

ISSN 2072-8212

*Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии*

*Russian Federal Research Institute
of Fisheries and Oceanography*

**ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ
БИОЛОГИЧЕСКИХ
РЕСУРСОВ КАМЧАТКИ
И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ
ТИХОГО ОКЕАНА**

Научный рецензируемый журнал

**Выпуск 56
2020**

**THE RESEARCHES OF THE AQUATIC
BIOLOGICAL RESOURCES
OF KAMCHATKA
AND THE NORTH-WEST PART
OF THE PACIFIC OCEAN**

Scientific peer-reviewed journal

**Vol. 56
2020**



Главный редактор: д.б.н. Ю.П. Дьяков, главный научный сотрудник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия)
Зам. редактора: д.б.н. В.В. Максименков, ведущий научный сотрудник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия)
Ответственный секретарь: М.В. Варкентин, зав. издательством Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия)

Редакционная коллегия:

д.б.н. Н.В. Кловач, зав. лабораторией ВНИРО (Москва, Россия),
д.б.н. В.Ф. Бугаев, вед. научный сотрудник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.б.н. А.М. Токранов, директор КФ ТИГ ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.б.н. В.И. Карпенко, профессор кафедры КамчатГТУ (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.б.н. Н.Г. Клочкова, профессор кафедры КамчатГТУ (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.б.н. А.М. Бурдин, старший научный сотрудник КФ ТИГ ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.б.н. П.А. Балыкин, главный научный сотрудник ЮНЦ РАН (Ростов-на-Дону, Россия),
д.б.н. А.М. Каев, главный научный сотрудник Сахалинского филиала ВНИРО («СахНИРО») (Южно-Сахалинск, Россия),
д.б.н. А.В. Бугаев, зам. руководителя Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.б.н. Т.А. Клочкова, доцент кафедры КамчатГТУ (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.т.н. О.М. Лапшин, ООО «АКВАРОС» (Москва, Россия),
к.б.н. Е.А. Шевляков, зав. отделом Тихоокеанского филиала ВНИРО («ТИПРО») (Владивосток, Россия),
к.б.н. С.Л. Рудакова, вед. научный сотрудник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.т.н. М.Н. Коваленко, советник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.б.н. Н.Ю. Шпигальская, руководитель Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.б.н. М.В. Коваль, вед. научный сотрудник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.б.н. Е.В. Лепская, зав. лабораторией Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.б.н. А.И. Варкентин, зам. руководителя Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.б.н. С.И. Корнев, зав. лабораторией Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.физ.-мат.н. И.М. Белкин, Университет Род-Айленда (США).

УДК 639.2.053.7(268.4)

Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Научный рецензируемый журнал. Вып. 56. 2020. 145 с.

Объектами исследований являются морские анадромные и пресноводные рыбы, промысловые беспозвоночные, морские млекопитающие, а также условия обитания видов. Рассматриваются проблемы структуры сообществ, дифференциации популяций, ихтиологии, экологии, трофологии, физиологии, гидробиологии, паразитологии, гидрологии и гидрохимии, рыбного хозяйства и экономики. Включенные в журнал работы будут интересны ихтиологам, гидробиологам, экологам, паразитологам, студентам биологических факультетов вузов, работникам рыбохозяйственных организаций, а также всем, кто связан с освоением, охраной и воспроизводством биологических ресурсов северо-западной части Тихого океана.

The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. Scientific peer-reviewed journal. Vol. 56. 2020. 145 p.

The objects of the researches made include marine, anadromous and freshwater fish species, commercial invertebrates, marine mammals and the habitats. The issues analyzed concern the structure of the communities, the differentiation of the populations, fish biology, ecology, trophology, physiology, hydrobiology, parasitology, hydrology and hydrochemistry fisheries and economics have analyzed. The articles selected in this collection are expected to be interesting for a wide circle of fish biologists, hydrobiologists, ecologists, students of high school and many other people working in the fishery institutions, i.e. to everyone whose activity might be connected to the exploration, protection and sustainable management of the aquatic biological resources in the north-west part of the Pacific Ocean.

СОДЕРЖАНИЕ

Вып. 56, 2020

Оригинальные научные статьи

- Новикова О.В., Наумова Т.Н., Новиков Р.Н., Дьяков Ю.П., Коломейцев В.В., Матвеев А.А.** Влияние климато-океанологических условий на динамику численности некоторых промысловых видов пелагического и донного рыбных сообществ восточной части Охотского моря 5
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Фельдман М.Г.** Исследования нереста нерки в бассейне Начикинского озера (Юго-Западная Камчатка) с помощью квадрокоптера в 2018 г. 35
- Малых К.М., Демченко Д.В., Дубынин В.А., Коваленко М.Н.** Оценка численности мигрирующих на нерест производителей нерки (*Oncorhynchus nerka*) стада р. Озерной гидроакустическим методом 63
- Волобуев В.В., Горохов М.Н., Коршукова А.М., Макаров Д.В.** Биологическая характеристика, состояние запасов и промысловое использование кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) в Магаданской области в начале XXI века 74
- Кириллова Е.А., Кириллов П.И., Павлов Д.С.** Скот молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в р. Малая Хузи (северо-восток о. Сахалин) в 2018 г. 84
- Будникова Л.Л., Безруков Р.Г.** Амфиподы (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) сублиторали коряжского побережья (Берингово море) 93
- Лабай В.С., Новоселова А.И., Абрамова Е.В., Березова О.Н., Корнеев Е.С., Шарлай О.Б., Шпилько Т.С.** Макробентос типичного малого водотока Южных Курильских островов (на примере ручья б/н, остров Шикотан) 107
- Саушкина Д.Я., Виноградская А.В.** Некоторые результаты апробации средства «Альдофикс» при фиксации ихтиопланктона на примере икры минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) 120
- ### Краткие сообщения
- Полтев Ю.Н.** О вынужденном и позднем нересте северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* Pallas, 1810 (Scorpaeniformes: Hexagrammidae) в водах Северокурильских островов 127

CONTENTS

Vol. 56, 2020

Full Articles

- Olga V. Novikova, Tatyana A. Naumova, Roman N. Novikov, Yuri P. Diakov, Vladimir V. Kolomeytsev, Andrei A. Matveev.** The influence of the climatic and oceanological conditions on the stock dynamics of some commercial species of pelagic and bottom fish communities of the eastern part of the Sea of Okhotsk 5
- Oleg M. Zaporozhets, Galina V. Zaporozhets, Mark G. Feldman.** Investigation of the spawning sockeye salmon in the pool of the Nachikinskoe Lake (South-Western Kamchatka) with the help of a quadcopter in 2018 35
- Kirill M. Malykh, Dmitriy V. Demchenko, Vladimir A. Dubynin, Mikhail N. Kovalenko.** The assessment of the adult escapement of the Ozernaya River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) with the hydroacoustic method 63
- Vladimir V. Volobuev, Maksim N. Gorokhov, Anna M. Korshukova, Daniil V. Makarov.** Biological characteristics, stock condition and commercial use of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) in Magadan Region at the beginning of the XXI century 74
- Elizaveta A. Kirillova, Pavel I. Kirillov, Dmitrii S. Pavlov.** Seaward migration of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) fry in the Malaya Khuzi River (North-Eastern Sakhalin) in 2018 84
- Ludmila L. Budnikova, Roman G. Bezrukov.** Amphipods (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) of the sublittoral of Koryak coast (Bering Sea) 93
- Vyacheslav S. Labay, Alena I. Novoselova, Eugenia V. Abramova, Olga N. Berezova, Egor S. Korneev; Oksana B. Sharlay, Tatiana S. Shpilko