Бабуева, 1989).

В стране и за рубежом показана высокая эффективность мелких личинкоядных рыб в борьбе с вод-

ными гемипопуляциями кровососущих комаров. Особенно ценно, что применение рыб в качестве биоагентов не загрязняет окружающую среду, как ядохимикаты, не требуется специального оборудования, и это относительно недорогой метод. В Западной Сибири нами впервые были обнаружены прожорливые виды-эврифаги верховка и уклейка, способные элиминировать личинок и куколок комаров (Бабуева и др., 1982; Бабуева, 1984). Эти виды наиболее успешно питаются в водоемах с прозрачной водой, поскольку, по Г.В. Никольскому (1963), они ориентируются с помощью органов зрения, а боковая линия (ll) представлена 7–9 прободенными чешуйками. Планктофаги стайные, легче находят корм и питаются более интенсивно.

Контроль за развитием фитопланктона осуществляет серебряный карась, интродуцированный из р. Амур в озера Алтайского края и бассейн озера Чаны в 90-х годах. Он успешно акклиматизировался, стал объектом промысла, дающего дополнительную ихтиомассу до 25–27 кг/га. Будучи, как и сибирская плотва, высокопластичным, этот вид легко приспосабливается к различным условиям обитания, в том числе питается фито- и зоопланктоном, бентосными организмами и водорослями (Егоров и др., 2014). Серебряный карась и плотва являются первым звеном в пищевой цепи после растений. При достижении высокой численности популяции потребителей цианид и фитопланктона существенно ускоряют круговорот веществ, предотвращают цветение и обеспечивают прозрачность воды. Они очищают водоемы от нитчаток и синезеленых водорослей (Цыбулин и др., 2007).

Особенности экологии личинкоядных рыб Западной Сибири

Случайные акклиматизанты водоемов Западной Сибири, как верховка и уклейка, быстро адаптировались в новых условиях и дали многочисленное потомство.

Размножение. Все личинкоядные виды — фитофилы, нерестующие весной.

Верховка становится половозрелой в 2–3 года. Самцы в возрасте 2 лет в среднем имеют абсолютную длину тела (SL.mm) 41,1±0,43. В нерестовой популяции преобладают самцы: В возрасте 2 лет самцы составляют 90–95%. Самки в основном созревают в 3 года при средней длине 51,5±6,5. Икрометание порционное, проходит при температуре свыше 18 °C с конца мая по август. Мелкая светло-желтая клейкая икра откладывается двойными строчками по 8–16 икринок. Кладки можно обнаружить на нижней поверхности листьев, затонувших прутьях, мертвых раковинах беззубки, стволах тростника. Абсолютная индивидуальная плодовитость самок — от 100 до 5590 икринок. Прозрачные личинки прячутся в подводных зарослях, при этом они становятся менее доступны хищникам. В нашем опыте выпуска половозрелых рыбок в небольшой карьер (длина 11 м, ширина 4 м) численность популяции возросла в 300 раз. В конце августа было обнаружено 4 поколения верховок.

В озере Хорошем Бурлинской системы, где нами впервые обнаружена личинкоядная уклейка, наблюдаются ее многочисленные косяки в прибрежной зоне. Половозрелая уклейка представлена особями 3–4 лет с длиной тела от 9 до 12,3 см и массой от 8,5 до 20 г. Отлов рыбы на мелководной литоральной зоне — Карасукско-Бурлинских водоемах — 10-метровым бреднем с кутком по методике АзЧерНИРО показал ихтиомассу личинкоядных рыб от 10 до 81 кг/га (Бабуева, 1984), что существенно ограничивает вылет имаго кровососов. Верховка, прожорливый эврифаг, способна уничтожить за летний сезон до 1т/га беспозвоночных (Babuyeva, 1990). Стаи верховки контролируют мелководье до самого уреза воды (глубина 3–5 см). Уклейка сосредоточена на глубине 50–150 см. Наличие истребителей личинок кровососущих комаров создает комфортные условия для населения.

Питание личинкоядных рыб

Верховка доминирует в литоральной зоне Карасукско-Бурлинской системы. Общая ихтиомасса (возраст 0–3 года) достигала 20–130 кг/га. Сеголетки и половозрелые рыбы питаются в стае, которая стабильно сохраняется длительное время. Летом основу питания верховки в пойме Оби составляют мелкие беспозвоночные, рачковый планктон (до 45–50%), мелкие имаго двукрылых (до 15% пищевого комка). По частоте встречаемости доминируют мелкие водные беспозвоночные (80%) и имаго двукрылых (69%). Очевидно, что верховка в период выплода личинок и куколок кровососущих комаров наряду с водными гемипопуляциями, истребляет имаго кровососов, еще находящихся на поверхности воды. На оз. Кривом Карасукской системы в июле в рационе верховки остракоды составляли 50% встречаемости, хидорусы — 25%, копеподы — 46%. Мелкие воздушные насекомые занимали значительную долю рациона — 33% встречаемости.

Учитывая стайное поведение, мобильность верховки и ее интенсивное питание, мы пришли к заключению, что верховка — самый лучший личинкоядный вид в Северном полушарии.

Уклейка обитает в Бурлинскй системе, где в оз. Хорошем она впервые была обнаружена. Эта рыба

успешно осваивает водоемы по всей системе, предпочитает открытую воду и редко заходит в заросли.

Золотой карась — единственный регулятор численности личинок комаров в зарослях тростника. На открытых плесах потребляет личинок комаров и поденок. Молодь золотого карася с длиной тела до 10 см — успешный стайный истребитель преимагинальных фаз комаров. Серебряный карась питается нитчатыми водорослями и мелкими личинками хирономид, очищает водоем от нитчатки, делает водную среду более прозрачной и доступной для туводных ларвифагов.

Озерный гольян во взрослом состоянии (от 2+ и старше) питается преимущественно животной пищей, однако в заболоченных озерах большую часть рациона составляет нитчатка (Бабуева, 1998). Средний индекс наполнения кишечников в преднерестовый период весной составляет 51,2 промилле. Из пищевых компонентов найдены: гаммарус (80% встречаемости), личинки и куколки хирономид (60%), битиния (36%), ручейники (33%). Степень наполнения кишечников по шкале Лебедева в дневные часы — 0–2, в ночные и предутренние — 3–5. Средний индекс наполнения — 61 промилле. В перид выплода личинок кровососущих комаров озерный гольян хорошо дополняет рыб ларвифагов в темное время суток. В питании озерного гольяна прослеживается сезонная смена пищи, она согласуется с циклом развития и доступностью гидробионтов.

Речной, или обыкновенный гольян, отловленный в ручьях Телецкого озера, питается мелкими беспозвоночными: хирономиды, личинки насекомых, олигохеты, моллюски, в том числе 30% компонентов корма составляли личинки кровососущих комаров, что позволяет считать речного гольяна активным ларвифагом.

Имеется определенный положительный опыт использования комплекса верховка+бактицид (биопрепарат на основе *Bacillus thuringiensis* ssp. *israelensis*) в условиях временных мелководных водоемов с кочкарником, а также в заросших растительностью местах выплода комаров. Эффективность комплексного применения биоагентов достигала 100%-й элиминации преимагинальной фазы кровососущих комаров (Ходырев, Бабуева, 2014).

Питание верховки и ротана в опыте

В июне 2015 г. был поставлен опыт в аквариумах по изучению особенностей питания верховки и ротана. Известно, что верховка является стайной рыбой и в условиях Сибири. В теплое время года активно питается в светлое время суток. Является самым эффективным истребителем кровососущих комаров. С целью создания комфортной зоны для населения в очагах выплода кровососов нами проведены опыты по зарыблению верховкой совместно с применением бактопрепаратов временных водоемов в парковой зоне ННЦ и клиники имени Мешалкина сотрудниками Института систематики и экологии СО РАН. В работе участвовали микробиологи, энтомологи, ихтиолог. В результате было установлено, что использование комлексного метода с биологическими агентами бактицид+верховка во временных водоемах позволило подавить популяции кровососущих комаров (Ходырев, Бабуева, 2014). Однако в связи с рыбоводными работами в водоемы Сибири проник опасный для водной экосистемы вид — дальневосточный ротан, головешка. Он был вселен рыбаками-любителями в карьер с маточным стадом верховки. В карьере, где обитала верховка, не было очагов лигулеза и описторхоза, что учитывалось при внедрении последней во временные водоемы с личинками кровососущих комаров. В 2015 г. нами зафиксировано, что ротан истребил верховку. Поскольку, по литературным данным, ротана использовали в европейской части СССР для борьбы с кровососущими и комарами, мы провели опыт по изучению особенностей питания верховки и ротана.

В аквариум поместили стайку из трехлетних верховок размером 6–7 см в количестве 15 экз. Их кормили личинками и куколками комаров. В стае одна особь потребляла за сутки 45–50 экз. комаров. Одноразовый опыт проведен с одновременной подачей личинок кровососущих комаров и другого белкового корма — яиц земляных муравьев. Рыбки сначала истребили комаров, а потом яйца муравьев, которые плавали на поверхности воды. Одиночная верховка, помещенная в аквариум объемом 10 литров, за сутки съела 20 личинок комаров.

Ротаны были помещены в два аквариума по 100 л. Мелких ротанов с абсолютной длиной тела 5 и 7 см до опыта кормили сушеным гаммарусом. В день опыта они получили 100 личинок и куколок кровососущих комаров. Корм был уничтожен за один час. Ротан с длиной тела 13 см (пятилетний самец в брачном наряде) получил 20 личинок комаров и 5 верховок с длиной тела 6–8 см. Верховки были проглочены за 10 минут, личинки комаров — нет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мелкие туводные виды ларвифаги успешно элиминируют водные фазы кровососущих комаров. В Западной Сибири в многочисленных постоянных водоемах разного типа водные гемипопуляции кровососущих комаров уничтожаются гольяном, озерным гольяном,

золотым карасем, инвазированными видами — верховкой и уклейкой. Наиболее результативные истребители комаров на равнинных водоемах — верховка (за сезон потребляет свыше т/га) и уклейка. В бассейне Телецкого озера обыкновенный гольян является единственным и достаточно эффективным элиминатором гемипопуляций кровососущих комаров.

Нами впервые показано, что мелкие личинкоядные рыбы Сибири, особенно верховка, уклейка, гольян, благодаря стайному образу жизни, — наиболее результативные истребители комаров. На постоянных водоемах Карасукско-Бурлинской системы верховка истребляет до 1 тонны на гектар беспозвоночных животных, что позволяло создавать фактически полную элиминацию преимагинальных фаз комаров.

Верховка в условиях аквариума, будучи в стае, лучше ориентируется на корм, чем одиночная особь вне стаи. В аквариуме стайка верховки на одну особь поедает 45–50 экз. личинок комаров. Вне стаи одна особь верховки уничтожает 20 личинок комаров. При одновременной подаче личинок комаров и яиц земляных муравьев подопытные рыбки сначала истребили личинок кровососущих комаров, а позднее — яйца муравьев.

Вредный для водной экосистемы вид ротан-головешка потреблял комаров с абсолютной длиной 5–7 см. Половозрелый ротан с абсолютной длиной 13 см питается только рыбой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Артемьев М.М. 2002. Опыт и перспектива использования личинкоядных рыб в борьбе с малярией. Европейское региональное бюро ВОЗ. Копенгаген. 176 с.

Бабуева Р.В. 1984. Уклейка в Бурлинской озерной системе // Заметки по фауне и флоре Сибири. Томск: ТГУ. С. 31–34.

Бабуева Р.В. 1989. Особенности интенсификации рыбного хозяйства на малых озерах Кулунды. Новосибирск: СО РАН. 61 с.

Бабуева Р.В. 1998. Озерный гольян Западной Сибири // Биологическое разнообразие животных Сибири. Сб. статей. Томск: ТГУ. С. 22–23.

Бабуева Р.В. 2001. Рыбы Новосибирской области. Новосибирск: Наука. 39 с.

Бабуева Р.В., *Изотов Г.П., Кривощеков Г.М*. 1982. Верховка в бассейне реки Карасук // Опыт комплексного изучения и использования Карасукских озер. Новосибирск: Наука. С. 204–207.

Егоров Е.В., *Ермолаев В.И., Зайцев В.Ф., Мильчакова Л.Б., Прусевич Л.С., Ростовцев А.А., Соусь С.М*. 2014. Озеро Сартлан (биологическая продуктивность и перспективы рыбохозяйственного использования). Тюмень: ФГУП «Госрыбцентр». С. 88–92.

Мирзаева А.Г., Глущенко Н.П., Ходырев В.П., Бабуева Р.В. 1995. О методах подавления численности кровососущих комаров в лесостепных районах Новосибирской области // Сибирский экологический журнал. № 5. С. 442–447.

Ходырев В.П., Бабуева Р.В. 2014. Влияние бактериального препарата и личинкоядных рыб на преимагинальные фазы кровососущих комаров в водных экосистемах юга Западной Сибири // Экология. № 4. С. 294–300.

Цыбулин С.М., Равкин Ю.С., Панов В.В., Бабуева Р.В. 2007. Позвоночные // Природа Академгородка: 50 лет спустя. Новосибирск: СО РАН. С. 166–178.

Babuyeva R.V. 1990. Use of fish for control of bloodsucking mosquito larvae. Bull. Soc. Fr. Parasitol. 8. Supp. 2. P. 1211.

УДК 574.586-574.55 DOI 10.15853/978-5-902210-45-31

МИКРООРГАНИЗМЫ В ЭКОСИСТЕМАХ РАЗНОТИПНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КАК ИНДИКАТОРЫ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Г.В. Ким, В.А. Золотарев

Мл. н. с., к. б. н., Институт водных и экологических проблем СО РАН
656038, Барнаул, Молодежная, 1
Тел., факс: (3852) 36-46-81. E-mail: kimg@iwep.ru
Ст. н. с., к. б. н., Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок, ИБВВ РАН
Тел., факс: (48547) 240-42. E-mail: forest753@gmail.com

ПЕРИФИТОН, ВОДОРОСЛИ, ПРОСТЕЙШИЕ, БИОИНДИКАЦИЯ, ТОКСИЧНОСТЬ, КАЧЕСТВО ВОДЫ

Микроорганизмы в перифитоне рек и озер отличаются от более крупных гидробионтов высокой скоростью метаболических процессов, темпами размножения, космополитным распространением. Для большинства видов водорослей и простейших известны экологические характеристики по отношению к минерализации, активной реакции среды, содержанию органических и токсичных веществ. В связи с этим сообщества микроперифитона являются перспективными в оценке экологического состояния разнотипных водных объектов и в разработке новых методов мониторинга.

MICROORGANISMS OF DIFFERENT AQUATIC ECOSYSTEMS AS INDICATORS OF WATER QUALITY

G.V. Kim, V.A. Zolotarev

Researcher, Ph. D., Institute for Water and Environmental Problems SO RAS
656038, Barnaul, Molodeznay Str., 1
Tel.: (3852) 36-46-81. E-mail: kimg@iwep.ru
Senior scientist, Ph. D., Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS
152742 Yaroslavl region, Borok
Tel., fax: (48547) 240-42. E-mail: forest753@gmail.com

PERIPHYTON, ALGAE, PROTOZOA, BIOINDICATION, TOXICITY, WATER QUALITY

The periphyton microorganisms in the rivers and lakes, when they being compared to larger hydrobionts, typically demonstrate higher rates of metabolic processes, higher reproduction rates and more cosmopolitan distribution. Ecological indexes to mineralization, active reaction of habitat, concentration of organic and toxic substances are known in case of majority of algae and protozoa species. In this connection the communities of the periphyton microorganisms look highly promising for assessment of ecological situation in various water bodies and constructing perspective instruments of on-line aquatic monitoring systems.

Одноклеточные организмы находятся в основании «энергетической пирамиды» водных экосистем и составляют существенную часть биомассы гидробиоценозов. Количественные характеристики сообществ одноклеточных непосредственно зависят от содержания в воде органических веществ, трофности водоемов. Простейшие и водоросли перифитона являются одной из перспективных биоиндикационных групп в мониторинге водных объектов. Это связано с их короткими жизненными циклами и обилием прикрепленных форм на твердых субстратах конкретных участков водного объекта, что является основой для получения быстрого отклика и интегральной оценки изменения состояния водного объекта в результате как естественных, так и антропогенных воздействий. Помимо этого, комплексное использование в биоиндикации фототрофов (водоросли) и гетеротрофов (простейшие) как элементов сообществ позволяет повысить экологический реализм оценки происходящих в водных экосистемах изменений.

Космополитное распространение многих микроорганизмов дает возможность для экстраполяции данных и прогнозирования изменений в водных объектах разных географических регионов. Интенсивность процессов метаболизма в микробных пищевых сетях создает основу для эффективного само-

очищения водоемов и целенаправленного их применения в практических целях. Известны методы биологической очистки водных объектов с использованием как непосредственно микроорганизмов, так и в комплексе с макрофитами и водными беспозвоночными (Патенты: http://www.findpatent.ru/patent/222/2220922.html). Помимо этого, осознание более высоких продукционных возможностей микроводорослей и простейших по сравнению с макрофитами и крупными водными беспозвоночными позволяет внести корректировку в оценку трофического статуса водных объектов. Все вышеназванное стимулирует появление новых методов, необходимых для теоретического анализа экологических данных и их практического применения.

На наш взгляд, одной из характерных особенностей перифитона как экотопической группировки гидробионтов является существование первичной сукцессии (tabula rasa — «с чистого листа»), которая, в отличие от аналогичных процессов вне перифитали, скажем, колонизации стерильного грунта, характеризуется наличием на ранних стадиях сукцессии прикрепленных микроскопических пионерных организмов, таких как нанофлагелляты и другие простейшие-фильтраторы (Золотарев, 2012, 2013).

Цель данной работы — систематизировать информацию о водорослях и простейших перифитона в водных объектах разных географических регионов как «комплексных» индикаторах экологического состояния водотоков и водоемов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Анализ структуры сообществ микроводорослей каменистого субстрата (фитоэпилитона) Телецкого озера, 9 высокогорных озер, 30 горных водотоков бассейнов рек Бия, Катунь, включая и эти крупнейшие водные артерии, 7 предгорных водотоков бассейнов рек Катунь, Чарыш, Алей (1989–2010 гг.) проводили с использованием стандартных гидробиологических и альгологических методов (Руководство.., 1992). Качество воды оценивали по процентному содержанию видов-индикаторов галобности, pH, растворенного органического вещества, сведения о которых были взяты из литературных источников (Баринова и др., 2006), индексу сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека (Унифицированные.., 1977, 1983), процентному содержанию цианопрокариот, процентному содержанию деформированных створок диатомовых водорослей. Для сравнения использованы гидрохимические данные за этот период, любезно предоставленные сотрудниками ИВЭП СО РАН (г. Барнаул).

Отбор проб простейших перифитона производили на разнотипных озерах Карелии и Дарвинского заповедника, в Рыбинском водохранилище и экспериментальных экосистемах (Жуков, Золотарев, 1992; Золотарев, 1985; Золотарев, Жуков, 1994). Методы исследования построены на прижизненных наблюдениях с использованием контрастирования (Золотарев, Мыльникова, Мыльников, 2011; Золотарев, Косолапова, 2005). Возможность изучать сообщества живых простейших основана на (1) использовании искусственных субстратов — стеклянных пластин стандартного размера (76×26 мм), устанавливаемых в водоеме и (2) на трансплантации сообществ. Последний метод состоит в том, что водные растения или грунт помещают в баночки (250–500 мл) под поверхностью воды, доставляют в лабораторию, где в эти же емкости устанавливают стеклянные пластины. Уже на следующие сутки на них возникает сообщество микроорганизмов. И в первом, и во втором случаях уместен термин «модельные сообщества перифитона». В лаборатории можно наблюдать сукцессию перифитона на искусственных субстратах, при этом процесс обрастания происходит быстрее, чем в природе, и наблюдаются достоверные различия в пробах, отобранных на загрязненных и чистых участках водоема. В начальной стадии обрастания чистых субстратов доминируют одноклеточные организмы, главным образом нанофлагелляты (Золотарев, 2012).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В фитоэпилитоне водоемов и водотоков горной и предгорной частей бассейна Верхней Оби из 628 видов водорослей из 9 отделов наиболее разнообразно были представлены диатомовые (262 вида), зеленые (136) водоросли и цианопрокариоты (178). Видовое разнообразие цианопрокариот превышает таковое зеленых водорослей в 1,3 раза. Но связано это исключительно с нестабильностью среды обитания в горных водотоках и литорали горных озер (ежесуточным колебанием уровня воды, высокой скоростью течения, ветроволновой деятельностью) (Ким, 2015). Цианопрокариоты, как организмы более физиологически устойчивые, например, к высыханию, получили преимущество над зелеными водорослями в таксономическом разнообразии. По численности же они редко становятся доминантами в сообществах.

Спектр видов-индикаторов отражает низкую минерализацию воды и слабощелочную реакцию среды, что соответствует результатам гидрохимического анализа. Общая минерализация воды в водных объектах предгорной части бассейна составляла 80,0–568,0 мг/дм^3, горной — 12,0–300,0 мг/дм^3. Соответ-

ственно, в фитоэпилитоне предгорных водотоков была выявлена более высокая доля галофилов и мезогалобов (14,2%) по сравнению с горными (10,1%). В спектре водорослей-индикаторов активной реакции среды во всех водных объектах преобладали алкалифилы и алкалибионты по сравнению с ацидофилами, поскольку значения pH находились в пределах 7,40–8,65. В многолетнем аспекте состав и структура альгоценозов каменистого субстрата не отличались от таковых в 1902–1963 гг. (Скворцов, 1930; Воронихин, 1940; Порецкий, Шешукова, 1953; Якубова, 1961; Левадная, 1970), также как и гидрохимические характеристики (Алекин, 1934; Иоганзен и др., 1950; Селегей, Селегей, 1978; Малолетко, 2007).

В обрастаниях макрофитов в водоемах Карелии выявлено 19 видов жгутиконосцев (до 7 видов в одной пробе). На стеклянных же пластинах было отмечено 46 видов нанофлагеллят (до 18 видов в одной пробе). На малых реках получено аналогичное соотношение числа видов на естественных и искусственных субстратах. Точный количественный учет простейших на макрофитах и других естественных субстратах также невозможен. В связи с методическими особенностями исследования простейших, мы пришли к выводу о том, что соскобы с субстратов не дают точной картины сообществ. Для более полного выявления видового разнообразия простейших, их количественного учета необходимо использовать искусственные субстраты.

Виды водорослей каменистого субстрата, являющиеся индикаторами содержания органического вещества, отражают изменение его содержания в результате как естественных причин, так и в результате антропогенного воздействия. Горные водотоки и озера бассейнов рек Бия, Катунь, Чарыш, Алей по индексу сапробности (0,5–1,6) и по гидрохимическим показателям (NO_3^- — 0,03–0,80 мг/дм^3, PO_4^{3-} — 0,005–0,08 мг/дм^3) характеризуются как предельно, очень и вполне чистые (классы I, II (разряды 2а, 2б)). Но в апреле–мае и сентябре–октябре отмечено повышение индекса сапробности и, соответственно, увеличение содержания растворенных органических веществ (III класс, разряды 3а, 3б). Возможной причиной является их поступление в реки и озера в результате смыва с территории водосборных бассейнов в периоды половодья и паводков. Вода рек в предгорной части названных выше бассейнов, напротив, характеризуется повышенным содержанием органического вещества в результате антропогенной деятельности (класс качества III, разряды 3а, 3б), поскольку они относятся к территориям с пониженной и высокой (4–5 баллов) степенью антропогенной нагрузки (Рыбкина и др., 2011).

Еще одним показателем, используемым для оценки качества воды как в мировой практике, так и применимым для водных объектов бассейна Верхней Оби, является процент деформированных створок диатомовых водорослей. Деформация створок диатомей была связана с высоким содержанием тяжелых металлов и пестицидов. Так, в притоках р. Катунь, дренирующих ртутное месторождение, отмечены высокие концентрации ртути в толще воды (до 35,0 мкгHg/дм^3) и донных отложениях (до 332,0 мкгHg/г) (Папина, Третьякова, 1990). На соответствующих участках водотоков в фитоэпилитоне доля деформированных створок диатомовых водорослей (*Fragilaria* sp., *Synedra* sp., *Gomphonema olivaceum* (Lyngb.) Kütz., *Diatoma elongatum* var. *tenuis* (Ag.) V.H., *Diatoma vulgare* Bory) составляла 4,5–50,0%. Высокая доля аномальных створок отмечена также на некоторых участках вдоль береговой линии Телецкого озера. Так, в месте складирования пестицидов у п. Артыбаш, в поверхностном слое почвы содержание ДДТ достигало 750,37 мг/кг, в донных осадках — 1,27 мг/кг (Куликова-Хлебникова, 2013), а доля аномальных створок диатомовых водорослей (*Cocconeis* sp., *Cymbella* sp., *G. olivaceum*, *Synedra pulchella* var. *lacerata* Hust., *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr., *Synedra* sp.) — 56,0%. Данные показатели значительно превышают фоновый уровень частоты морфологических аномалий у водорослей (1–2%) (Ким, 2013).

Сообщества простейших также являются довольно чувствительными индикаторами изменения гидрохимических параметров водоемов. При этом они демонстрируют высокую специфичность к действию органических, токсических веществ, закисления и, возможно, наночастиц, что становится актуальным с развитием нанотехнологий. Изменение биоразнообразия сообществ простейших может служить ранним сигналом о любых неблагоприятных воздействиях на водоем. Незначительные, «мягкие» перемены в биоценозе начинаются с микромира. Благодаря быстрой смене поколений микроорганизмов, изменения в структуре биоценоза лавинообразно нарастают и приобретают все более необратимый характер (принцип триггера).

Эксперименты, поставленные нами в микро- и мезокосмах с различными концентрациями тяжелых металлов и нефтепродуктов, показали высокую чувствительность флагеллят к сублетальным (прижизненным) концентрациям токсичных веществ (Жуков, Золотарев, 1992).

Подобные методы позволяют различать трофность водоемов и влияние токсичных веществ, а также наночастиц и закисления водоемов. Нами предложены индекс перифитонных флагеллят (IPF) как показатель органических загрязнений и трофности, а также индекс сублетальной токсичности (Золотарев, 2012):

$IST=N_s/(N_a+1)$,

где N_s — численность прикрепленных инфузорий (Sessilida), N_a — численность лобозных амеб (Amoebozoa). Значение индекса (1–0) уменьшается с увеличением токсичности воды.

Отмечена высокая интенсивность фотосинтеза фитоэпилитона в горной части бассейна Верхней Оби. В Телецком озере она достигает 139,7 мгO_2/м^2 в час, значение суточного P/B-коэффициента, характеризующего интенсивность функционирования единицы биомассы — 4,1. По приблизительным расчетам, за семь месяцев открытой воды (апрель–октябрь) продукция фитоэпилитона литоральной зоны озера от уреза воды до изобаты 12 м составляла: средняя — 4066,0 т С, максимальная – 22 769,6 т С (Ким, 2015). Для сравнения, величина годовой продукции макрофитов Телецкого озера равна 765 т С (Кириллов и др., 2010).

Интенсивность процессов метаболизма водорослей создает основу для интенсивного самоочищения водных объектов, поскольку происходит активное поглощение водорослями перифитона растворенных в воде веществ, в том числе загрязняющих. Например, содержание ртути в водорослях каменистого субстрата горных водотоков бассейна р. Катунь, дренирующих ртутное месторождение, достигает 49 мкг/г. Коэффициент накопления ртути водорослями в 1,3–3,3 раза превышает таковой у зообентоса (Эйрих, 1999).

Выявлена незначительная зависимость величины биомассы водорослей перифитона от температуры в пределах 0,1–19 °С в водных объектах горной и предгорной частей бассейна Верхней Оби. При температуре воды 0,1 °С биомасса водорослей составляет 252 г/м^2, при 5 °С — 585 г/м^2, при 19 °С — 24 г/м^2 (Ким, 2015). Можно сделать предположение, что в период понижения интенсивности физических и химических факторов самоочищения в осеннюю и зимнюю межень в водных объектах данного региона происходит увеличение роли биологического фактора самоочищения. Сходные результаты получены в зимних исследованиях простейших перифитона (Золотарев, Жуков, 1994).

При сопоставлении изменений, происходящих параллельно на автотрофном и гетеротрофном уровнях при однотипном характере загрязнения водного объекта, отмечено следующее:

– при понижении значений pH (закислении) среди водорослей увеличивается доля ацидофилов, среди простейших — доля специфичных прикрепленных форм;

– при увеличении содержания в воде органического вещества среди водорослей повышается доля бета-альфа-, полисапробов (соответственно, повышается индекс сапробности), среди простейших повышается доля подвижных форм;

– при увеличении содержания в воде тяжелых металлов и других токсичных веществ наблюдается деформация клеток водорослей и увеличение доли подвижных амеб.

Таким образом, изменение структуры сообществ микроскопических организмов при незначительном загрязнении водного объекта связано с изменением состава видов водорослей-индикаторов определенного типа загрязнения и во всех случаях загрязнения сопровождается увеличением доли подвижных видов простейших.

Кроме того, отмечен высокий уровень метаболизма как автотрофных, так и гетеротрофных микроорганизмов даже при невысоких температурах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сообщества микроскопических водорослей и простейших, развивающихся на твердом субстрате, являются (1) информативными сообществами, перспективными в оценке экологического состояния разнотипных водных объектов, (2) использование данных по продуктивности микроорганизмов позволяет внести уточнение в определение их трофического статуса, (3) высокая интенсивность функционирования микроорганизмов даже при незначительной температуре (до 20 °С) является основой эффективного самоочищения и целенаправленного использования водорослей и простейших в очищении водных объектов.

Таким образом, методы биомониторинга и биотестирования с использованием таких микроорганизмов как водоросли и простейшие перифитона естественных субстратов, микрокосмов и «модельных сообществ перифитона», наиболее рентабельны для ранней диагностики антропогенных воздействий на водоемы. В настоящее время методы с использованием сообществ микроперифитона успешно работают в государственной системе мониторинга водных ресурсов Китая, а также используются в США, Корее и других странах. Нами предложены новые показатели оценки трофности и токсичности водной среды на уровне сообществ, подтвержденные патентами

(Золотарев, 1986, 1991). В дальнейшей разработке систем онлайн-мониторинга водной среды, несомненно будет продолжаться тенденция к миниатюризации методов сбора данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алекин О.А. 1934. К исследованию притоков Телецкого озера // Исследования озер СССР. Тр. ГГИ. Вып. 7. С. 101–120.

Баринова С.С., *Медведева Л.А.*, *Анисимова О.В.* 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Ин-т эволюции ун-та Хайфы. 498 с.

Воронихин Н.Н. 1940. Микрофитобентос Телецкого озера и некоторых притоков // Споровые растения. Вып. 4. С. 237–245.

Жуков Б.Ф., Золотарев В.А. 1992. Жгутиконосцы перифитона в экспериментальных экосистемах // Биология внутренних вод. № 91. С. 35–38.

Золотарев В.А. 1985. Микрозооперифитон некоторых водоемов Карелии. 1. Видовой состав // Биология внутренних вод. № 68. С. 19–21.

Золотарев В.А. 1986. Способ биологической оценки качества воды // Патент 1237137 РФ.

Золотарев В.А. 1991. Способ оценки токсичности воды // Патент 1489371 РФ.

Золотарев В.А. 2012. Микробиальные сообщества и микрокосмы: функциональные модели // Успехи наук о жизни. № 4. С. 51–63.

Золотарев В.А. 2013. Экологические функции воротничковых жгутиконосцев в связи с гидрохимическими параметрами водоемов // Вода: химия и экология. № 3 (57). С. 41–44.

Золотарев В.А., Жуков Б.Ф. 1994. Индикаторные сообщества микроперифитона разнотипных закисленных озер // Труды Института биологии внутренних вод РАН. № 70 (73). С. 144–149.

Золотарев В.А., Косолапова Н.Г. 2005. Фауна и биология гетеротрофных жгутиконосцев пресноводного перифитона // Вестник Тюменского гос. ун-та. № 5. С. 62–70.

Золотарев В.А., Мыльникова З.М., Мыльников А.П. 2011. Ультратонкое строение амебоидного жгутиконосца Thaumatomastix sp. (Thaumatomonadida (Shirkina) Karpov, 1990) // Биология внутренних вод. № 3. С. 15–21.

Иоганзен Б.Г., Гундризер А.Н., Загороднева Д.С., Круглова В.М. 1950. Водоемы бассейна реки Чульчи // Тр. Том. гос. ун-та. Т. III. С. 21–50.

Ким Г.В. 2013. Морфологические аномалии диатомовых водорослей фитоэпилитона как индикаторы качества воды водотоков и водоемов Горного Алтая // Мир науки, культуры, образования. № 5 (42). С. 444–449.

Ким Г.В. 2015. Фитоэпилитон водотоков и водоемов горной и предгорной частей бассейна Верхней Оби: Автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.02.10. Новосибирск. 22 с.

Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Ким Г.В., Кириллова Т.В., Котовщиков А.В., Соколова М.И. 2010. Значимость литоральных фитоценозов в первичной продукции Телецкого озера // Материалы Третьей Всерос. конф. с межд. участием «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов» (Барнаул, 24–28 августа 2010 г.). Барнаул: АРТ. С. 113–116.

Куликова-Хлебникова Е.Н. 2013. Хлорорганические пестициды в природных средах на территории Республики Алтай: Автореф. дис. … канд. геогр. наук: 25.00.36. Томск. 19 с.

Левадная Г.Д. 1970. Водорослевые обрастания в Верхней Оби // Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. Ч. 1. № 3. Новосибирск: Наука. С. 58–61.

Малолетко А.М. 2007. Телецкое озеро по исследованиям 1973–1975 гг. Томск. 224 с.

Папина Т.С., Третьякова Е.И. 1990. Гидрохимические и химико-аналитические работы по исследованию водных экосистем р. Катуни и ее притоков // Материалы общ.-науч. конф. «Катунский проект: проблемы экспертизы»: (Новосибирск, 13–15 апреля 1990 г.). Новосибирск. С. 15–22.

Патенты. [Электрон. ресурс] / Режим доступа http://www.findpatent.ru/patent/222/2220922.html).

Порецкий В.С., Шешукова В.С. 1953. .Диатомовые Телецкого озера и связанных с ним рек // Диатомовый сборник. Л.: Ленингр. гос. ун-т. С. 107–172.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. 1992. СПб.: Гидрометеоиздат. 318 с.

Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю. 2011. Методика зонирования территории речного бассейна по совокупной антропогенной нагрузке (на примере Обь-Иртышского бассейна) // Водное хозяйство России. № 4. С. 42–52.

Селегей В.В., Селегей Т.С. 1978. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Телецкое озеро. Л.: Гидрометеоиздат. 141 с.

Скворцов Б.В. 1930. Материалы по флоре водорослей азиатской части СССР. 1. О фитопланктоне оз. Телецкого // Журнал Русск. ботан. о-ва. Т. 15. Вып. 1–2. С. 91–92.

Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. Атлас сапробных организмов. 1977. М.: Наука. 227 с.

Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. 1983. М.: Наука. 371 с.

Эйрих С.С. 1999. Особенности распределения и миграции ртути в водных экосистемах бассейнов рек Катуни и Томи: Автореф. дис. … канд. хим. наук: 11.00.11. Барнаул. 22 с.

Якубова А.И. 1961. Основные черты водорослевой растительности р. Оби в ее верхнем течении // Тр. БИН СО АН СССР. Вып. 7. С. 65–79.

УДК 574.52 DOI 10.15853/978-5-902210-45-32

БЕНТОФАУНА В БАЗОВЫХ ВОДОЕМАХ ЛОСОСЕВЫХ РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДОВ В ПЕРИОД ПЕРЕД ВЫПУСКОМ МОЛОДИ 2014 ГОДА

А.С. Тишина

Северо-Восточное бассейновое управление по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов
683009, Петропавловск-Камчатский, ул. Академика Королева, 58
Тел., факс: (4152) 30-04-12. E-mail: a.tishina@rybvod.kamchatka.su

БЕНТОФАУНА, БИОМАССА, ВЫПУСКНЫЕ ВОДОЕМЫ, КОРМОВОЙ ЗООБЕНТОС, МОЛОДЬ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕВЫХ, ЧИСЛЕННОСТЬ

В работе представлены результаты исследования структуры сообществ донных беспозвоночных, проводившиеся с конца мая до середины июня 2014 г. в базовых водоемах лососевых рыбоводных заводов на территории Камчатского края, преимущественно перед выпуском заводской молоди. Было отмечено 9 таксонов насекомых, в том числе 8 амфибиотических, на разных стадиях метаморфоза, 1 таксон водных клещей, 2 таксона ракообразных, а также представители Oligohaeta, Nematoda, Planaria. По численности (до 88,9%) и в большинстве случаев по биомассе (до 82,2%) доминировали личинки амфибиотических насекомых.

THE BENTHIC FAUNA OF THE BASIC RESERVOIR OF SALMON HATCHERIES IN THE PERIOD BEFORE THE RELEASE OF JUVENILES 2014

A.S. Tishina

North-East basin department for fisheries and conservation of water biological resources
683009, Petropavlovsk-Kamchatsky, Academician Korolev St., 58
Tel.: (4152) 30-04-12. E-mail: a.tishina@rybvod.kamchatka.su

BENTHOS FAUNA, BIOMASS, RECEIVING WATERS, FORAGE ZOOBENTHOS, JUVENILE PACIFIC SALMON, ABUNDANCE

The paper presents the results of a study of community structure of benthic invertebrates, conducted from late May to mid-June 2014 the basic reservoirs salmon hatcheries on the territory of Kamchatka, mainly before releasing hatchery. It was noted 9 taxa of insects, including 8 amphibiotic, at different stages of metamorphosis, 1 taxon of water mites, crustaceans 2 taxa, as well as representatives Oligohaeta, Nematoda, Planaria As the number (up 88.9%) and in most cases, biomass (to 82.2%) dominated the larval aquatic insects

На Камчатке в настоящее время действуют пять заводов по искусственному разведению тихоокеанских лососей (далее по тексту ЛРЗ — лососевый рыбоводный завод). Два из них расположены в бассейне р. Большой («Озерки» и Малкинский), три — в бассейне Авачинской губы (Паратунский экспериментальный, «Кеткино» и Вилюйский).

Выживаемость заводской молоди тихоокеанских лососей зависит, в первую очередь, от кормовых условий в выпускных водоемах. Из многочисленных источников (Сынкова, 1950; Леванидов, Леванидова, 1957; Куренков, 1964; Чебанова, 2002; Введенская и др., 2003, 2004) известно, что пищей молоди тихоокеанских лососей в камчатских водоемах являются разнообразные амфибиотические насекомые и ракообразные. Среди первых ведущую роль занимают комары-звонцы (хирономиды) на разных стадиях метаморфоза. В 2014 г. в мае–июне перед выпуском молоди лососей были проведены исследования бентофауны в базовых водных объектах лососевых рыбоводных заводов «Кеткино», «Озерки», Паратунский ЛРЗ, Малкинский ЛРЗ и Вилюйский ЛРЗ.

Цель настоящего сообщения — дать таксономическую и количественную оценку бентофауны в целом и кормовой ее части в базовых водоемах рыбоводных заводов непосредственно перед выпуском молоди в них.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Бентос — это совокупность организмов, обитающих на грунте и в грунте водоемов (Введенская, 2007). Подразделяется на зообентос и фитобентос. Зообентос большей частью представлен прикрепленными или медленно передвигающимися, или роющимися в грунте животными. Зообентос внутренних водоемов условно делят на три группы: макробентос (более 2–3 мм), мезобентос (0,5–3 мм), микробентос (менее 0,5 мм). К кормовому зообентосу относится макро- и мезобентос. Состав бентосных беспозвоночных в нерестовых реках Камчатки довольно разнообразный. По данным трофологических исследований, пищей молоди лососей служат в основном такие организмы, как личинки хирономид, поденки, веснянки, лимонииды и другие амфибиотические насекомые. В меньшей степени — водные клещи, планарии и ракообразные, потому что они обитают исключительно на дне и не участвуют в дрифте. Случайно или при крайне неблагоприятных условиях в пище появляются такие организмы, как олигохеты, нематоды.

Пробы бентоса отбирали в базовых водоемах ЛРЗ в мае–июне 2014 г.

Паратунский экспериментальный ЛРЗ (ЭПЛРЗ) выпускает подрощенную молодь кеты и кижуча в руч. Трезубец протяженностью около 1 км. Пройдя по ручью, молодь попадает в пруд площадью около 1500 м^2 (длина и ширина 50 и 30 м соответственно). Здесь молодь некоторое время адаптируется к внешним условиям, после чего скатывается в р. Карымшину (приток р. Паратунки). Для определения кормовой базы заводских рыб был обследован донный биотоп руч. Трезубец. Отбор проб бентоса проводили 28 мая 2014 г. на одной станции. Грунт в месте отбора пробы состоял из ила, песка, искусственного намыва и камней разных размеров. Температура воды в ручье при взятии пробы составляла 7,1 °С, pH — 7,6.

На ЛРЗ «Кеткино» выпускают подрощенную молодь кеты в кл. Зеленовский, по которому молодь скатывается в р. Пиначевскую. Отбор проб бентоса проводили 20 мая 2014 г. в р. Пиначевской на двух станциях. Станция 1 находилась на расстоянии 1,5 м от берега. Грунт в месте отбора пробы состоял из песка, а также мелких и средних камней. Скорость течения — 0,2–0,3 м/с. Преобладающая водная растительность — калужница болотная и шелковник. Температура воды в реке — 5,2 °С, pH — 7,5. Станция 2 находилась на расстоянии 2 м от берега. Грунт состоял преимущественно из крупных камней. По температуре, кислотности и скорости течения станции не различались.

На ЛРЗ «Озерки» выпускают подрощенную молодь кеты и нерки в р. Плотникова. Отбор проб бентоса проводили в реке 20 мая 2014 г. на двух станциях. Станция 1 находилась на расстоянии 1,2 м от берега. Температура воды составляла 3,6 °С и являлась самой низкой, по сравнению с остальными обследуемыми водоемами. Грунт представлен камнями разных размеров и булыжниками. Скорость течения составляла 0,6–0,7 м/с, pH — 8,3. Станция 2 находилась на расстоянии 1,5 м от берега. Температура воды составляла 3,7 °С, pH — 7,8, грунт состоял из песка и мелких камней. Скорость течения на данной станции была 0,4–0,5 м/с.

Малкинский ЛРЗ выпускает подрощенную молодь нерки и чавычи в р. Ключевку. Отбор проб бентоса проводили 13 мая 2014 г. на двух станциях. Станция 1 находилась на расстоянии 1,7 м от берега. Грунт составляли камни разных размеров, песок. Температура воды составляла 7,0 °С, скорость течения — 0,5–0,6 м/с. Во время отбора пробы был отмечен массовый вылет мелких веснянок. Станция 2 находилась на расстоянии 0,5 м от берега. Грунт состоял из камней разных размеров, песка и примеси ила. По температуре и скорости течения станции не различались.

На Вилючинском ЛРЗ выпускают двухлетков кижуча в оз. Большой Вилюй. Отбор проб проводили 9 июня 2014 г. на двух станциях. Станция 1 находилась на расстоянии 1,5 м от берега. Температура воды была 12,3 °С. Грунт в месте отбора проб представлен крупнозернистым песком с мелкими заиленными камнями, pH — 9,0. Станция 2 находилась в устье протоки, соединяющей озеро и Авачинский залив. Грунт состоял из ила. Преобладающая прибрежная растительность — в виде густого осота с выходом сереводорода. Температура воды в месте отбора пробы составила 14,3 °С.

Пробы отбирали по стандартным методикам (Тинова, 2003) бентометром с площадью облова 0,057 м^2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Паратунский ЛРЗ

В бентосе руч. Трезубец основными обитателями являлись личинки хирономид (табл. 1). В ручье численность и биомасса организмов бентоса составила 7,2 тыс. экз./м^2 и 19,4 г/м^2 соответственно. Большую

Таблица 1. Состав, численность и биомасса зообентоса в руч. Трезубец, %

Таксон	Численность, %	Биомасса, %
Chironomidae larvae	60,0	67,0
Empididae larvae	0,7	13,6
Limoniidae larvae	4,4	0,7
Tipulidae larvae	0,2	0,9
Oligochaeta	9,0	2,4
Harpacticoida	10,0	9,8
Nematoda	15,3	5,7

долю зообентоса составлял кормовой зообентос (75% от общей численности и 92% от общей биомассы) — 5,5 тыс. экз./м^2 и 17,8 г/м^2 соответственно.

ЛРЗ «Кеткино»

Пробы бентоса были отобраны в р. Пиначевской на двух станциях. Станция 1 была расположена на расстоянии около 150 м от ЛРЗ. Массовыми представителями зообентоса на этой станции являлись личинки хирономид — 81,4% от численности бентоса (табл. 2). Численность и биомасса зообентоса составила 272,1 тыс. экз./м^2 и 163,8 г/м^2, а кормового — 230,4 тыс. экз./м^2 и 139,1 г/м^2 соответственно.

На станции 2, также как и на станции 1, массовыми представителями беспозвоночных организмов являлись личинки хирономид. Численность и биомасса составила 61,5 тыс. экз./м^2 и 58,6 г/м^2, а кормового зообентоса — 49 тыс. экз./м^2 и 50,7 г/м^2 соответственно.

ЛРЗ «Озерки»

Пробы были отобраны на двух станциях в р. Плотникова. На станции 1 по численности (88,9%) и биомассе (59,7%) преобладали личинки хирономид (табл. 3). Численность и биомасса зообентоса составили, соответственно, 22,9 тыс. экз./м^2 и 17,7 г/м^2, кормового зообентоса — 21,5 тыс. экз./м^2 и 16,5 г/м^2.

На станции 2 также численно (64,8%) и по биомассе (37,1% или 58,2 г/м^2) преобладали личинки комаров-звонцов, однако вторую ступень по величине биомассы занимали олигохеты, а именно дождевые черви (35,2% или 55,1 г/м^2), но они не входят в состав кормового зообентоса молоди тихоокеанских лососей. Общая численность и биомасса организмов зообентоса составила 61,6 тыс. экз./м^2 и 156,7 г/м^2, кормовых организмов — 49,4 тыс. экз./м^2 и 84,2 г/м^2 соответственно.

Малкинский ЛРЗ

В р. Ключевке пробы отобрали на двух станциях в нижнем течении, перед впадением в р. Быструю. В данном биотопе также по численности преобладали личинки хирономид (81,9% или 46,4 тыс. экз./м^2), а по биомассе — дождевые черви (42,4% или 35,2 г/м^2) (табл. 4). Численность и биомасса зообентоса составили 56,6 тыс. экз./м^2 и 166,9 г/м^2; численность и биомасса кормовых организмов — 53 тыс. экз./м^2 и 88 г/м^2 соответственно.

Таблица 2. Состав, численность и биомасса зообентоса в р. Пиначевская, %

Таксон	Станция 1		Станция 2	
	Численность, %	Биомасса, %	Численность, %	Биомасса, %
Chironomidae larvae	81,4	47,5	74,5	56,0
Chironomidae pupae	0,4	1,4	0,2	18,0
Empididae larvae	+	0,5	0,1	0,3
Limoniidae larvae	+	0,9	0,0	0,0
Simuliidae	0,06	0,5	0,2	0,4
Oligochaeta	14	12,9	12,8	5,5
Plecoptera	0,6	26,5	1,0	2,0
Ephemeroptera	0,7	1,8	0,3	1,0
Harpacticoida	1,0	4,1	3,2	8,3
Nematoda	1,3	2,2	7,4	7,8
Hydracarina	0,0	0,0	0,2	0,2
Planaria	0,5	1,7	0,1	0,4

Примечание: + — менее 0,1%

Таблица 3. Состав, численность и биомасса зообентоса в р. Плотникова, %

Таксон	Станция 1		Станция 2	
	Численность, %	Биомасса, %	Численность, %	Биомасса, %
Chironomidae larvae	88,9	59,7	64,8	37,1
Chironomidae pupae	0,0	0,0	0,8	0,2
Empididae larvae	0,2	0,3	+	+
Limoniidae	0,0	0,0	1,0	2,7
Simuliidae	0,2	0,2	0,0	0,0
Oligochaeta	1,8	0,6	4,3	5,4
Lumbricidae	0,0	0,0	1,5	35,2
Plecoptera	1,8	6,7	1,3	0,6
Ephemeroptera	0,3	2,9	0,2	+
Hydracarina	0,5	1,2	0,2	0,4
Harpacticoida	2,1	6,9	12,2	12,0
Nematoda	4,1	5,2	14,0	5,7
Planaria	0,1	9,9	0,03	0,1
Trichoptera	0,1	1,4	0,8	0,5
Gastropoda	0,1	4,9	0,0	0,0

Примечание как в таблице 2

Таблица 4. Состав, численность и биомасса зообентоса в р. Ключевка, %

Таксон	Станция 1		Станция 2	
	Численность, %	Биомасса, %	Численность, %	Биомасса, %
Chironomidae larvae	81,9	39,1	58,8	19,7
Empididae larvae	+	+	+	+
Simuliidae	0,0	0,0	0,08	+
Limoniidae	0,2	2,6	0,5	8,3
Psychodidae	+	0,1	+	0,3
Oligochaeta	0,2	+	2,9	1,0
Lumbricidae	0,2	42,4	+	12,3
Plecoptera	2,7	3,0	5,6	25,2
Ephemeroptera	5,8	4,3	13,9	25,0
Hydracarina	3,2	3,8	1,6	0,3
Harpacticoida	2,4	2,0	0,8	0,9
Nematoda	2,9	1,0	15,5	6,9
Trichoptera	0,4	1,5	0,0	0,0

Примечание как в таблице 2

На станции 2 численность и биомасса организмов в пересчете на единицу площади станции были 21,1 тыс. экз./м^2 и 47,7 г/м^2, а кормового — 16,9 тыс. экз./м^2 и 37,6 г/м^2 соответственно, что существенно ниже аналогичных показателей для станции 1. Доминирующими по численности организмами на обеих станциях являлись личинки хирономид, а по биомассе на станции 1 преобладали дождевые черви, на станции 2 — личинки веснянок.

Вилюйский ЛРЗ

В оз. Большой Вилюй пробы отбирали на двух станциях 9.06.2014 г. Первую пробу — непосредственно перед самым выпуском молоди кижуча. Среди организмов бентоса численно (72,2%) и по биомассе (34,1%) преобладали круглые черви Nematoda (табл. 5). Численность и биомасса зообентоса на станции 1 в пересчете на единицу площади станции составили 12,9 тыс. экз./м^2 и 27,4 г/м^2, а кормового — 1,4 тыс. экз./м^2 и 11,5 г/м^2 соответственно.

Численно в бентосе станции 2 доминировали нематоды (49,1%), а по биомассе — гаммариды *Anisogammarus kygi* (61,6%). Большая часть кормового зообентоса представлена также гаммарусами. Величина кормового зообентоса составила 3,1 тыс. экз./м^2 и 22,8 г/м^2 по численности и биомассе соответственно, а общие численность и биомасса — 7,7 тыс. экз./м^2 и 28,3 г/м^2 соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В базовые водоемы ЛРЗ производится выпуск молоди кеты, нерки, чавычи и кижуча, при этом кета нагуливается несколько месяцев, молодь остальных видов лососей остается компонентом речных экосистем год и более. Молодь лососей в период нагула питается главным образом макрозообентосом, обилие и доступность которого в значительной мере определяют будущую численность стад тихоокеанских лососей. Величина кормового макрозообентоса в базовых водоемах перед выпуском молоди с заводов различалась: на ЭПЛРЗ численность составила 5,5 тыс. экз./м^2, биомасса 17,8 г/м^2, на ЛРЗ «Кеткино» — 184,8 и 49,9, на ЛРЗ «Озерки» — 35,5 и 50,4, на Малкинском ЛРЗ — 35,0 и 62,8, на Вилюйском ЛРЗ — 2,3 и 17,2. Места обитания заводской и «дикой» молоди лососей совпадают, при этом количество выпускаемой молоди с заводов по годам практически не изменяется, тогда как численность «дикой» имеет довольно значительные вариации. Поэтому накормленность заводской молоди зависит не только от кормовых условий, а и от количества потребителей. Исследования в данном направлении только начинаются и должны стать регулярными, кроме того, их необходимо проводить в комплексе с трофологическими.

БЛАГОДАРНОСТИ

При проведении работ большую помощь оказала ведущий научный сотрудник ФГБНУ «КамчатНИРО», к. б. н. Т.Л. Введенская, которая участвовала в начальном этапе исследований донных биотопов. Благодарю за участие в организации и сборе полевого материала сотрудницу ФГБНУ «КамчатНИРО» А.А. Шурыгину, а также ведущего ихтиолога ФГБУ «Севвострыбвод» Ю.В. Васильеву.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Введенская Т.Л. 2007. Водные беспозвоночные нерестовой реки / КОИПКПК. Т. 100. С. 24–26.

Введенская Т.Л., Попова Т.А., Травина Т.А., Чистякова А.И., Мешкова М.Г., Хивренко Д.Ю., Зикунова О.В. 2004. Особенности пищевой адаптации заводской молоди лососей в базовых водоемах Камчатки лососевых рыбоводных заводов // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский. Вып. 7. С. 261–269.

Введенская Т.Л., Травина Т.Н., Хивренко Д.Ю. 2003. Бентофауна и питание молоди кеты естественного и заводского воспроизводства в бассейне р. Паратунка (Камчатка) // Сб. «Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова». Владивосток, 19–21 марта 2003 г. Вып. 2. С. 70–80.

Куренков И.И. 1964. Кормовая база молоди лососей во внутренних водоемах Камчатки / Сб. «Лососевое хозяйство ДВ». М.: Наука. С. 106–112.

Леванидов В.Я., Леванидова И.М. 1957. Питание покатной молоди летней кеты и горбуши в притоках Амура // Изв. ТИНРО. Т. 45. С. 3–16.

Сынкова А.И. 1950. О питании тихоокеанских лососей в Камчатских водах // Изв. ТИНРО. Т. 34. С. 105–121.

Тиунова Т.М. 2003. Методы сбора и первичной обработки количественных проб // Метод. рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиол. исследованиях водотоков Дальнего Востока России: метод. пособие. М.: ВНИРО. С. 5–13.

Чебанова В.В. 2002. Кормовая база молоди лососей в бассейнах рек Большая и Паратунка (Камчатка) // Труды ВНИРО. Т. 141. С. 229–239.

УДК 597. 553.2 DOI 10.15853/978-5-902210-45-33

ГИСТОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТИНА ЯИЧНИКОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ОЗЕРНОВСКОЙ НЕРКИ В 2010–2011 ГГ.

С.Б. Городовская, А.С. Сушкевич

Ст. н. с., 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, 22-64-20. E-mail: gorodovskaya.s.b@kamniro.ru

ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ, ОЗЕРНОВСКАЯ НЕРКА, ООЦИТЫ, ТЕМП РАЗВИТИЯ ГОНАД, ПРОИЗВОДИТЕЛИ, ВИТЕЛЛОГЕНЕЗ, ОБОЛОЧКИ ООЦИТОВ

На основании гистологического анализа гонад производителей озерновской нерки впервые показаны различия в строении клеток яичников в конце анадромной миграции 2010–2011 гг. В скорости полового развития производителей озерновской нерки выявлена межгодовая изменчивость. В 2011 г. гаметогенез самок характеризовался высоким темпом развития в сравнении с яичниками производителей нерки в 2010 г.

HISTOLOGICAL LOOK OF FEMALE GONADS OF OZERNAYA RIVER SOCKEYE SALMON IN 2010–2011

S.B. Gorodovskaya, A.S. Sushkevich

Senior scientist, Ph. D.; researcher; Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya Str., 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01, 22-64-20. E-mail: gorodovskaya.s.b@kamniro.ru

PACIFIC SALMON, OZERNAYA RIVERSOCKEYE SALMON, OOCYTES, GONAD MATURATION RATES, SPAWNERS, VITELLOGENESIS, OVARY MEMBRANE

Structural variations of oocytes in the final part of anadromous migration of the Ozernaya River sockeye salmon in 2010–2011 were demonstrated for the first time on the base of histological analysis of the gonads. Interannual variations in the gonad maturation rates were revealed for female sockeye salmon of the Ozernaya R. In 2011 the rates of the oogenesis were higher than in 2010.

На современном этапе популяционных исследований биологии тихоокеанских лососей для рыбохозяйственной науки практический интерес представляет решение вопросов распределения, динамики вылова в морских промысловых скоплениях и биологического состояния особей. Нерка *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) является одним из наиболее ценных видов среди тихоокеанских лососей, поэтому исследования ее биологии остаются предметом подробного изучения.

В период морского дрифтерного промысла в 2000-е годы были выявлены характерные черты гаметогенеза нерки в прикамчатских водах в период анадромных миграций (Городовская, Шершнева, 2010). В этот период лососи продолжают активно питаться (Карпенко и др., 2006), и в их организме депонируются высокоэнергетические вещества, за счет которых развиваются половые железы (Лав, 1976). Созревающие особи озерновской нерки мигрируют к устью р. Озерной и далее в оз. Курильское для важного процесса в их жизни — нереста. Одним из наиболее важных показателей условий нагула и интенсивности обменных процессов в организме рыб при заходе в пресные воды является уровень их жиронакопления, как в соматических тканях, так и в половых клетках (Кизеветтер, 1973; Шершнева, 1990; Шершнева, Городовская, 2010).

В статье впервые показаны цитологические изменения, происходящие в ооцитах созревающих производителей озерновской нерки на последнем этапе перед нерестом в разные годы.

Цель исследований — оценка физиологического состояния яичников созревающих производителей озерновской нерки 2010 и 2011 гг. в конце анадромной миграции на основании гистологических показателей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы результаты гистологического анализа гонад производителей нерки оз. Курильского, отловленных в конце анадромной миграции в р. Озерной. Материалы собраны в августе 2010–2011 гг. в количестве 30 проб гонад самок производителей нерки в каждом году, данная выборка является репрезентативной для гистологических исследований.

Сбор и обработка проб проводились стандартными методами (Волкова, Елецкий, 1982). Пробы гонад для гистологического анализа фиксировали в жидкости Буэна. Кусочки половых желез заливали в парафин с воском, далее их подвергали проводке через спирты возрастающей концентрации. После абсолютного спирта, яичники с ооцитами, проводили через хлороформ и парафин-хлороформ. Срезы изготовляли толщиной 5–7 мкм и окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну.

При изучении гистологических препаратов гонад самок производителей нерки под микроскопом Olympus просчитывались и измерялись ооциты вителлогенного периода развития. Проведено 280 измерений диаметра ооцитов и их ядер, а также жировых вакуолей в период вителлогенеза на 70 препаратах, изготовленных в лаборатории морских исследований лососей. Фотографии делали при иммерсионном и малом увеличении микроскопа с помощью измерительно-анализационного комплекса, в состав которого входит цифровая фотокамера Leika. Изображения обработаны в программе Optimas 6,5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 1960 г. у нерки была выявлена индивидуальная и межгодовая изменчивость в состоянии клеток яичников покатной молоди (Иевлева, 1964; Городовская, 2008), что послужило основанием для многолетних исследований темпа гаметогенеза нерки разных периодов жизни.

Состояние половых клеток производителей всегда зависит от скорости развития молоди (смолтов и ранней морской молоди). Для нерки с пониженной метаболической активностью в морской период нагула в водах Охотского моря и Тихого океана (в 2009–2014 гг.) создавались благоприятные предпосылки к ее дальнейшему ускоренному развитию (Городовская, Сушкевич, 2014, 2015). После длительного летнего нагула в прибрежной зоне Охотского моря и осеннего в открытых водах Охотского моря нерка выходит через Курильские проливы в воды Тихого океана. Океанический нагул озерновской нерки проходит несколько лет, затем половозрелые производители заходят в р. Озерную и в дальнейшем в Курильское озеро для продолжения рода.

Произошедшие с 2009 г. колебания численности и климатические изменения, в том числе повышение температуры воды в морских районах нагула, не могли не повлиять на скорость протекания процессов гаметогенеза у нерки (Городовская, 2012; Городовская, Сушкевич, 2014, 2015). Нами были получены материалы, которые позволяют изучить особенности оогенеза производителей озерновской нерки в 2010–2011 гг.

В связи с индивидуальной и межгодовой изменчивостью в созревании молоди нерки, в оогенезе производителей нерки наблюдались различия в строении разных структур развивающихся ооцитов, следовательно, и темпе созревания половых желез самок. В яичниках производителей, зашедших в р. Озерную, наблюдались вителлогенные половые клетки с большим количеством жировых вакуолей, занимающих всю ооплазму, включая ядро и значительно увеличенную оболочку ооцита (рис. 1). Толщина оболочек созревающих клеток доходила максимум до 23±0,11 мкм.

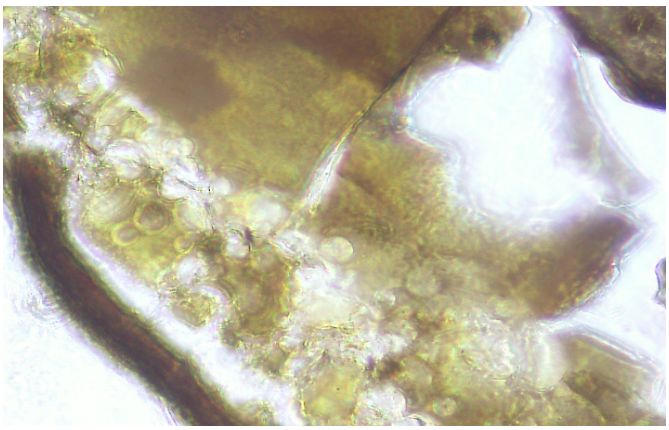


Рис. 1. Вителлогенный ооцит половозрелой озерновской нерки 2010 г. Ув: 10×22

Высокую специализацию половых клеток в этот период демонстрируют оболочки яйцевых клеток. В зависимости от происхождения, различаются первичные, вторичные и третичные оболочки развивающихся ооцитов.

Первичные оболочки — это пленка, непосредственно контактирующая с плазматической мембраной ооцита. Первичные оболочки образуются самой яйцеклеткой. Она может быть толстой и прочной, первичную оболочку называют желточной. У разных видов рыб она различна по толщине. Несмотря на возникновение между фолликулярными клетками и ооцитом желточной оболочки, контакт ооцита и фолликулярных клеток сохраняется. На поверхности ооцита в этот период образуется огромное количество

микроворсинок, впадающих во внутреннюю часть желточной оболочки, что в 10–20 раз увеличивает поверхность ооцита. Начало образования желточной оболочки обычно совпадает с последней фазой периода вителлогенеза, когда питательные вещества полностью заполняли цитоплазму ооцитов. В дальнейшем развитии яичников толщина первичных оболочек клеток увеличивается за счет образования кортикальных вакуолей. При оплодотворении из кортикальных вакуолей этих оболочек образуется перевителлиновая полость, и желточные оболочки поднимаются над поверхностью яйцеклеток, образуя оболочку оплодотворения. Образование отростков фолликулярных клеток и микроворсинок на поверхности ооцита служит своего рода адаптацией, облегчающей транспорт в ооцит питательных веществ, несмотря на образование в этот период желточной оболочки, представляющей барьер на пути непищевых веществ, поступающих в яйцеклетку. К концу периода вителлогенеза, незадолго до овуляции, интенсивность питания ооцита понижается, отростки фолликулярных клеток, как и микроворсинки ооцита, втягиваются, пористость желточной оболочки при этом исчезает либо сохраняется в виде радиальной исчерченности оболочки (Кошелев, 1984).

Вторичные оболочки яиц возникают за счет фолликулярных клеток яичника либо путем секреции ими вещества оболочки, либо из самих фолликулярных клеток, сохраняющихся на поверхности ооцита при овуляции. К вторичным оболочкам относится имеющаяся у некоторых рыб студенистая оболочка, которая, по данным И.А. Садова (1963), образуется за счет клеток фолликулярного эпителия. У некоторых видов рыб фолликулярная вторичная оболочка в процессе оогенеза превращается в толстый, студенистый, клейкий слой.

Третичные оболочки очень разнообразны по строению, химическому составу и значению. Образуются они после овуляции при прохождении яйца по яйцеводам за счет секреторной деятельности желез в стенке яйцевода или желез, расположенных за пределами полового тракта. Примеры третичных оболочек яиц: это ***галлерта***, одевающая яйцевые клетки в кладке моллюсков, студенистые оболочки яиц амфибий, белковая, подскорлуповая и скорлуповая оболочки яиц птиц, коконы многих червей и моллюсков. К третичным оболочкам относится также и белковая жидкость внутри кокона, в которой находится не одно, а несколько яиц. Присутствие всех трех типов оболочек встречается не у всех яиц; яйцо может иметь лишь одну или две из названных оболочек. Очень разнообразно строение оболочек яйцевых клеток рыб: оно связано с неодинаковыми экологическими условиями, в которых протекают нерест и развитие зародыша у разных видов рыб.

У ооцитов и развивающихся зародышей через оболочки идет процесс обмена, осуществляется связь с внешней средой. Важная функция оболочки яйца связана с оплодотворением: она может предотвращать или ограничивать полиспермию. На ранних этапах эмбриогенеза оболочки яйца обеспечивают сохранение зародышем присущей ему формы, что важно для нормального хода формообразовательных процессов; у некоторых рыб вещества оболочек могут играть роль в питании зародыша в определенные периоды его развития. Из всех многообразных функций, выполняемых оболочек яйца, наиболее общая и значительная — защитная. Она особенно важна у особей, развитие которых протекает вне организма матери. Яйцевые оболочки могут предохранять зародыш от разнообразных повреждений физического порядка, связанных с колебаниями в окружающей среде: температуры, влажности, химического состава, от повреждений механического характера, а также от неблагоприятного воздействия, возможных при инфекции зародыша, что особенно важно на ранних этапах развития.

Желточные оболочки вителлогенных ооцитов у рыб в период созревания значительно утолщаются. Процесс роста оболочек половых клеток проходит постепенно у половозрелых самок во время захода в пресную воду. Толщина желточных оболочек, размер созревающих ооцитов, а также количество вителлогенных ооцитов на ранних фазах развития характеризуют темп полового развития созревающих самок озерновской нерки.

Можно добавить, что нерка, как представитель рыб северного происхождения, имеет в оболочках яйцеклеток большее количество жировых включений. Это характерно для лососевых рыб. Наличие большего количества липидных соединений позволяет яйцеклеткам более успешно развиваться и обеспечивать эффективный эмбриогенез при низких температурах воды. Кроме того, это позволяет обеспечить теплообмен с окружающей средой в течение довольно продолжительного периода эмбрионального развития.

Средний диаметр просмотренных крупных вителлогенных ооцитов в 2010 г. достигал 534,0±0,13 мкм, а в 2011 г. — 550,0±0,03 мкм. Средний диаметр мелких ооцитов 2010 г. — 173,0±0,04 мкм, в 2011 г. — 199,5±0,11 мкм. В наших исследованиях наблюдались межгодовые различия в толщине желточных оболочек развивающих ооцитов. В 2010 г. была зафиксиро-

вана толщина оболочек яйцеклеток, которая равнялась в среднем 19,0±0,23 мкм, количество половых клеток с меньшим размером составляло 39,0% от всех просмотренных ооцитов (рис. 2).

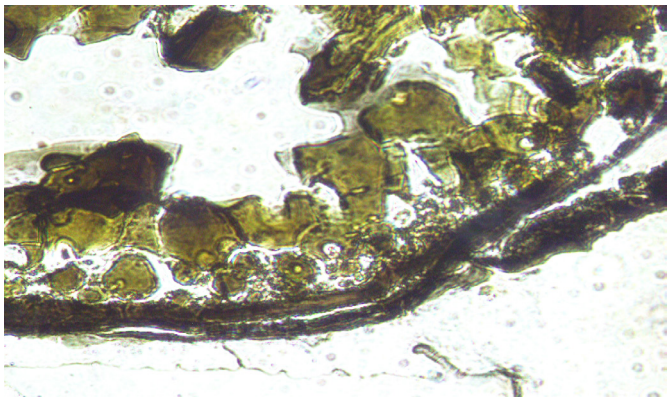


Рис. 2. Созревающий ооцит производителей нерки с первичной желточной оболочкой в 2010 г. Ув: 10×22

В 2011 г. желточные оболочки ооцитов в среднем имели размер 23,0±0,11 мкм, количество яйцеклеток с меньшими размерами насчитывалось до 14,4%. Строение таких оболочек показало большое количество кортикальных вакуолей, расположенных по всей площади структуры (рис. 3).

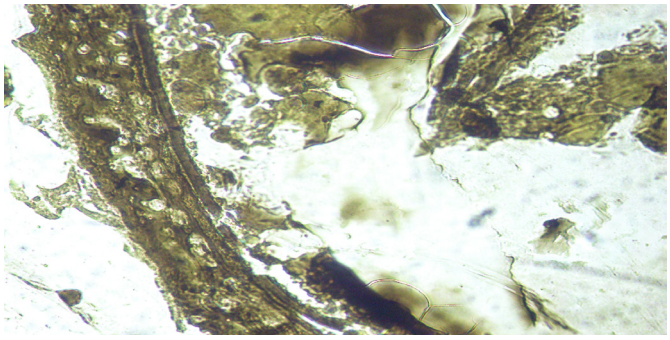


Рис. 3.Созревающий ооцит производителей нерки с толстой желточной оболочкой в 2011 г. Ув: 10×22

При оплодотворении из вакуолей первичных оболочек образуется перевителлиновая полость для формирования оболочки оплодотворения. Диаметр половых клеток в 2011 г. был большего размера в сравнении с 2010 г. Поэтому ооциты производителей 2011 г. оказались более подготовленные к скорому нересту, чем половые клетки самок 2010 г. Таким образом, развитие ооцитов самок в 2011 г. характеризовалось высоким темпом полового созревания производителей в отличие от 2010 г. У лососей с ускоренным темпом развития яичников всегда наблюдается раннее созревание взрослых особей, а также формирование высокой конечной и индивидуальной плодовитости моноциклических рыб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный гистологический анализ половых клеток производителей самок озерновской нерки при заходе в р. Озерную 2010 и 2011 гг. показал различия в строении развивающих яичников.

Средний диаметр половых клеток у созревающих самок нерки в 2010 г. оказался ниже (173,0±0,04 – 534,0±0,13 мкм), в сравнении с ооцитами в 2011 г. (199,5±0,11 – 550,0±0,03 мкм).

У самок 2010 г. средняя толщина желточных оболочек ооцитов была 19,0±0,23 мкм, меньше чем в 2011 г. (23,0±0,11 мкм).

Процент мелких вителлогенных ооцитов в яичниках 2010 г. доходил до 39,0%, что значительно выше, чем в 2011 г. (19,0%).

В скорости полового развития производителей озерновской нерки выявлена межгодовая изменчивость. В 2011 г. гаметогенез самок характеризовался высоким темпом полового развития в сравнении с яичниками производителей нерки в 2010 г. Эти различия в дальнейшем должны были привести к ускоренному по срокам нересту 2011 г. и высокой выживаемости потомства данного поколения.

Для более детальных исследований и проведения сравнительных статистических данных, необходимы длительные исследования и достаточное количество материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

Городовская С.Б. 2008. Влияние факторов среды на гаметогенез нерки р. Озерная (Западная Камчатка). Дис. … канд. биол. наук. ВНИРО. Москва. 120 с.

Городовская С.Б. 2012. Темп оогенеза смолтов нерки оз. Курильское при различной температуре воды в 1996–2009 гг. Мат-лы Междунар. науч. конф. к 80 юбилею КамчатНИРО. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Вып. 24. С. 38.

Городовская С.Б., Шершнева В.И. 2010. Характеристика физиологического состояния созревающих лососей в период анадромных миграций // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: Матер III Междунар. науч. конф. Петрозаводск: Институт биологии КарНЦ РАН. С. 42–43.

Городовская С.Б., Сушкевич А.С. 2014. Темп развития гонад молоди разных видов тихоокеанских лососей в ранний морской период жизни 2010–2012 гг. // Сб. науч. трудов. Вестник КамчатГТУ. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. Т. 17. С. 40–45.

Городовская С.Б., Сушкевич А.С. 2015. Темп оогенеза молоди тихоокеанских лососей в Охотском море осенью в 2011–2013 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. трудов. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Вып. 36. С. 34–41.

Иевлева М.Я. 1964. Гистологическое строение гонад лососей в период морских миграций // Лососевое хозяйство Дальнего Востока. М.: Наука. С. 127–141.

Карпенко В.И., Волков А.Ф, Коваль М.В. 2006. Питание тихоокеанских лососей как индикатор состояния экосистемы Северной

Пацифики. Сб. науч. трудов. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Вып. 8. С. 113–125.
Кошелев Б.В. 1984. Экология размножения рыб. М.: Наука. 307 с.
Кизеветтер И.В. 1973. Биохимия сырья водного происхождения. М.: Пищ. пром-сть. 442 с.
Лав Р.М. 1976. Химическая биология рыб. М.: Пищ. пром-сть. 349 с.
Садов И.А. 1963. Строение и формирования оболочек яиц осетровых и некоторых костистых рыб. // Тр. Ин-та морф. жив. АН ССС. Вып. 38. С. 110–186.
Шершнева В.И. 1990. Межгодовые изменения химического состава мышечной ткани молоди горбуши в прикамчатских водах Охотского моря // Междунар. Симпозиум по тихоокеан. лососям: Тез. докл. (Южно-Сахалинск, 9–17 сентября 1989 г.). Владивосток: ТИНРО. С. 108–109.
Шершнева В.И., Городовская С.Б. 2010. Распределение энергетических веществ в теле лососей в период анадромных миграций // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 17. С. 33–47.

УДК 597.554.3 DOI 10.15853/978-5-902210-45-34

АККЛИМАТИЗАЦИЯ И ПРОМЫСЕЛ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ *CARASSIUS AURATUS GIBELIO* ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ КАМЧАТКИ

К.А. Мягких

Н. с., Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000, Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: myagkih.k.a@kamniro.ru

СЕРЕБРЯНЫЙ КАРАСЬ, CARASSIUS AURATUS GIBELIO, АККЛИМАТИЗАЦИЯ, ПРОМЫСЕЛ

Изложены предпосылки к акклиматизации серебряного карася *Carassius auratus gibelio* в пресных водоемах Камчатки. Освещена статистика вылова с 1947 по 2014 гг., данные с 2002 г. публикуются впервые. По итогам статистического анализа отмечено недоосвоение выделяемых объемов добычи (вылова) карася, что в перспективе может негативно отразиться на состоянии его популяции на Камчатке.

ACCLIMATIZATION AND FISHERIES OF PRUSSIAN CARP *CARASSIUS AURATUS GIBELIO* IN THE INLAND WATERBODIES OF KAMCHATKA

K.A. Myagkikh

Researcher, Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberedzhnaya Str., 18
Tel., fax: (4152) 41-27-01. E-mail: myagkih.k.a@kamniro.ru

PRUSSIAN CARP, CARASSIUS AURATUS GIBELIO, ACCLIMATIZATION, FISHERIES

Historical background to acclimatization of Prussian carp *Carassius auratus gibelio* in the inland waterbodies of Kamchatka has been demonstrated. Catch statistics is demonstrated for the period from 1947 to 2014, and the data since 2002 have been publishing first time. It is concluded on the results of analysis of the statistics that the allowable catch of Prussian carp is underutilized what can play negative role for the population of this species in Kamchatka in perspective.

Современная ихтиофауна внутренних водоемов Камчатки значительно отличается по своему качественному составу от той, которая была в конце XIX и начале XX веков. Благодаря колоссальному труду ученых, в XX веке многие регионы Евроазиатского континента получили значительное пополнение ихтиологической сырьевой базы. Особенность географического характера Камчатки позволила рассматривать полуостров как область с широкими возможностями для расселения многих видов рыб, находящихся в похожих климатических условиях в других регионах (Куренков, 1957).

Первым вселенцем на Камчатке стал серебряный карась *Carassius auratus gibelio,* Bloch, 1782. Этого представителя семейства Cyprinidae выбрали как объект акклиматизации благодаря его неприхотливости к условиям обитания: способности длительное время переживать полное отсутствие кислорода в воде и одновременно жить в глубоких незаморных или проточных озерах (Правдин, 1966).

Целью работы является освещение предпосылок к акклиматизации серебряного карася на Камчатке, а также истории промысла, как следствия успешной интродукции. Актуальностью настоящей работы является оценка современного изъятия карася при его добыче.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы данные о вылове карася в периоды с 1947 по 1995 гг. (Бугаев и др., 2006; Бугаев и др., 2007); с 1995 по 2014 гг. (предоставляемая отчетность Северо-Восточного территориального управления Федерального

агентства по рыболовству). В промежуток с 2004 по 2008 гг. данные о вылове серебряного карася отсутствуют.

В ходе обсуждения добычи (вылова) карася в постсоветский период под понятием «пользователь» за единицу измерения принимаем организацию промысла, независимо от формы управления и цели лова (промышленная, спортивно-любительская или научно-исследовательская). Например: родовая община — 1 ед., ФГБНУ «Севвострыбвод» –– 1 ед., спортивно-любительское рыболовство –– 1 ед., индивидуальный предприниматель –– 1 ед., и т. п.

Для обработки данных вылова и их графического изображения использовали программу Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предпосылки к акклиматизации. В середине XIX века для царского правительства Дальний Восток являлся местом ссылки неугодных лиц, в то же время сюда потянулись промышленники, преимущественно иностранные, пользуясь почти полным отсутствием контроля северных границ Российской империи (Моисеев, 1954). Как пример, результатом варварского использования дальневосточных ресурсов стало почти полное истребление китов, командорского стада котиков и подорванность запасов лососевых.

После Великой Октябрьской революции, с установлением советской власти, на Дальнем Востоке стало стремительно развиваться рыбное хозяйство, а также начался новый период всесторонних исследований северо-западной части Тихого океана. В 1925 г., с организацией во Владивостоке Тихоокеанской научно-промысловой станции, начались планомерные исследования промысловой ихтиофауны, в том числе и на Камчатке. Перед учеными стояли многие задачи. Например, необходимо было составить карты крупных нерестовых рек, изучить сроки миграций и распределения на нерестилищах лососевых, организовать прогнозирование сырьевой базы и т. п. Исследованиями тихоокеанских лососей на р. Камчатке в 20-х годах занимался И.И. Кузнецов (Лагунов, 1968).

Основным сырьем рыбодобывающей и рыбообрабатывающей отраслей, а также консервного производства того времени, являлись тихоокеанские лососи (на Камчатке добывалось и заготавливалось 3/4 лососевых ресурсов Дальнего Востока (Горелик, 1957). Также большое количество этих видов вылавливалось для нужд местного населения и корма ездовых собак (Кузнецов, 1955). На основании данных Петропавловского окрплана, здесь было расположено 9 селений, имеющих порядка 2800 собак (Кузнецов, 1931а). По предварительным расчетам И.И. Кузнецова, для их питания с 1925 по 1929 гг. вылавливалось только нерки около 400 000 шт., в среднем же всех видов добывалось по 250 шт. на 1 собаку, что составляло в целом порядка 600–700 тыс. рыб. Их потомство при развитии в естественных условиях в будущем составило бы порядка 6–7 млн экз., что обеспечило бы средний ежегодный вылов в системе р. Камчатки.

Негативное влияние на запасы лососевых оказывало и строительство в с. Ключи лесопильного завода, чьи массовые лесозаготовки и сплавление леса по реке вели к обмелению и засорению обширных нерестовых площадей (Кузнецов, 1931а; Моисеев, 1954).

Развитие рыбного и лесного хозяйств на Камчатке заставило власти задуматься о колонизации Камчатки, т. к. население внутренних районов в то время было малочисленным, а «рабочей силы» не хватало. Поэтому в 1931 г., по данным Петропавловского колонизационного отдела АКО, сюда планировалось заселить 2075 семей или 7425 людей. Выделяемая местными властями норма лососей на 1 человека составила бы от 65 до 100 экз. Он подсчитал, что если в среднем исходить из нормы 80 шт. на 1 человека, то в первый год потребуется выловить порядка 600 000 шт. лососей. К тому же, порядка 300 семей переселенцев будут вынуждены завести ездовых собак, расход на питание которых составит порядка 600 000 экз. Общий объем добычи для переселенцев в первый же год составит порядка 1 200 000 экз. (Кузнецов, 1931а).

Непомерно возрастающий пресс на лососевых, как со стороны отдельных лиц, так и со стороны торгующих организаций, вели к неминуемому подрыву сырьевой базы рыбной промышленности (Кузнецов, 1931а, б; Куренков, 1957). В связи с этим ученые-ихтиологи стали искать решение этого вопроса, ведь, как показала практика, уже в 1929 г. подходы красной к берегам Камчатки заметно снизились (Кузнецов, 1931а).

Ихтиологи предлагали следующие пути решения этих вопросов: организовать рыбоводные заводы, заняться охраной нерестовых рек, создать контрольно-наблюдательные пункты, заменить ездовых собак лошадьми, приступить к проведению проселочных дорог, увеличить промысел морских рыб, нормировать количество собак, акклиматизировать новые для Камчатки пресноводные виды рыб (Кузнецов, 1931а; Куренков, 1953; Кузнецов, 1955). Последнее позволило бы не только снизить пресс на лососевых, но и разнообразить небогатый видовой состав пресноводной ихтиофауны полуострова (Куренков, 1965).

В рамках намеченных разрешений вопросов эксплуатации лососевых ресурсов на Дальнем Востоке, с 1929 г. ТИРХ задался целью акклиматизации на Амуре нерки. Было перевезено и выпущено в оз. Теплое 300 тыс. мальков из р. Камчатки. В 1930 г. эти работы планировали повторить, но с использованием в качестве посадочного материала икры. Выполнение этой работы поручили рыбоводной экспедиции, направляющейся для обследования р. Камчатки с целью выбора мест по постройке рыбоводных заводов и сбора посадочного материла для транспортировки в оз. Теплое (Амур), а также чтобы провести опыты перевозки серебряного карася на Камчатку (Кузнецов, 1931b).

Так, в 1930 г. по плану ТИРХа (ТИНРО), на Камчатку пароходом были доставлены первые 358 карасей (рис. 1) (Кузнецов, 1931b; Лагунов, 1939). Первые 299 экз. были выпущены в проточные озера, связанные с главным руслом р. Камчатки: систему озер близ с. Черный Яр, оз. Коршунова (с. Нижнекамчатск), 12 км ниже с. Ключи (оз. Хатхач), около устья «Проклятой» протоки и в оз. Ушки (Лагунов, 1939). Остальных карасей посадили в озера близ г. Петропавловска-Камчатского: Халактырское, Синицынское (Синичкино) и озеро без названия.

Успех акклиматизации в бассейне р. Камчатки стал очевидным спустя 4 года (Лагунов, 1939; Тихий, 1953). Уже к 1953 г. карась обильно размножился в придаточных водоемах р. Камчатки и особенно в средней части ее бассейна (Куренков, 1953). Поэтому в 1954 г. расселение карася проводили из собственных ресурсов системы озер близ пос. Ключи. Вселение было осуществлено в 14 водоемах Елизовского района (в том числе вблизи Петропавловска). В 1970 г. с этой же целью в оз. Канычево (Усть-Большерецкий район) было выпущено 1500 экз., а в 1971 г. — еще 3200 экз. (отчеты научно-исследовательских пунктов Рыбвода). Результат акклиматизации в этом районе неизвестен, т. к. данные об уловах здесь отсутствуют.

Промысел. Первые особи серебряного карася стали встречаться в уловах неводов и сеток единичными экземплярами в 1934 г. в районе с. Ключи (Лагунов, 1939; Дрягин, 1953). В 1938 г. уже отмечались массовые уловы в гольцовых сетках. Их количество было настолько значительно, что карася можно было встретить на колхозном рынке и в столовых (Лагунов, 1939). Предоставленные в 1938 г. рыбаками ученым для изучения особи карася показали, что это рыбы местного камчатского поколения 1934 и 1935 гг.

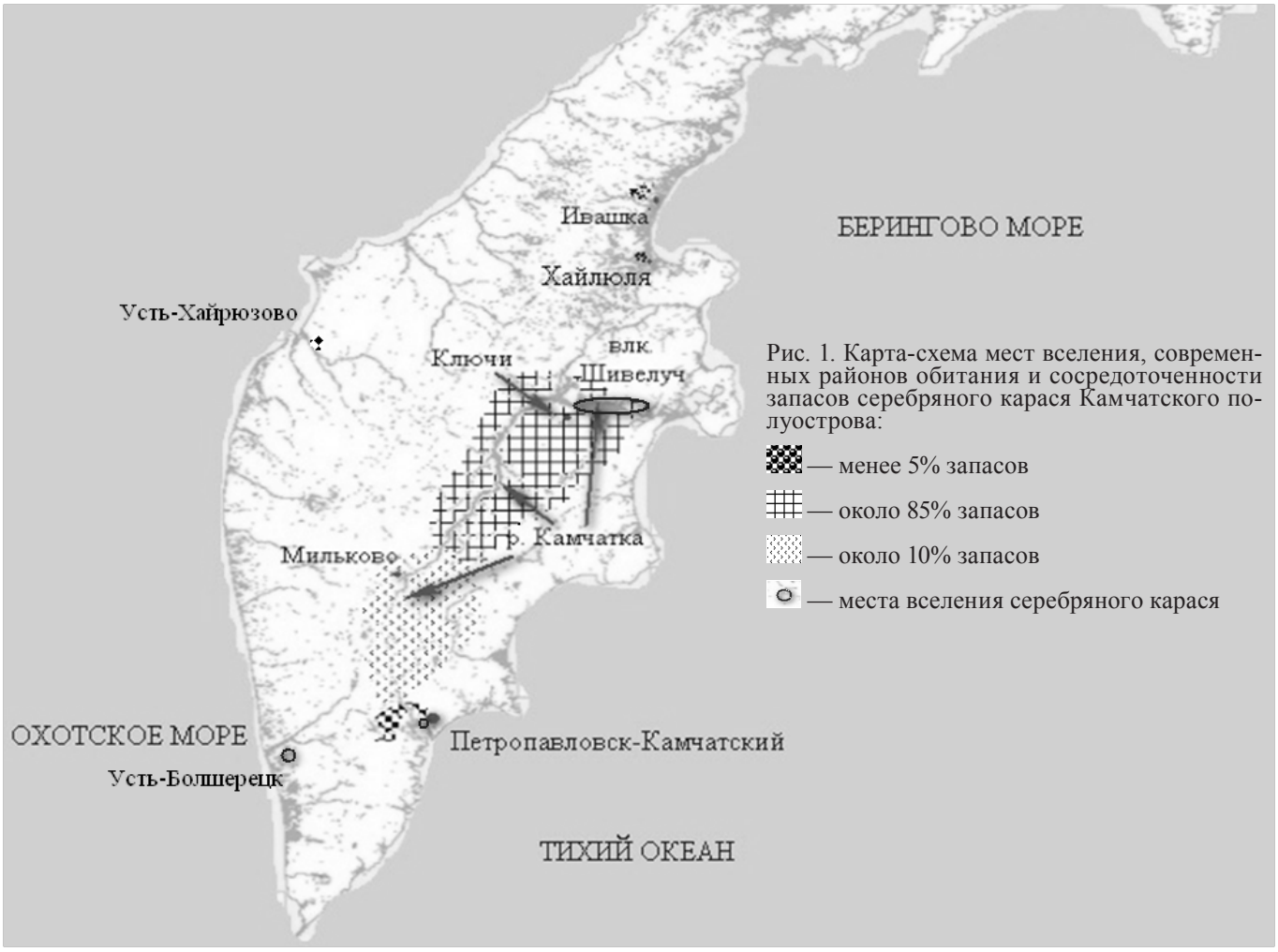


Рис. 1. Карта-схема мест вселения, современных районов обитания и сосредоточенности запасов серебряного карася Камчатского полуострова:

Регулярный промысел карася начался в конце сороковых годов (рис. 2) (Куренков, 1978; Бугаев и др., 2006). В этот период около тридцати организаций занимались заготовкой карася для своих нужд и для корма ездовых собак. Например, изъятие карася Ключевским рыбкоопом составляло до 34 т/год.

Необходимо отметить, что учет вылова в это время велся на основании выданных разрешений. В своем отчете 1978 г. И.И. Куренков говорит о заниженных данных о вылове, т. к. местное население при выездах на водоемы (для дровозаготовок, сенокоса и охоты) ставили вентеря, улов которых не учитывался. К тому же, со слов инспекторов, действительный вылов был на 20–30% выше.

С 1962 г. вылов карася был включен в план добычи Усть-Камчатского рыбокомбината (вылов доходил до 150–170 т/год). К 1978 г. основная доля вылова приходилась на бригады двух крупных колхозов Усть-Камчатского района (до 150 т/год). В 1960–70-е гг. уловы на замет доходили до 25–50 т. Необходимо отметить, что карась промышлялся только в озерах Камаковской низменности.

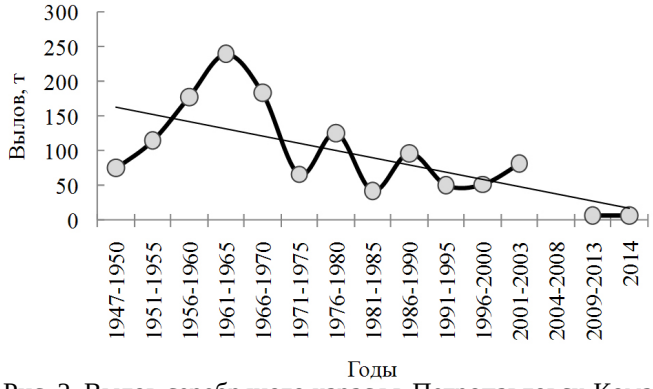


Рис. 2. Вылов серебряного карася в Петропавловск-Командорской подзоне в период с 1947 по 2014 гг. (усреднение по пятилетиям)

С распадом СССР в 1991 г. наблюдается резкое снижение вылова (рис. 2). Из-за выросшей себестоимости промысла и небольших объемов вылова карася на фоне лососевых видов рыб предприятия вынуждены были отказаться от его добычи, а многие крупные рыбодобывающие организации бассейна р. Камчатки, не выдержав экономического кризиса, были разорены (Бугаев и др., 2006; Бугаев и др., 2007).

По состоянию на 2014 г., серебряный карась является мало востребованным объектом рыбной промышленности. Так, многолетняя статистика вылова (рис. 2) отображает стремительно снижающуюся тенденцию промысла. В настоящее время серебряный карась претерпевает исторический минимум в отношении его вылова.

В период с 1947 по 2014 гг. максимум добычи отмечен в 1966 г. и составил 370 т (Куренков, 1978; Бугаев и др., 2007), а минимум в 2013 г. — 3,4 т. В своих работах И.И. Куренков (1954, 1957) объяснял подъем уловов карася до середины 60-х гг. биологическими закономерностями, свойственными акклиматизантам, что выражалось в увеличении его численности в результате прохождения первой стадии после вселения –– периода процветания.

Рассматривая статистику вылова с 1995 г. и по настоящее время, можно отметить, что выделяемые объемы добычи карася не осваивались и не осваиваются в полном объеме (рис. 3). При этом границы районов обитания серебряного карася за 85-летний период с момента акклиматизации значительно расширились (рис. 1), и он стал более доступным для населения. Несмотря на это, после 2008 г. произошло снижение количества пользователей с 14–16 до 4–6 (рис. 3).

За период с 1995 г. по 2014 г. выделяемая квота для промышленного изъятия, ведения традиционного промысла КМНС, спортивно-любительского ры-

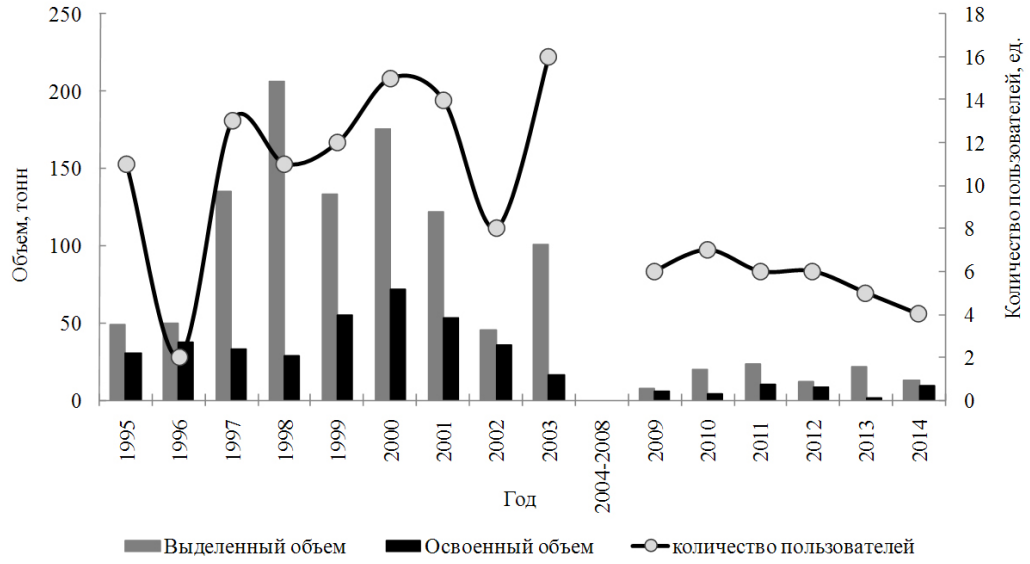


Рис. 3. Вылов серебряного карася и количество пользователей ресурсами с 1995 по 2014 гг. в Петропавловск-Командорской подзоне

боловства и в научно-исследовательских целях составила в сумме 1,118 тыс. т. Из этого ресурсного обеспечения было освоено 0,405 тыс. т или 36,2%. Максимальный вылов в этот период пришелся на 2000 г. (71,63 т), минимальный отмечен в 2013 г. (3,4 т).

В соответствии с современными границами обитания серебряного карася и сосредоточенностью его запасов, наиболее высокие уловы отмечались в Усть-Камчатском районе (рис. 4). Соответственно и количество пользователей здесь в несколько раз выше, чем в Мильковском районе (рис. 5).

В Елизовском районе с 1995 по 1998 гг. вылов составлял не более 200 кг в год. Его осваивала Камчатская ТЭЦ-2 на оз. Халактырском, расположенном в Петропавловске-Камчатском. В Быстринском районе с 1998 по 2000 гг. уловы малочисленных народов Севера и сетного лицензионного лова достигали не более 500 кг в год. Данные о вылове по этим двум районам, кроме указанных выше лет, отсутствуют.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стремительно развивающееся рыбное хозяйство на Камчатке заставило ученых искать пути решения снижения пресса на лососевые виды рыб с целью их сохранения. Одним из таких решений стала акклиматизация серебряного карася.

Успешное вселение уже к 1954 г. позволило заменить около 100 тыс. производителей лососевых. Этот опыт позволил в дальнейшем заняться акклиматизацией и других видов рыб.

Благодаря положительной акклиматизации, Камчатка получила как новый вид промысла, так и новый объект ихтиофауны. Промысловая статистика вылова показывает, что максимальные уловы приходились на период, связанный не только с процветанием акклиматизанта, но и с наличием крупных рыбодобывающих организаций, работавших в рамках пятилетних планов развития народного хозяйства СССР.

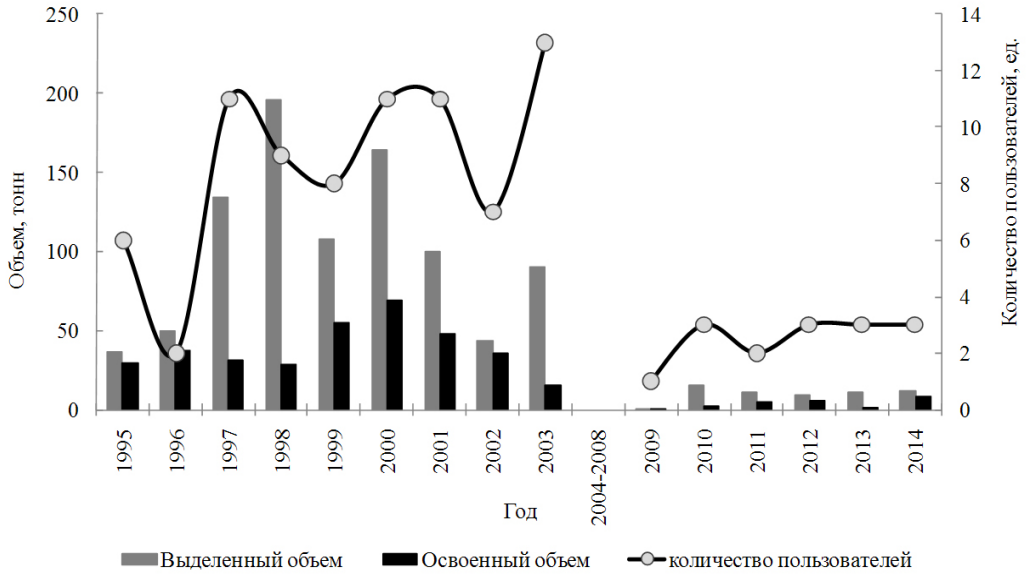


Рис. 4. Вылов серебряного карася и количество пользователей ресурсами с 1995 по 2014 гг. в Усть-Камчатском районе (Петропавловск-Командорская подзона)

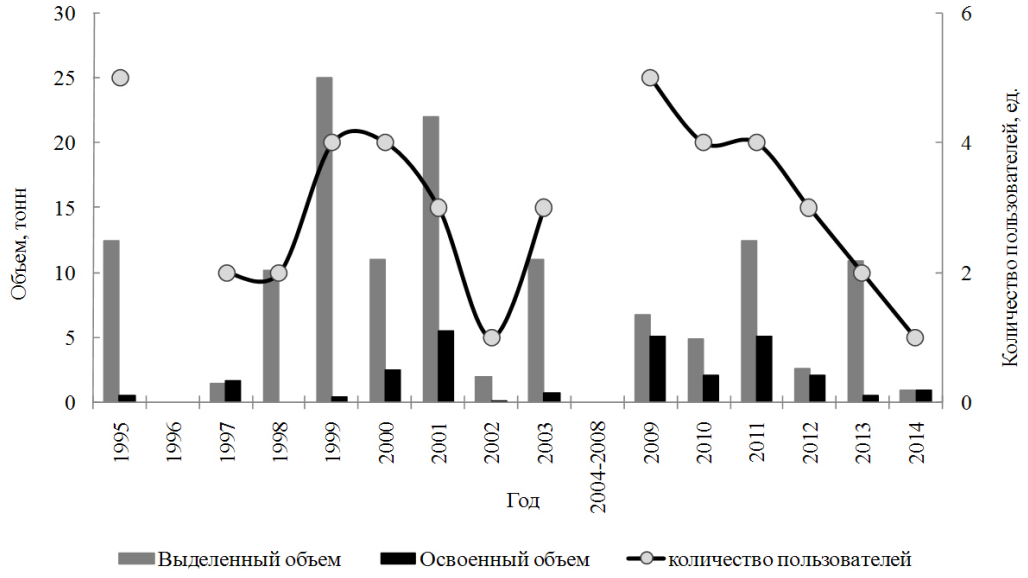


Рис. 5. Вылов серебряного карася и количество пользователей ресурсами с 1995 по 2014 гг. в Мильковском районе (Петропавловск-Командорская подзона)

С распадом СССР и, как следствием, угнетенным состоянием многих отраслей, включая рыбное хозяйство, уловы карася снизились в 2 раза. После 2008 г. количество пользователей ресурсами, а также добыча серебряного карася, снизились до исторического минимума. В последнее время его вылов в основном осуществляется коренными малочисленными народами Севера и в научно-исследовательских целях.

Недоосвоение ресурса может негативно отразиться на состоянии популяции серебряного карася на Камчатке. Необходимо найти пути привлечения малого бизнеса к этому объекту.

БЛАГОДАРНОСТИ

Особая признательность к. б. н. Е.А. Архиповой и д. б. н. В.Ф. Бугаеву за ценные советы при написании работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Базаркин Г.В., Введенская Т.Л., Травина Т.Н. 2006. Серебряный карась *Carassius auratus* и амурский сазан *Cyprinus carpio* бассейна р. Камчатки // Доклады VI науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 29–30 ноября 2005 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 22–42.

Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О., Зорбиди Ж.Х., Остроумов А.Г., Тиллер И.В. 2007. Рыбы реки Камчатки. Под ред. д. б. н. В.Ф. Бугаева. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 460 с.

Горелик В.С. 1957. Консервные заводы Камчатки и их использование // Изв. ТИНРО. Т. XLV. С. 181–195.

Дрягин П.А. 1953. Акклиматизация рыб во внутренних водоемах СССР // Акклиматизация рыб во внутренних водоемах СССР. Изв. ВНИОРХ. Том XXXII. С. 10–88.

(Кузнецов И.И.) И.К. 1931а. Краткие итоги работ рыбоводной экспедиции на реке Камчатке в 1930 году // Рыбное хоз-во Дальнего Востока. № 1–2. С. 44–49.

(Кузнецов И.И.) И.К. 1931б. Опыты акклиматизации карасей на Камчатке и красной на Амуре // Рыбное хоз-во Дальнего Востока. № 1–2. С. 49–53.

Кузнецов И.И. 1955. К вопросу об акклиматизации жилых рыб в бассейне р. Камчатка. Пищепромиздат: Рыбное хоз-во. № 2. С. 27–29.

Куренков И.И. 1953. Об акклиматизационных работах на Камчатке // Гизлегпищепром: Рыбное хоз-во. № 4. С. 27–29.

Куренков И.И. 1954. Результаты акклиматизации карася в водоемах Камчатки // Труды совещания по проблеме акклиматизации рыб и кормовых беспозвоночных ихтиологич. комиссии АН СССР и ВНИОРХ. Вып. 3. С. 130–134.

Куренков И.И. 1957. Характеристика гидрологического режима внутренних водоемов Камчатки в связи с возможностью их зарыбления // Изв. ТИНРО. Т. XLV. С. 203–205.

Куренков И.И. 1965. Зоогеография пресноводных рыб Камчатки // Вопросы географии Камчатки. ДВ книжн. изд-во. Вып. 3. С. 25–34.

Куренков И.И. 1978. Рыбохозяйственная бонитировка озер нижнего течения р. Камчатки // Годовой отчет. Часть II. Петропавловск-Камчатский: КоТИНРО. 78 с.

Лагунов И.И. 1939. Акклиматизация карасей на Камчатке // Рыбное хозяйство. № 3. С. 26.

Лагунов И.И. 1968. Обзор научных рыбохозяйственных исследований, проведенных на Камчатке за годы Советской власти // Изв. ТИНРО. Т. 64. С. 3–13.

Моисеев П.А. 1954. Изучение морских и пресноводных богатств Дальнего Востока // Изв. ТИНРО. Т. XXXIX. С. 3–19.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищ. пром-сть. 4-е изд. 372 с.

Тихий М.И. 1953. Результаты акклиматизации рыб // Акклиматизация рыб во внутренних водоемах СССР. Изв. ВНИОРХ. Т. XXXII. С. 99–118.

УДК 597-1/05 DOI 10.15853/978-5-902210-45-35

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АЗИАТСКОЙ ЗУБАСТОЙ КОРЮШКИ *OSMERUS MORDAX DENTEX* ОЗЕР НЕРПИЧЬЕ И БОЛЬШОЙ КАЛЫГИРЬ ПЕТРОПАВЛОВСКО-КОМАНДОРСКОЙ ПОДЗОНЫ

С.В. Липнягов

Мл. н. с., Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683003, Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (4152) 41-27-01. E-mail: lipnyagov.s.v@kamniro.ru

АЗИАТСКАЯ ЗУБАСТАЯ КОРЮШКА, РАЗМЕРНО-МАССОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ВОЗРАСТНОЙ СОСТАВ

Статья посвящена сравнительной характеристике биологических показателей азиатской зубастой корюшки. Проводится сравнительный анализ биологических данных представителей рода *Osmerus mordax dentex* из двух озер, находящихся в одной подзоне (Петропавловско-Командорская). Первичные данные взяты из водоемов, расположенных в восточной части Камчатки: озер Нерпичье и Большой Калыгирь в январе–марте 2012–2014 гг.

COMPARATIVE CHARACTERIZATION OF BIOLOGICAL PARAMETERS OF TOOTHED SMELT *OSMERUS MORDAX DENTEX* IN NERPICHYE AND BOLSHOY KALYGIR LAKES OF THE PETROPAVLOVSK-COMMANRED SUBZONE

S.V. Lipnyagov

Researcher, Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683003, Petropavlovask-Kamchatsky, Naberedzhnaya Str., 18
Tel.: (4152) 41-27-01. E-mail: lipnyagov.s.v@kamniro.ru

TOOTHED SMELT, SIZE AND WEIGHT PARAMETERS, AGE COMPOSITION

The paper provides comparative characterization of Asian toothed smelt *Osmerus mordax dentex* of two lakes in one Petropavlovsk-Commander fisheries subzone on the base of analysis of biological data. The data were obtained from January–March samples from the lakes Nerpichye and Bolshoy Kalygir, East Kamchatka, in 2012–2014.

Азиатская зубастая корюшка *Osmerus mordax dentex* — арктическо-бореальный вид (Правдин, 1966). Распространена в Арктике: у берегов Евразии — Белое (повсеместно), Карское (южная часть), Лаптевых (южная часть), Восточно-Сибирское (южная часть), Чукотское (южная часть) моря; у берегов Северной Америки — море Бофорта на восток вдоль Канадской Арктики до залива Коронации. В Тихом океане: у берегов Азии — Берингово (повсеместно), Японское (вдоль материка: на юг до Вонсана, Северная Корея; вдоль островов: на юг до залива Тояма, о. Хонсю) моря, Юго-Восточная Камчатка, Курильские острова, Япония на юг до Токио, о. Хонсю; у берегов Северной Америки — залив Аляска, на юго-восток до мыса Гекаты, Орегон (Берг, 1948; Клюканов, 1969; Клюканов, 1975). Основные запасы этого вида в Петропаваловско-Командорской подзоне сосредоточены в двух солоновато-водных озерах лагунного типа: Нерпичье и Большой Калыгирь.

Азиатская зубастая корюшка является типичным представителем ихтиофауны прибрежного комплекса дальневосточных морей, хозяйственно ценным, но сравнительно малоизученным видом рыб. 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. Зубастая корюшка — проходная рыба (Андрияшев, Чернова, 1994). Половая зре-

лость наступает в возрасте от 2+ до 4+ (редко 5+) (Берг, 1948; Кириллов, 1972; Василец, 2000).

Исследуемые водоемы: оз. Нерпичье и оз. Большой Калыгирь.

Нерпичье озеро (рис. 1) — солоноватое озеро в восточной части полуострова Камчатка, самое крупное на Камчатке, на его южном берегу находятся рабочий поселок и порт Усть-Камчатск. Площадь озера — около 552 км². Озеро лагунного типа, представляет собой остаток морского залива, который отделился от моря после медленного поднятия берега. Имеет неправильную форму с большим заливом, вытянутым на северо-восток (оз. Култучное, 104 км²). Средняя глубина 51 м, максимальная глубина 148 м. Берега сильно заболочены. Из озера вытекает р. Озерная — приток р. Камчатки. Впадает 117 мелких рек и ручьев. Питание снего-дождевое. Соединяется с Камчатским заливом Тихого океана. В оз. Нерпичьем, кроме корюшки, обитает особая форма озерной сельди. Также в озере водятся лосось, некоторые виды карповых, хариус, навага.

Оз. Большой Калыгирь (рис. 2) является одним из наиболее значимых нагульно-выростных водоемов этого вида на восточном побережье Камчатки. Укрыто с трех сторон высокими берегами. Это глубокое озеро (в некоторых местах достигает 58 м) мало подвержено ветровому перемешиванию, и в нем существует постоянная стратификация. Питание снего-дождевое. Соединяется с Кроноцким заливом Тихого океана. После освобождения ото льда и до середины июня верхний слой воды сохраняет практически полную опресненность (Куренков, 2005). В оз. Большой Калыгирь кроме корюшки заходят сельдь, навага и другие рыбы.

Рис. 1. Озеро Нерпичье

Рис. 2. Озеро Большой Калыгирь

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В качестве материалов были привлечены биологические данные по азиатской зубастой корюшке из проб, собранных в озерах Нерпичье и Б. Калыгирь, в период январь–март 2012–2014 г. Общее количество проанализированных рыб составило 1358 экз. (из них оз. Нерпичье — 782, оз. Б. Калыгирь — 576 экз.). Сбор и статистическую обработку биологической информации осуществляли стандартными ихтиологическими и биометрическими методами (Правдин, 1966; Лакин, 1990).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основными элементами оценки биологической структуры традиционно считаются размерно-массовые критерии, возрастной состав и соотношение полов.

Анализ размерно-массовых показателей выявил, что в оз. Нерпичьем размеры рыб варьировали от 13 до 31 см при средней длине 22,5 см, а масса — от 12,7 до 266 г при средней 101,3 г. В оз. Б. Калыгирь размеры рыб: от 14 до 32 см, средняя длина — 26,2 см, масса — от 30 до 255,5 г при средней 147,5 г (рис. 3, 4).

В уловах из оз. Нерпичьего размерный ряд был достаточно обширен. В 2012 г. наибольшую долю составляли особи размером 22–28 см, в 2013 — 19–

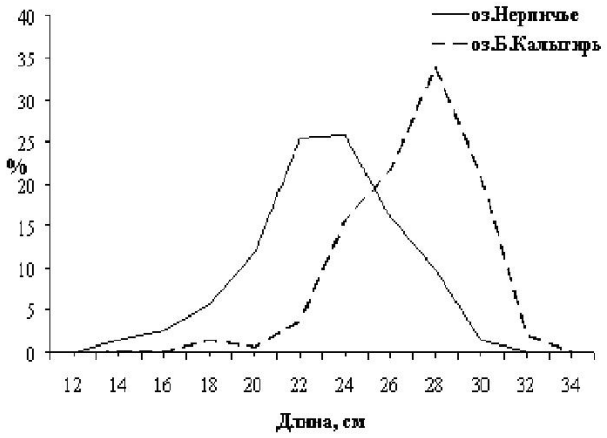


Рис. 3. Размерный состав азиатской зубастой корюшки за 2012–2014 гг., оз. Нерпичье и Б. Калыгирь

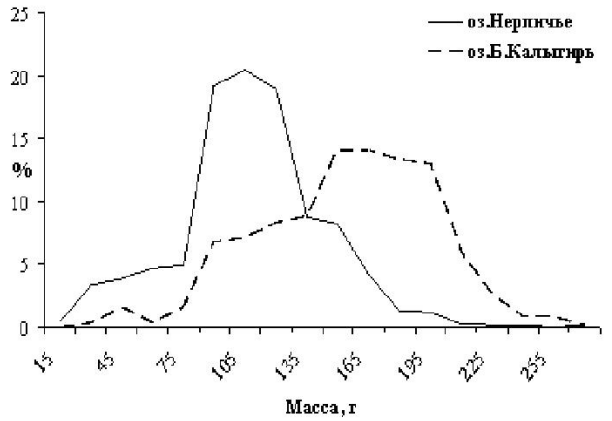


Рис. 4. Массовый состав азиатской зубастой корюшки за 2012–2014 гг., оз. Нерпичье и Б. Калыгирь

24 см, в 2014 — 16–24 см. Рыбы, пойманные в оз. Б. Калыгирь, отличаются узким спектром размеров. В 2012 г. преобладали рыбы длиной 27–31 см, в 2013 — 26–29 см, в 2014 — 23–26 см (рис. 5).

Биологические показатели азиатской зубастой корюшки

Оз. Нерпичье:

2012 г. Размерный состав корюшки изменялся в пределах от 20 до 31 см, в среднем 24,2 см, масса — 38–266 г и 111,1 г соответственно (рис. 5, 6). В уловах незначительно преобладали самцы (50,5%), их размеры не превышали показатели самок. *Самки*: длина — от 21 до 31 см (в среднем 24,9), масса — от 38 до 266 г (в среднем 121,6). У *самцов* были отмечены следующие показатели: длина — от 20 до 30 см (23,5 см), масса — от 66 до 198 г (в среднем 100,8).

2013 г. Размеры корюшки варьировали от 17,5 до 29 см (в среднем 20,8), масса — 45–240 г и 105,3 г соответственно (рис. 5, 6). В уловах преобладали самцы (55%), их размеры не превышали показатели самок. *Самки:* длина — от 17,5 до 29 см (в среднем 20,4), масса от 45 до 240 г (в среднем 98). У *самцов* были отмечены следующие показатели: длина — от 17,5 до 29 см (20,2 см), масса — от 45 до 240 г (в среднем 95,5).

2014 г. Размерный состав изменялся в пределах от 13 до 28 см (в среднем 19,1), масса — 2,7–197,8 г и 60,9 г соответственно (рис. 5, 6). В уловах значительно преобладали самцы (78%), их размеры не превышали показатели самок. *Самки:* длина — от 15 до 28 см (в среднем 21,9), масса — от 21,7 до 197,8 г (в среднем 91,3). У *самцов* были отмечены следующие показатели: длина — от 13 до 26,5 см (18,2), масса — от 12,7 до 184 г (в среднем 51,7).

Оз. Большой Калыгирь:

2012 г. Размерный состав корюшки изменялся в пределах от 23,5 до 32,5 см (в среднем 27,7), масса — 98–248 г и 167,2 г соответственно (рис. 5, 6). В уловах преобладали самцы (60,7%), их размеры не превышали показатели самок. *Самки*: длина — от 24,5 до 32,5 см (в среднем 28,3), масса — от 114 до 248 г (в среднем 178). У *самцов* были отмечены следующие показатели: длина — от 23,5 до 31 см (27,2 см), масса — от 98 до 246 г (в среднем 159,9).

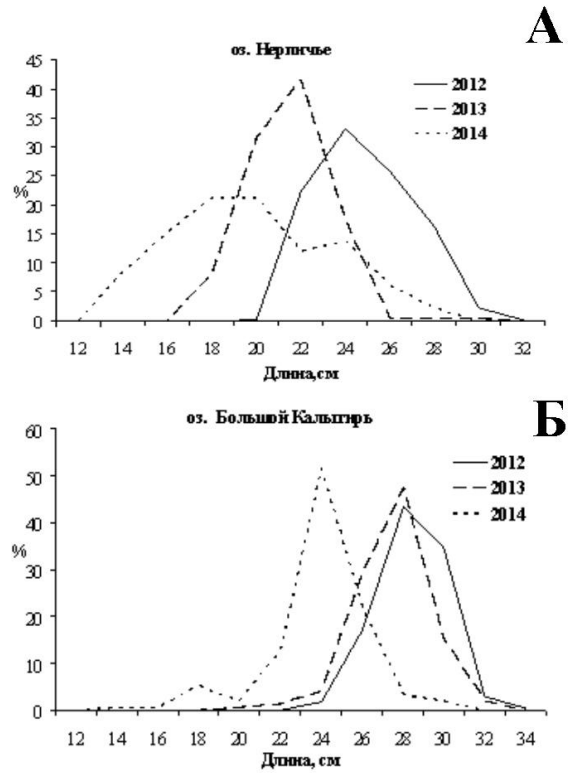


Рис. 5. Размерный состав азиатской зубастой корюшки в 2012–2014 гг.: А — оз. Нерпичье, Б — оз. Б. Калыгирь

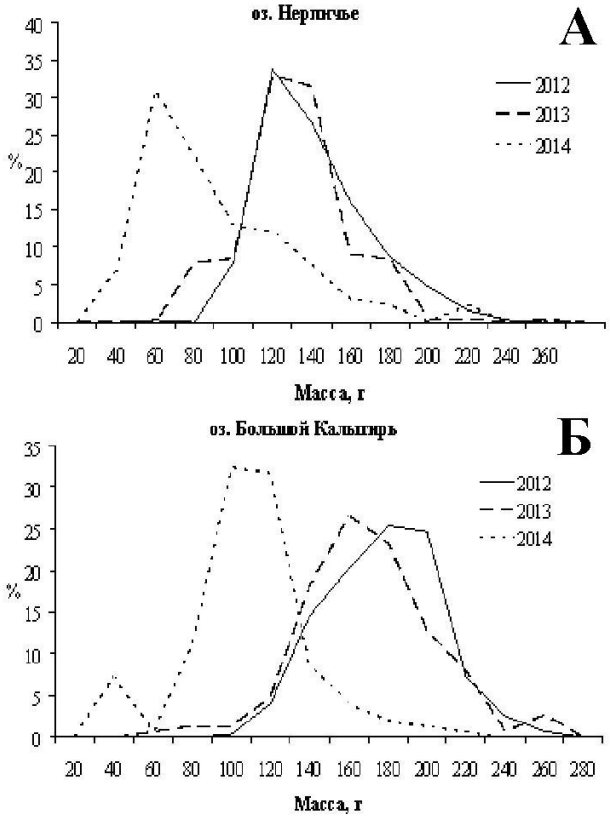


Рис. 6. Массовый состав азиатской зубастой корюшки в 2012–2014 гг.: А — оз. Нерпичье, Б — оз. Б. Калыгирь

2013 г. Размеры корюшки варьировали от 20 до 32 см (в среднем 26,8), масса — 53,1–255,5 г и 159,8 г соответственно (рис. 5, 6). В уловах незначительно преобладали самки (51,3%), их размеры не превышали показатели самцов. *Самки:* длина — от 23 до 32 см (в среднем 27,3), масса — от 96,3 до 255,5 г (в среднем 170,8). У *самцов* отмечены следующие показатели: длина — от 20 до 30 см (26,2 см), масса — от 53,1 до 217 г (в среднем 147,4).

2014 г. Размерный состав изменялся в пределах от 14 до 29,7 см (в среднем 23), масса — 30–202 г и 98,5 г соответственно (рис. 5, 6). В уловах преобладали самцы (57,6%), их размеры не превышали показатели самок. *Самки:* длина — от 19 до 29,7 см (в среднем 23,8), масса — от 56 до 202 г (в среднем 106,6). У *самцов* отмечены следующие показатели: длина — от 14 до 28 см (22,4 см), масса — от 30 до 190,5 г (в среднем 91,9).

Определение возраста корюшки осуществлялось по чешуе (рис. 7). Чешуя рыб из этих двух озер визуально ничем не отличалась от чешуи азиатской зубастой корюшки, взятой для анализа из других водоемов Камчатки (например, р. Большой, оз. Б. Вилюй, р. Ука и др.).

В 2012, 2013 гг. в оз. Нерпичьем преобладают рыбы возрастом 3–4 года, а в оз. Б. Калыгирь — 4–5 лет. В уловах 2014 г. в оз. Нерпичьем преобладали особи возрастом 2–3 года, а в оз. Б. Калыгирь — 3–4 года (рис. 8).

Из гистограмм, представленных выше (рис. 8), видно, что доминируют старшие возрастные группы озера Б. Калыгирь в разные годы. Скорее всего, это связано с более доступным местоположением оз. Нерпичьего. Оно находится в непосредственной близости от поселка Усть-Камчатск. В феврале 2014 г., на протяжении всего нашего пребывания на оз. Нерпичьем при выполнении НИР (2 недели), мне довелось наблюдать, как местные жители на снегоходах или пешком добирались каждый день на водоем для ловли корюшки с целью добычи и продажи. Скупщик приезжает каждый час. Данное мероприятие очень похоже на «работу» с графиком с 6:00 до 15:00, а не на спортивно-любительское рыболовство. По моим наблюдениям, рыбаков, добывающих корюшку (именно корюшку, так как на ловлю другой рыбы, например сельди, приходилась уже другая группа людей, которая была менее многочисленна, в среднем 10 чел. в день, а также находилась на удалении 15 км от поселка), было минимум 32 чел., максимум — 123 чел., в среднем 63 чел. в день. Улов каждого точно не известен, т. к. наблюдать за этим в течение всего дня не представлялось возможным. А рыбаки правды не

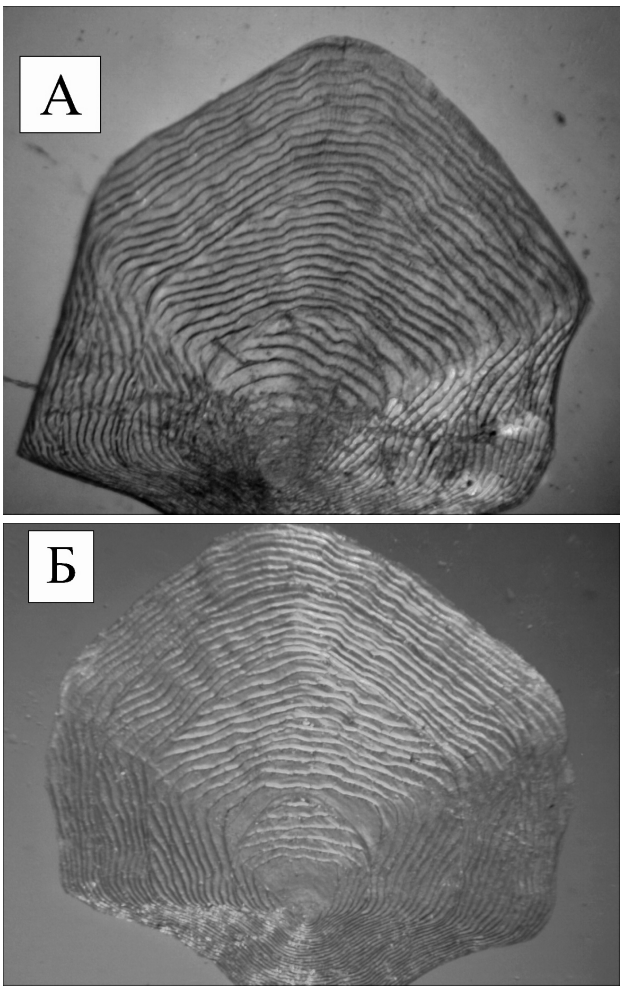


Рис. 7. Чешуя азиатской зубастой корюшки возрастом 4+ в 2013 г.: А — оз. Б. Калыгирь, Б — оз. Нерпичье

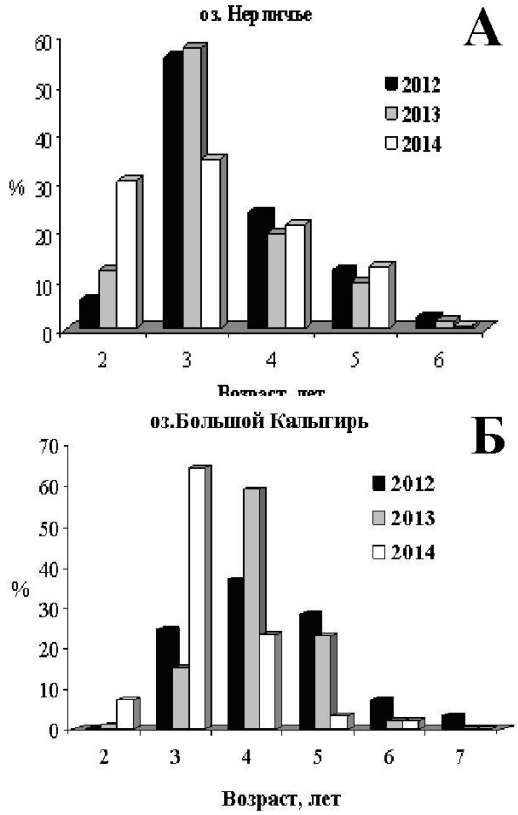


Рис. 8. Возрастной состав азиатской зубастой корюшки в 2012–2014 гг.: А — оз. Нерпичье, Б — оз. Б. Калыгирь

скажут. На мой взгляд, средний вылов одного человека составляет 15–20 кг. Вероятно, эти показатели могут быть и на порядок выше. Данный вид лова в основном осуществляется в зимне-весенний период, в результате чего заметно возрастает нагрузка на незрелую часть рыб, что и сказывается на запасах зубастой корюшки в озерах Нерпичье и Б. Калыгирь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показал различие особей в размерно-массовой и возрастной структуре азиатской зубастой корюшки, обитающей в оз. Нерпичьем, от рыб из оз. Большой Калыгирь. Длина корюшки оз. Большой Калыгирь и оз. Нерпичьего в уловах изменялась в пределах 14–32 см (в среднем 26,2) и 13–31 см (22,5 см) соответственно. Наименьшую длину и массу имеет корюшка оз. Нерпичьего, соответственно наибольшую — оз. Б. алыгирь. Масса корюшки оз. Большой Калыгирь и оз. Нерпичьего изменялась от 30 до 255,5 г при средней 147,5 г и от 12,7 до 266 г (101,3 г) соответственно.

Результаты исследования возрастного состава рыб из оз. Б. Калыгирь показывают доминирование групп старших возрастов в отличие от рыб из оз. Нерпичьего. Максимальный возраст рыб, отмеченный в пробах азиатской зубастой корюшки оз. Нерпичьего, составляет 6+ лет, оз. Большой Калыгирь — 7+ лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андрияшев 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.

Берг Л.С. 1948. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Ч. 1. М-Л.: АН СССР. 466 с.

Василец П.М. 2000. Корюшки прибрежных вод Камчатки: Дисс. … канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 21–25.

Кириллов Ф.Н. 1972. Рыбы Якутии. М.: Наука. 360 с.

Клюканов В.А. 1969. Морфологические основы систематики рода корюшек *Osmerus* // Зоол. журн. Т. 48. Вып. 1. С. 99–109.

Клюканов В.А. 1975. Систематика и родственные отношения корюшек родов *Osmerus* и *Hypomesus* и их расселение // Зоол. 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 639.371.1: 556.531.4 DOI 10.15853/978-5-902210-45-36

ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛЫХ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДЫ В ПРИМОРЬЕ

В.Г. Марковцев

Ст. н. с., к. б. н., Тихоокеанский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО-Центр)
690091, Владивосток, пер. Шевченко, 4
Тел., факс: (423) 240-71-46, (423) 230-07-51. E-mail: markovtsev@tinro.ru

ВОДОТОК, РЕКА, МОЛОДЬ КЕТЫ, ТЕМПЕРАТУРА, ГРАДУСОДНИ, ВЫКЛЕВ, НАВЕСКА, ВЫПУСК

Первые частные лососевые заводы в Приморье в качестве технологической воды используют источники с теплой природной водой. Два первых сезона их работы показали, что в биотехнику культивирования кеты на них требуется внесение некоторых изменений. В частности, существует проблема получения молоди кеты с показателями массы тела покатников, превышающих нормативы. Возникает необходимость задержки развития икры в период ее инкубации. В период подращивания молоди температура природных источников, напротив, очень благоприятная. Следовательно, температурный режим должен быть индивидуальным на каждой из стадий развития икры и молоди. В данной работе рассматривается вариант использования дифференцированного подхода к технологическому процессу на частных заводах Приморья.

FEATURES OF CHUM SALMON (*ONCORHYNCHUS KETA*) CULTIVATION WITH THE USE OF HOT SPRING WATERS IN PRIMORIE

V.G. Markovtsev

Senior scientist, Ph. D., Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography (TINRO-Center)
690091, Vladivostok, Shevchenko, 4
Tel., fax: (423) 240-71-46, (423) 230-07-51. E-mail: markovtsev@tinro.ru

STREAM, RIVER, JUVENILE CHUM SALMON, TEMPERATURE, DEGREE-DAYS, HATCHING, WEIGHING, RELEASE

Pilot private hatcheries in Primorie have been using natural hot springs as a source of warm water for technical operations. Two working seasons have it demonstrated that current biotechnology of chum salmon cultivation should be changed. It is demonstrated in particular, that juvenile chum salmon gain too much body weight, exceeding the norm. That indicates the need to provide a delay in egg development in the course of incubation. On the contrary, the temperature of the water from the hot springs is very favorable for the period of juvenile griwth, and that indicates of specific temperature conditions to be adjusted at every stage of egg and juvenile development. The article provides analysis of differentiated approach to the use of the hot spring waters in private hatcheries in Primorie.

Большинство приморских рек восточного склона Сихотэ-Алиня являются горными или предгорными водотоками, где в силу природных причин отсутствуют большие нерестовые площади для одного из основных видов лососей — приморской кеты. Промышленный вылов этого вида в крае в последние годы отсутствует. При этом отмечается даже снижение возврата производителей. Достаточно сказать, что возможный вылов кеты в 2015 г. составил всего 148 т. Очевиден факт, что без развития искусственного воспроизводства этого вида в крае невозможно добиться устойчивого промышленного лова кеты (Курганский, Марковцев, 2006; Горяинов и др., 2007). Вместе с тем, долгие годы в Приморье развитию лососеводства не придавалось должного внимания. Дальше разработки программ и утверждения их губернатором края дело не доходило. Кроме строительства двух государственных заводов в начале 80-х годов XX века финансовых средств не выделялось. Толчок процессу дала только частная инициатива, когда две коммерческие организации осуществили строительство малых лососевых заводов. Так, в Ольгинском районе ООО «Фурманово» построило и эксплуатирует ЛРЗ «Вербное», а в Дальнегорском районе СХПК «Лидовское» эксплуатирует ЛРЗ «Лидовский».

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для подготовки данной статьи послужили собственные измерения температуры воды автором, а также данные рыбоводных журналов двух частных лососевых заводов в течение двух сезонов. Промеры молоди кеты осуществлялись автором непосредственно на заводах. Измерения осуществлялись на свежепойманных рыбах по принятым методикам. Измерения температуры проводили прибором Chectemp 1 HANNA, взвешивание молоди осуществляли на электронных весах Модель TH-213 с точностью до 0,01 гр. Для построения графика использовалась программа Microsoft Excel v. 7.0. Фотографии выполнены автором камерой Canon PC 1586.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При разработке обоснований на строительство новых частных заводов изначально исходили из необходимости поиска теплой природной воды, пригодной по своему химическому составу для разведения кеты. Такие источники (лимнокрены) нами были найдены в низовье некоторых рек Приморья. Температура воды в них, по сравнению с базовыми реками государственных заводов, иная (табл. 1). Особняком стоит ситуация в р. Киевке, которая типична для поверхностных вод рек Приморья в зимнее время.

На двух из перечисленных рек построены частные лососевые заводы (ЛРЗ «Вербное» и ЛРЗ «Лидовское»). На других строительство заводов планируется.

Государственные заводы проектировались в конце 70-х годов XX века, и требования для их обоснования были иные. Например, Рязановский завод расположен на реке с холодной водой, и на нем предусмотрели возможность подогрева технологической воды. Барабашевский завод использует воду с природной температурой, и это является одним из его недостатков.

В условиях отсутствия в большинстве районов Северного Приморья государственных линий электрических сетей, несмотря на удорожание, требуется установление на заводах индивидуальных дизельгенераторов. Использование котельных для подогрева технологической воды изначально не рассматривалось при обосновании, так как это значительно снижает эффективность работы любого завода. Только природная теплая вода является основанием для размещения завода.

Первые три нерестовых сезона работы двух частных заводов показали, что технологический процесс на них должен быть иным. Оптимальная температура воды в период инкубации икры кеты должна быть в пределах +4 °С. Как видно из данных приведенной таблицы, температура воды природных лимнокренов иная. Учитывая расположение заводов на побережье северных районов края, где оптимальная для кеты температура морской воды (+5–6 °С) наступает к середине апреля, раннее развитие молоди кеты не желательно. Инкубация икры при температуре от 5 до 7 °С приводит к тому, что к середине апреля 2014 г. молодь на заводах имела следующие показатели (табл. 2).

Из данных таблицы 2 видно, что к моменту выпуска молодь кеты имела биологические показатели намного выше нормативных (0,8–1,0 г) на обоих заводах, что не всегда желательно для выживания молоди при переходе ее в морскую воду, так как при большей массе у молоди может наступать смолтификация еще в пресной воде.

В целях предотвращения данной ситуации перед закладкой икры осенью 2014 г. заводам была дана рекомендация по регулированию температуры в период инкубации (табл. 3).

Фактически на ЛРЗ «Вербное» была организована подача воды с временного водозабора р. Вербной (вер-

Таблица 1. Температурный режим некоторых рек Приморья по месяцам (Марковцев, 2013)

Река, длина в км	Январь	Февраль	Март	Апрель
Рязановка, 34 км	2,1	1,9	2,6	4,4
Барабашевка, 61 км	0,5	1,0	1,1	2,5
Лидовка (ручей Безымянный) 8 км	5,0	7,0	7,0	7,9
Вербная, не более 6 км	6,5	6,5	8,5	7,9
Тумановка, 34 км	4,0	4,0	4,0	3,9
Черная, 51 км	4,0	4,0	4,0	3,6
Осиновка, не более 6 км	5,7	5,5	4,2	4,0
Киевка (русло), 105 км	0,5	0,5	0,5	3,0
Валуновка, не более 10 км	3,0	3,0	3,5	4,2
Ключ Холодный, не более 2 км	3,5	2,5	3,0	4,7

Таблица 2. Биологические показатели молоди кеты на частных заводах весной 2014 г.

Завод	Длина, АС, см			Масса, г		
	Макс.	Мин.	Сред.	Макс.	Мин.	Сред.
ЛРЗ «Вербное»	6,5	4,0	5,16	2,18	1,2	1,64
ЛРЗ «Лидовский»	6,4	4,0	5,12	2,1	1,1	1,58

Таблица 3. Фактический в 2013 г. и рекомендованный температурный режим заводов и градусодни в развитии икры в 2014 г.

Завод	Октяб.	Нояб.	Декаб.	Янв.	Фев.	Март
ЛРЗ «Вербное»	7,5	7,3	7,5	7,8	6,3	5,5
Градусодни без корректировки	232,5	451,5	684	925,8	1102	1272
ЛРЗ Вербное»	7,5	7,3	***4,5***	***4,5***	***4,5***	***4,5***
Градусодни с корректировкой	***232,5***	***454,5***	***594,5***	***733,5***	***859,5***	***994,5***
ЛРЗ «Лидовское»	7,5	7,3	5,9	5,9	5,9	6,2
Градусодни без корректировки	232,5	451,5	634	817	990	1195
ЛРЗ «Лидовское»	7,5	7,3	***4,5***	***4,5***	***4,5***	***4,5***
Градусодни с корректировкой	***232,5***	***454,5***	***594,5***	***733,5***	***859,5***	***994,5***
Барабашевский ЛРЗ (2010)**	274	493	699	789	847	959

* Курсивом выделена рекомендованная температура воды на сезон 2014/15 г.
** Данные по Барабашевскому ЛРЗ приведены для сравнения

ховодка). В результате со второй половины декабря и почти до конца января в инкубационном цеху температура воды была около +3 °С. В дальнейшем использовалась вода из дренажного водозабора (рис. 1).

На ЛРЗ «Лидовское» была принята попытка задержки развития икры путем охлаждения протока подаваемой воды через охладитель вне цеха (рис. 2). К сожалению, его эффективность была очень низкая, так как не удалось сколько-либо существенно понизить температуру воды в инкубационных аппаратах (рис. 1). В результате весной 2015 года на заводах была получена молодь кеты с различными показателями (табл. 4).

Как наглядно видно, молодь завода, на котором не удалось задержать развитие икры путем снижения температуры (ЛРЗ «Лидовский), к моменту выпуска имела показатели, намного превышающие нормативы для данного завода (1,0–1,1 г). Вполне вероятно, что в дальнейшем это может сказаться на величинах коэффициентов возврата производителей на завод. В силу этого руководству завода рекомендовано осенью 2015 г. применить понижение температуры воды в период инкубации икры в пределах 3–3,5 °С.

Имеется еще один положительный аспект использования природных теплых вод. В расширенных частях данных водотоков возможно размещение русловых садков, в которых осуществляется подращивание молоди кеты до выпуска ее в море (рис. 3).

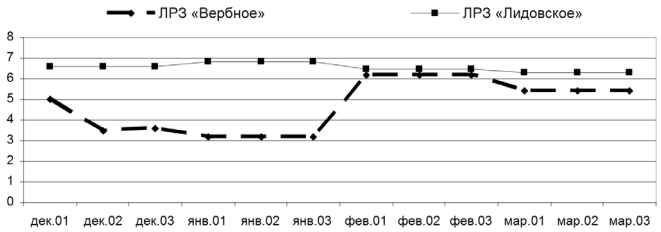


Рис. 1. Подекадный температурный режим технологической воды на двух частных заводах в сезон 2014/15 г.

Рис. 2. Система охлаждения воды на ЛРЗ «Лидовское»

Таблица 4. Масса молоди кеты при выпуске с частных заводов в 2015 г.

Завод	Масса тела, мг			Длина тела, см		
	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.
ЛРЗ «Вербное»	1650	1140	880	5,9	5,35	4,2
ЛРЗ «Лидовский»	2780	1685	1010	7,0	6,42	5,8

В данных садках происходит подращивание молоди кеты без трат электроэнергии для использования насосов. Молодь размещается в садки с благоприятными природными условиями из инкубационных аппаратов после рассасывания желточного мешка, без предварительной раскормки ее в бассейнах завода. Тем самым значительно сокращаются затраты

Рис. 3. Русловые садки на ЛРЗ «Вербная»

завода как на использование электронасосов, так и на сооружение бассейнов в инкубационном цеху. Фактически перевод молоди в садки для завода означает отключение насосной станции. Если учесть необходимость использования дизель-генераторов на малых заводах, то преимущества частных перед государственными заводами очевидны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, теплые природные воды Приморья целесообразно использовать для размещения на них малых лососевых заводов. Гидрохимический состав вод и их температурный режим позволяют получать стандартную молодь кеты со значительным снижением затрат на весь технологический процесс. Последнее очень важно для заводов с частной формой собственности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Горяинов А.А., Шаталина Т.А., Лысенко А.В., Заволокина Е.А. 2007. Приморская кета (рыбохозяйственный очерк). Монография. Владивосток: ТИНРО-Центр. 198 с.

Курганский Г.Н., Марковцев В.Г. 2006. Перспективы лососеводства в Приморском крае / Природа без границ. Мат-лы Международного экологического форума. Часть 1. Владивосток. С. 248–253.

Марковцев В.Г. 2013. О создании промышленных группировок кеты на реках Северного Приморья // Бюллетень № 8 Изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 172–175.

УДК 799.11 DOI 10.15853/978-5-902210-45-37

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ И СПОРТИВНОЕ РЫБОЛОВСТВО В ЕНИСЕЙСКОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ РАЙОНЕ

В.А. Заделенов, Е.Н. Шадрин

Ст. н. с., к. б. н.; директор, к. б. н.; Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоемов
660097, Красноярск, ул. Парижской Коммуны, 33
Тел.: (391) 258-15-34. E-mail: nii_erv@mail.ru

СПОРТИВНОЕ РЫБОЛОВСТВО, ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ РЫБОЛОВСТВО, ОКУНЬ, ХАРИУС, ЕНИСЕЙСКИЙ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ РАЙОН

Представлена информация о спортивном и любительском рыболовстве в Енисейском рыбохозяйственном районе. Приведены статистические данные по организации любительского и спортивного рыболовства в Енисейском рыбохозяйственном районе. Показано, что в последние годы указанные виды рыболовства могут составлять до 2,5–3,0 тыс. т в год.

RECREATIONAL AND SPORT FISHING IN THE YENISEI DISTRICT FISHERIES

V.A. Zadelenov, E.N. Shadrin

Senior scientist, Ph. D.; Director, Ph. D.; Scientific Research Institute of Ecology of Fishery Reservoirs
660097, Krasnoyarsk, Paris Commune Str., 33
Tel.: (391) 258-15-34. E-mail: nii_erv@mail.ru

SPORT FISHING, RECREATIONAL FISHING, PERCH, GRAYLING, YENISEI FISHERIES DISTRICT

Information on the sport and recreational fisheries in the Yenisei fisheries district is represented. Statistical data on organization of recreational and sport fishing in the Yenisei fisheries district are provided. It is demonstrated that in recent years these types of fishing could provide the catch up to 2.5–3.0 thousand tons a year.

При современном уровне развития общества в нашей стране ощущается отсутствие научно-обоснованной организации любительского рыболовства, а ранее существовавшие культурные рыболовные хозяйства находятся в состоянии деградации. В России до сих пор не выработан единый подход к развитию и изучению любительского рыболовства.

В соответствии с Федеральным законом «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004, статьей 16 определено, что «любительское и спортивное рыболовство — деятельность по добыче (вылову) водных биоресурсов в целях личного потребления и в рекреационных целях».

Очевидно, что назрела необходимость изучения этого современного феномена «Любительское и спортивное рыболовство» и в Енисейском рыбохозяйственном районе, включающем Красноярский край, Республику Тыва и Республику Хакасия (площадь — 2,5 млн км^2).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Методы получения материалов, характеризующих проблему любительского и спортивного рыболовства в Енисейском рыбохозяйственном районе — личный опыт авторов работы в любительском рыболовстве (не менее 40 ежегодных выходов на рыбалку за 2000–2014 гг.); анонимное анкетирование всех категорий рыбаков, независимо от их взаимоотношений с законом (ежегодный опрос 50 человек с 2005 по 2012 гг.); анализ деятельности Енисейского территориального управления Росрыболовства, связанной с пресечением незаконной ловли (добычи) рыбы (200 протоколов о нарушениях сроков и Правил рыболовства за 2002–2006 гг. на среднем течении Енисея); 24 протокола региональной общественной спортивной организации «Федерация рыболовного спорта Красноярского края» за 2012–1015 гг. (РОСО «ФРСКК»).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предваряя результаты исследований, заметим, что характеристика такой многогранной проблемы практически невозможна в рамках какой-либо одной системы классификации. Здесь стоит оперировать с позиций нескольких областей: юридической, ихтиологической, социологической, промысловой и т. д.

Спортивное рыболовство

Рыболовный спорт формально появился в СССР в 1958 г. До начала 1990-х гг. его развитием в России занимались «Росохотрыболовсоюз» (РОРС) и Федерация рыболовного спорта РСФСР, созданная при Госкомспорте. В начале 1990-х гг. Федерация прекратила свое существование, и РОРС остался единственной организацией, руководившей рыболовным спортом. Приказом Госкомспорта № 51 от 11.02.1997 рыболовный спорт признан официальным видом спорта и внесен в перечень спортивных дисциплин. Также РОРС имел аккредитацию (т. е. разрешение) от Министерства спорта на проведение официальных всероссийских, а также международных спортивных соревнований на территории Российской Федерации, а также право на формирование национальных сборных команд для участия в международных соревнованиях по рыболовному спорту. В регионах организацией рыболовных соревнований традиционно занимались региональные Общества охотников и рыболовов, которые подчинялись РОРСу. Федеральный закон «О физической культуре и спорте в РФ», принятый в 2007 г., потребовал от субъектов РФ аккредитовать только одну региональную спортивную федерацию по одному виду спорта.

В 2010 г. инициативной группой рыболовов-любителей проработана законодательная база, установлены связи с Министерством спорта Красноярского края, подготовлены соответствующие документы и проведено Учредительное собрание. Летом 2010 г. была создана Региональная общественная спортивная организация «Федерация рыболовного спорта Красноярского края» (РОСО «ФРСКК»), целью которой являются развитие спортивного рыболовства, его пропаганда, формирование и реализация плана развития рыболовного спорта, а также проведение спортивных мероприятий и подготовка спортсменов – членов спортивных сборных команд городов, районов и Красноярского края в целом. А также подготовка спортивного судейского корпуса, проведение мастер-классов, семинаров, организация обмена опытом со спортсменами из других регионов.

На сегодня РОСО «ФРСКК», в соответствии с Федеральным законом от 04.12.2007 № 329-ФЗ «О физической культуре и спорте в Российской Федерации», с Порядком государственной аккредитации региональных спортивных федераций, утвержденным приказом Министерства спорта, туризма и молодежной политики Российской Федерации от 20.02.2009 № 49, аккредитовано. Спортивные соревнования проводятся в соответствии с «Правилами вида спорта „Рыболовный спорт“», утвержденными приказом Минспорттуризма России от 05 апреля 2010 г. № 288. Расходы, связанные с подготовкой и проведением соревнований, несет РОСО «Федерация рыболовного спорта Красноярского края» за счет взносов участников и членских взносов, так как других источников финансирования нет.

Перед каждым соревнованием организаторы публикуют полные условия проведения — «Положение о соревнованиях» на интернет-сайтах, посвященных активному образу жизни, рыбалке. Стоимость участия зависит от условий проведения. В среднем организационный взнос составляет от 300 до 500 рублей с одного участника.

В Положении к соревнованиям организаторы пишут подробно о месте сбора участников, схеме и способах проезда к месту проведения соревнований и т. д.

Рыболовный спорт в Красноярском крае включает в себя спортивные дисциплины: ловля карпа; ловля поплавочной удочкой; ловля спиннингом; ловля на блесну со льда; ловля на мормышку со льда.

Соревнования по ловле карпа, поплавочной ловле и спиннингу проводятся в сезон открытой воды, а мормышка и зимняя блесна предполагают ловлю рыбы со льда. Ловля на поплавочную удочку и мормышку проводится с использованием живых насадок. Спиннинговая ловля и ловля со льда на зимнюю блесну требуют от рыболова активного перемещения и поиска рыбы, а ловля ведется с использованием исключительно искусственных приманок. Фактически, все дисциплины рыболовного спорта проводятся в соответствии с «Правилами проведения официальных международных соревнований по ловле рыбы» Международной Федерации рыболовного спорта в пресной воде (Federation Internationale de la peche sportive en eau douce — F.I.P.S.e.d).

Всего в сезоне (лето или зима) проводится от четырех до шести региональных соревнований по той или иной дисциплине. Средний вылов на спортсмена-рыболова за 1 тур проведения соревнований практически по любому виду рыболовного спорта в Красноярском крае составляет до 3–5 кг, при этом основу уловов в дисциплинах «ловля поплавочной удочкой; ловля спиннингом; ловля на блесну со льда; ловля на

мормышку со льда» составляют окунь и ерш. Другие виды (плотва, елец, лещ и др.) составляют в уловах менее половины и только в летний период (табл. 1).

Таблица 1. Уловы (кг) на рыболова-спортсмена на турнирах Красноярского края в 2015 г. (данные РОСО «ФРСКК»)

Дисциплины	Чемпионат Красноярского края	Рождественская блесна	Назаровская мормышка
Мормышка	0,52	–	0,225
Зимняя блесна	0,79	0,48	–

Любительское рыболовство

Любительское рыболовство является популярным видом отдыха во многих развитых странах мира (к примеру, в Западной Европе, Австралии, Канаде, Новой Зеландии и в Соединенных Штатах Америки), а также в таких странах, как Аргентина, Ботсвана, Бразилия, Мексика, Таиланд, Чили и Южная Африка (в некоторых из них оно начало развиваться лишь недавно). По определению, любительское рыболовство не является товарным: улов, как правило, не идет на продажу. Пойманная рыба может быть отпущена на волю, оставлена в качестве трофея, может быть съедена или же продана, но последние два вида ее использования не являются самоцелью. Тем не менее, этот подсектор может вносить существенный вклад в экономику на местном и национальном уровне посредством занятости во вторичных секторах.

В странах Европейского союза снаряжением для любительского рыболовства торгуют более 3000 компаний — производителей и оптовиков, обеспечивающих работой 60 000 человек. Средства, ежегодно затрачиваемые европейскими рыболовами-любителями на свое увлечение, включая связанные с ним транспортные и гостиничные услуги, оцениваются в общей сложности более чем в 33 млрд долларов США.

В последние годы в бассейне Енисея все большую популярность приобретают любительские рыболовные соревнования, фестивали, мастер-классы и другие формы общения рыболовов-любителей. Подобные встречи-состязания проводят рыболовные магазины, интернет-клубы, администрации городов и районов, предприятия. Каждый устроитель таких мероприятий отталкивается от своего видения правил и процедуры проведения, определяет свои цели. Уловы на участника таких фестивалей, как правило, не превышают 1,5–2,0 кг хариуса, окуня и ерша.

Если касаться степени подробности исследования любительского лова, то здесь необходимо учитывать много факторов, одним из которых является влияние экономической обстановки. Смена экономической формации в России в постсоветский период очень сильно влияла практически на все аспекты любительского лова.

В первые годы рыночной экономики, когда практически не выдавалась зарплата, а если и выдавалась, то инфляция в совокупности с задержками превращали финансы в чистую символику, достаточно обширные слои населения были вынуждены перейти на заработки охотой и рыболовством. Впрочем, такая ситуация сохраняется и сейчас, особенно за пределами крупных промышленных центров, где население развалившихся поселков живет с «воды и тайги».

Однако определенная стабилизация экономики и усиление юридических функций реструктуризировали любительский лов. Ряд рыболовов сменил род занятий. Другие перешли в категорию простых любителей, ловящих рыбу только на крючковые снасти (разрешенные существующими правилами рыболовства). Третьи включились в сформировавшийся «незаконный оборот рыбы», который довольно органично вписался в современную многоукладную экономику и его особенности (иначе говоря — браконьеры). Появилась также новая категория рыбаков, генерированная новой стороной бизнеса — экстримом, для которых главным фактором успешной рыбалки является выезд на рыбалку на внедорожной (авиа, авто и др.) технике по принципу: «там никто не бывал».

Кроме, того, необходимо отметить, что в настоящее время в Енисейском рыбохозяйственном районе развивается любительское рыболовство как «организованное», так и «неорганизованное».

«Организованное» проводится в соответствии с Федеральным законом «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» (от 20.12.2004 г. № 166-ФЗ), статья 24 «Любительское и спортивное рыболовство», пункт 5: «На рыбопромысловых участках, предоставленных юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям для организации любительского и спортивного рыболовства на основании договоров, предусмотренных статьей 33.3 настоящего Федерального закона, любительское и спортивное рыболовство осуществляется гражданами при наличии путевки (документа, подтверждающего заключение договора возмездного оказания услуг в области любительского и спортивного рыболовства)».

В сфере оказания услуг в области любительского рыболовства в 2014 г. в Енисейском рыбохозяйственном районе имелось 20 пользователей, из них 18 — в Красноярском крае, 3 — в Республике Хакасия. Самый крупный пользователь — ФГБУ «Енисейрыбвод», занимающийся этим видом деятельности в обоих субъектах. Этот тип рыболовства указанным пользователем проводится в соответствии с «Порядком оказания платных услуг сервиса рыболовам-любителям», разработанным ФГБУ «Енисейрыбвод» от

21.10.2009 г., и регламентируется следующими нормативными документами:

– Уставом, утвержденным приказом Федерального агентства по рыболовству 31.05.2011 г. № 529;

– приказом Федерального агентства по рыболовству от 22.05.2006 года № 126 «Об организации любительского и спортивного рыболовства»;

– договором о предоставлении рыбопромысловых участков для организации любительского и спортивного рыболовства.

Ежегодно под этот вид рыбохозяйственной деятельности проводится оценка состояния запасов и определение объемов общих допустимых уловов (ОДУ) водных биологических ресурсов во внутренних водных объектах Енисейского рыбохозяйственного района; в соответствии с прогнозом ОДУ выделяются объемы вылова как ценных видов рыб, так и видов рыб, в отношении которых устанавливается рекомендованный объем добычи.

Собственно «любительское» рыболовство, или «неорганизованное», на всей территории Енисейского рыбохозяйственного района всегда было, есть и будет, и базируется на вылове рыбы любительскими орудиями лова (крючковыми) круглогодично. Лов рыбы проводится, в основном, в водных объектах бассейна Енисея (в связи с особенностью расселения жителей Красноярского края, Республики Хакасия и Республики Тыва).

В Республике Хакасия любительский лов рыбы широко распространен в озерах Абаканской группы озер, Красноярском и Саяно-Шушенском водохранилищах, а также в притоках Енисея.

В Республике Тыва любительский лов рыбы распространен в Саяно-Шушенском водохранилище и реках бассейна Енисея.

Объектами любительского лова являются наиболее массовые виды рыб: окунь, плотва, лещ, щука, сазан, елец — в водохранилищах Ангаро-Енисейского каскада; хариус, таймень, ленок, сиг, елец — в р. Енисей и его притоках от Республики Тыва до устья р. Ангары; сиг, щука, налим, окунь, плотва, елец — ниже устья р. Ангары, сиговые и гольцы в бассейнах рек Пясины и Хатанги.

Основу уловов любительского рыболовства на водоемах как самого Енисея, так и его придаточной системы, составляют хариус, елец, далее следуют таймень и ленок.

Таймень и ленок в водотоках, примыкающих к промышленно развитым центрам, а также в местах, где проводятся туристические сплавы (т. е. там, где у населения есть возможность добираться до любой реки в любое время года, а также в районах, где ведется разработка россыпных месторождений золота), стали крайне редки.

Статистические данные по организации любительского и спортивного рыболовства в Енисейском рыбохозяйственном районе («организованного» любительского рыболовства) в 2014 г. показывают следующее. По типам водных объектов наибольший объем любительского рыболовства приходится на реки (около 70% заявленных квот и около 90% общего вылова). Наиболее востребованными, как и в предыдущие годы, являлись ценные виды рыб (сиговые р. Енисей). По другим водным объектам процент освоения выделенных квот ввиду малой ценности рыбы либо труднодоступности водоема значительно меньше и на ряде водоемов равен 0.

В 2014 г. в Енисейском рыбохозяйственном районе выловлено любителями 94,1 т рыбы, в том числе в Красноярском крае — 86,6 т, в Республике Хакасия — 7,5 т. Основными объектами любительского лова («организованного» или «лицензионного») в 2014 г., как и в предыдущие годы, являлись наиболее ценные виды рыб (сиговые), с явным доминированием арктического омуля, сига и тугуна в низовьях Енисея. Этот вид рыбной ловли (сиговых видов) от общего вылова любителями составил, согласно статистическим сведениям, около 63% (табл. 2).

Таблица 2. Вылов рыбы (организация любительского и спортивного рыболовства) в 2010–2014 гг. в Енисейском рыбохозяйственном районе (данные Енисейского территориального управления Федерального агентства по рыболовству)

Регион	2010	2011	2012	2013	2014
Красноярский край	85,7	73,0	92,7	93,7	86,6
Республика Хакасия	13,2	9,8	7,01	10,6	7,5

Деятельность ФГБУ «Енисейрыбвод» при организации любительского рыболовства в северных труднодоступных районах Енисейского рыбохозяйственного района фактически направлена на обеспечение «законной» рыбалки «за плату» определенных видов рыб, которые невозможно добыть крючковыми любительскими орудиями лова (полупроходные виды сиговых рыб) для местного населения. Иными словами — лова рыбы на пропитание.

Таким образом, в соответствии с «Порядком оказания платных услуг рыболовам-любителям в целях организации любительского и спортивного рыболовства…», понятие любительского и иногда «любительского и спортивного рыболовства» трактуется вариантно:

– во-первых, рыбалка в первую очередь служит развлечением или спортом для определенной категории любителей;

– во вторых, добыча рыбы для пропитания.

Под второй вариант толкования больше подходит термин «потребительский промысел», как вид любительского рыболовства с особыми мерами регулирования. Разница между потребительским промыслом (когда человек, ловящий рыбу, далек от мысли об отдыхе на природе и озабочен добычей пропитания для себя и семьи) и современным рекреационным любительским рыболовством (когда лов рыбы является увлечением и видом активного отдыха) очевидна и должна учитываться. Тем более, что возмущение любителей – жителей индустриальных центров вызывает применение сетных орудий лова рыбы в густонаселенных регионах Енисейского рыбохозяйственного района.

Однако, анализируя уловы рыболовов-любителей («организованный» и «неорганизованный»), приходим к выводу, что реальный вылов значительно превосходит официальные статистические данные. Приведем результаты процедуры экспертного оценивания, при котором получена не истинная оценка вылова (ее получение практически невозможно из-за большой длины береговой линии Енисея), а та, которая удовлетворяет (не противоречит) определенному комплексу условий (ограничений – непротиворечивая оценка).

Так, объемы любительского лова только одного, наиболее массового вида рыб Красноярского водохранилища — окуня — всегда были сопоставимы с промышленными и, возможно, даже превосходят их. Иллюстрация этого — лов окуня в зимний период в Красноярском водохранилище. В качестве методов получения материалов использовалось анонимное анкетирование рыболовов-любителей, производящих подледный лов рыбы на крючковые снасти (блесна горизонтальная и вертикальная, мормышка).

При этом воспользуемся следующими данными. Примерно 5% мужского населения России увлекается спортивным и любительским ловом рыбы (Заделенов и др., 2010). На исследуемом участке (Красноярское водохранилище) любительским и спортивным ловом активно занимается, как правило, один человек в семье. Приняв в качестве оценки население региона, примыкающего к данной акватории, 1,5 млн человек (жители гг. Красноярска, Дивногорска, Минусинска, Абакана и поселков различного типа), считаем, что рыбалкой занимаются в среднем до 25 тыс. человек. По опросам, зимней рыбалкой занимаются не более трети всех рыболовов-любителей. Среднее количество выездов на зимнюю рыбалку составляет 10. Зимние наблюдения за рыболовами показали, что в качестве средней сезонной нормы можно принять 2,0 кг/день окуня (Заделенов, Шадрин, 2011).

В соответствии с изложенными выше материалами, ежегодный объем любительского лова окуня в Красноярском водохранилище в зимний период составляет не менее 500 т в год.

С учетом развитого любительского лова окуня в летний период, общий объем вылова этого вида в водных объектах региона составляет не менее 600 т в год, это при том, что официальный любительский вылов в 2014 г. — чуть более 10 т (промышленный — 959,7 т) (Заделенов, Шадрин, 2011).

Другой пример — лов хариуса на участке р. Енисей (около 200 км) г. Дивногорск – с. Казачинское.

В качестве методов получения материалов использовалось анонимное анкетирование всех категорий рыбаков, независимо от их взаимоотношений с законом, контрольные ловы на крючковые снасти.

Если принять, что любительским и спортивным ловом активно занимается один человек в семье, а в качестве оценки населения региона, примыкающего к данной акватории, величину 1 млн чел., тогда рыбалкой занимаются в среднем 16 тыс. человек.

Круглогодичные наблюдения за рыболовами с удочками показали, что в качестве среднегодовой нормы можно принять 0,7 кг/день хариуса с берега. Причем они ловят не более 6 часов. Однако в нерестовый период улов в данной категории повышается до 5–6 кг/день и может доходить до 12 кг.

Другие достоверные данные относятся к норме вылова плавной сетью (проблема «лицензионного лова»). Выезд рыболовов с плавной сетью продолжается два дня и осуществляется один раз в выходные дни. Кроме опрошенных рыболовов (и собственных материалов по отлову хариуса), на участке 20 км, как правило, находятся в любой период 2–3 лодки с рыбаками, оснащенными плавными сетями. Следовательно, в среднем на лодку приходится 5 км акватории реки. За выезд добывается (в период с апреля по октябрь) 100–150 кг, в октябре — 100 кг. В целом за сезон, с марта по октябрь, вылавливается на одну лодку 1,5 т, или 0,4 т/км^2, или 4 кг/га. Особенность лова плавной сетью — рыбалка на нерестилищах. Во время такого лова может добываться за два сплава (район с. Казачинского) до 500 экз. хариуса при общей массе 117 кг (Гайденок и др., 2006).

К числу особенностей лова плавной сетью можно отнести то,что после двух дней лова по сплавному участку можно больше не рыбачить, причем за это время удается провести 3–5 сплавов. Один сплав приносит в среднем 30 кг. Вылов в сутки на человека — 30 кг.

Можно также рассчитать вылов с 1 м^2 сплавного участка. Сеть длиной 75 м охватывала реально 60 м

с учетом прогиба. Средняя длина сплава — 1,5 км. Тогда 3 м^2 сплава приносят 1 г рыбы, а 900 м^2 — одного хариуса в 300 г. За пять дней бригада рыбаков осваивает около 10 км реки. Последний показатель является стандартным промысловым для р. Енисей на протяжении от г. Дивногорска до устья, несмотря на то, что ниже Ангары уже происходит смена объектов рыбодобычи (Гайденок и др., 2006).

Третий тип достоверных сведений относится к категории рыбаков, выезжающих в период апрель–октябрь на два дня выходных проводить лов с лодки. Снасти — удочки. В летние месяцы рыболовы отлавливают от 1 до 12 кг на 6 удочек за выезд; в сентябре — от 3 до 9 кг за выезд (Гайденок и др., 2006).

В соответствии с изложенным выше, ежегодный объем любительского лова хариуса за период на рассматриваемом участке составляет более 130 т в год.

Учитывая сходные условия обитания хариуса в нижнем бьефе плотины Саяно-Шушенской ГЭС, можно оценить и количество вылова этого вида в р. Енисей — около 250–300 т/год. С учетом развитого в Приенисейском регионе любительского лова хариуса в притоках Енисея, общий объем вылова хариуса в бассейне может составлять не менее 400 т в год, и это при том, что официальный любительский вылов хариуса в 2014 г. — 9,539 т (промышленный — около 56 т) (Гайденок и др., 2006; Заделенов и др., 2010; Заделенов, Шадрин, 2011).

Применяя процедуру экспертного оценивания к другим видам, используемым в этом типе рыболовства, становится понятным, что любительский вылов сопоставим с промышленным и составляет не менее с 2005 по 2012 гг., по всему Енисейскому рыбохозяйственному району.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, любительский лов в сочетании с недооцениваемым статистикой объемом добычи официальными промысловиками может незаметно и быстро вывести из строя ту или иную популяцию рыб. А поскольку все те же лососевые и сиговые — основные объекты любительского лова, то в первую очередь именно над ними нависла реальная угроза подрыва их запасов. В результате нерационального промысла происходят существенные негативные изменения в структуре и численности популяций ценных видов рыб (о чем ярко свидетельствует Красная книга Красноярского края), а государство недополучает налоги, причем в значительных размерах.

Во избежание усугубления этого процесса необходимо проведение мониторинга состояния ихтиофауны основных водных объектов, в том числе и оценивая реальные объемы добычи в любительском рыболовстве, что будет основой создания условий сохранения рыбопромыслового потенциала водоемов и водотоков региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гайденок Н.Д., Глечиков В.В., Гулимов А.В., Друк Б.Г., Еремеев Б.А., Заделенов В.А., Корнев С.Ф., Чмаркова Г.М. 2006. Потребительский лов хариуса р. Енисей на участке «Дивногорск – Казачинское» // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГиМС. Вып. 8. С. 62–67.

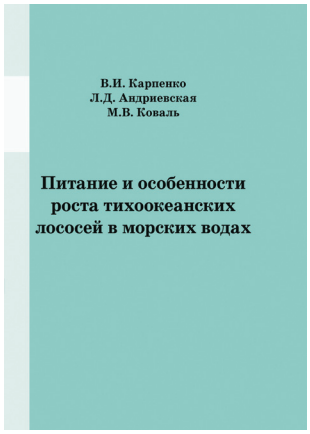
Заделенов В.А., Шадрин Е.Н., Мучкина Е.Я. 2010. Характеристика состояния любительского рыболовства в Красноярском крае // Инновации в науке и образовании: опыт, проблемы, перспективы развития. Мат-лы Всерос. очно-заочной науч.-практич. конф. с межд. участием. Красноярск: Красноярск. гос. аграрн. ун-т. С. 351–355.

Заделенов В.А., Шадрин Е.Н. 2011. Характеристика состояния любительского рыболовства в Енисейском рыбохозяйственном районе // Тезисы докладов Всеросс. конф. «Рыбохозяйственной науке России — 130 лет». М.: ВНИРО. С. 130–132.

ИЗДАТЕЛЬСТВО ФГУП «КАМЧАТНИРО» ПРЕДЛАГАЕТ:

Бугаев А.В. **Преднерестовые миграции тихоокеанских лососей в экономической зоне России.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2015. 416 с.

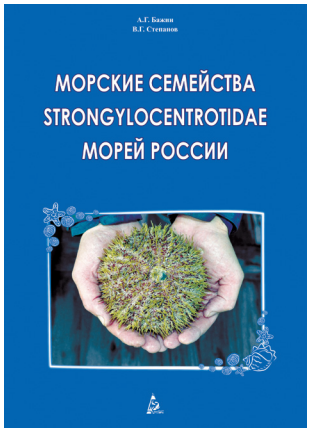
В представленной монографии рассмотрен заключительный этап морского периода жизни азиатских тихоокеанских лососей во время преднерестовых миграций в беринговоморских и тихоокеанских водах исключительной экономической зоны Российской Федерации (ИЭЗ РФ). Наблюдениями охвачен ряд 1995–2008 гг. В работе задействован массив многолетних данных, полученных в результате исследований, проводимых на дрифтерных судах в юго-западной части Берингова моря и северо-западной части Тихого океана. В сборе материала принимали участие сотрудники многих рыбохозяйственных НИИ Дальнего Востока и Москвы. Всего в работе использованы данные показателей контрольных уловов и биологических анализов, полученные в результате 177 рейсов российских и японских дрифтерных судов (7208 сетепостановок). Объектами исследований были пять видов тихоокеанских лососей — нерка, кета, горбуша, чавыча и кижуч. В процессе работы биоанализу подвергнуто около 140 тыс. рыб. Накопленная информация позволила рассмотреть важнейшие жизненные критерии созревающих тихоокеанских лососей — пространственно-темпоральное распределение и динамику уловов, основные биологические показатели, питание, внутривидовую структуру преднерестовых скоплений, а также выявить основные факторы, определяющие характер их преднерестовых миграций. Систематизирован массив биологических данных на уровне рассматриваемого 14-летнего периода дрифтерных наблюдений. Проведен сравнительный анализ полученной информации в связи с заметным ростом численности лососей, который был отмечен во всех регионах Северной Пацифики в начале 2000-х годов. В книгу включено много первичных данных, позволяющих их использовать в дальнейших исследованиях. Она адресована научным сотрудникам, занимающимся вопросами биологии морского периода жизни тихоокеанских лососей, экологам, студентам высших учебных заведений, работникам рыбохозяйственных предприятий и силовых структур, контролирующих воспроизводство и добычу лососей.



Карпенко В.И., Андриевская Л.Д., Коваль М.В. **Питание и особенности роста тихоокеанских лососей в морских водах.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2013. 304 с.

Монография представляет собой обобщение накопленной в лаборатории морских исследований лососей ФГУП «КамчатНИРО» многолетней архивной информации, а также результатов собственных исследований питания и роста тихоокеанских лососей в морской период жизни. В течение 50-летнего периода изучения использована единая методика сбора, обработки и анализа трофологических материалов.

Описаны районы обитания лососей камчатских популяций и исследованы основные факторы среды, влияющие на их питание и рост в море. Для этого изучен состав пищи и оценены пищевые потребности пяти видов (горбуши, кеты, нерки, кижуча и чавычи) на отдельных этапах морского периода жизни. Изучена многолетняя динамика весового роста лососей, возвращающихся на нерест к побережью Камчатки. Исследованы межвидовые пищевые отношения лососей в море.



Бажин А.Г., Степанов В.Г. **Морские семейства Strongylocentrotidae морей России.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2012. 196 с.

Монография посвящена описанию основных биологических особенностей морских ежей семейства Strongylocentrotidae *морей России, их видового состава, распространения, морфологии и изменчивости, процессов размножения и развития, экологии. Кроме того, содержит материалы о практическом использовании, технологиях переработки и особенностях промысла морских ежей и о некоторых аспектах их использования в научных целях.*

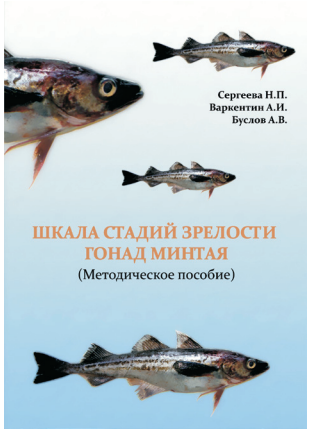
Книга адресована биологам, специалистам по добыче и обработке морского биологического сырья, а также студентам рыбохозяйственных, биологических и рыбопромысловых факультетов и всем, интересующимся природой моря.

Снюрреводный лов. Под общ. ред. к.т.н., доцента М.Н. Коваленко / Коваленко М.Н., Широков Е.П., Малых К.М., Сошин А.В., Адамов А.А. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2012. 168 с.

В монографии рассмотрены вопросы становления и современного состояния технологии снюрреводного лова с судов среднего, малого и малого маломерного классов на Камчатке. Работа представляет собой обобщение накопленной в лаборатории промышленного рыболовства ФГУП «КамчатНИРО» информации о снюрреводном лове, а также результатов собственных исследований. Предназначена для специалистов добычи, судоводителей, конструкторов и научных сотрудников, занятых на промысле и проведении научно-исследовательских работ при лове донных видов рыб снюрреводами с судов среднего, малого и малого маломерного флота, а также студентов, обучающихся по специальностям «Промышленное рыболовство» и «Промысловое судовождение».

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

В монографии обобщены сведения о географической изменчивости фауны камбал в водоемах, омывающих дальневосточные берега России, изложены результаты исследования ее пространственной структуры. Рассмотрены особенности сезонного батиметрического и термического распределения представителей камбалообразных рыб в различных районах. Проведена классификация различных типов их распределения по глубинам. Установлено образование камбалами комплексов видов, местообитания которых характеризуются близкими глубинными и температурными условиями. Исследована географическая изменчивость сроков нереста у 56 видов камбалообразных рыб. Высказана гипотеза о наличии у камбал северной части Тихого океана двух адаптивных стратегий нереста. Построена общая концепция популяционной структуры тихоокеанского черного палтуса. Дана характеристика динамики численности популяций пяти массовых видов камбал восточной части Охотского моря. На основе ряда наблюдений построены математические модели популяционного роста численности и биомассы этих рыб, а также формирования численности их поколений в зависимости от некоторых популяционных и внепопуляционных факторов.



Сергеева Н.П., Варкентин А.И., Буслов А.В. **Шкала стадий зрелости гонад минтая.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2011. 92 с.

Минтай — наиболее значимый объект современного рыболовства в Дальневосточном регионе. На основании полученных авторами ранее результатов по исследованию особенностей полового созревания, оогенеза и сперматогенеза североохотоморского минтая приводится шкала стадий зрелости гонад минтая, включающая определение семи стадий, характеризующих развитие половых желез самок, и шести стадий — самцов. Дается описание величины и внешнего вида гонад, степени упругости, зернистости (самки), текучести семенной жидкости, ГСИ, состава и размеров ооцитов текущего фонда. Каждая выделенная стадия иллюстрируется характерным фотоизображением гонады в полости тела, извлеченной гонады, показан вид ооцитов при просмотре с помощью бинокуляра и соответствующий стадии гистологический срез яичника и семенника. Также показаны изменения цвета и величины гонад в процессе созревания и нереста, характерные образы гонад разных стадий зрелости часто встречаемых оттенков цветов. Приводится словарь с пояснениями используемых терминов.

Для приобретения изданий необходимо выслать (факсом или электронной почтой) заявку,
с указанием реквизитов, согласно которой будет выставлен счет на предоплату.
После оплаты счета заказанная литература отправляется почтой по указанному адресу.
Пересылка — за счет заказчика.

Адрес издательства ФГУП «КамчатНИРО»
683000 Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18
Тел.: (4152) 412-701
E-mail: kamniro@kamniro.ru

ISBN 978-5-902210-45-0

Сборник научных трудов

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
I Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Ивановича Куренкова (7–9 октября 2015 г., г. Петропавловск-Камчатский)

Главный редактор С.Л. Рудакова
Ответственный редактор Т.В. Борисова
Ответственный секретарь М.В. Варкентин
Перевод на английский А.А. Шурыгина
Корректор Т.В. Борисова

Автор фото на обложке Игорь Шпиленок (www.shpilenok.ru)

Подписано в печать 06.10.2015. Формат 60×84/8

Научное электронное издание комбинированного распространения
37 Мб, 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
URL: http://www.kamniro.ru/files/KamchatNIRO2015.pdf

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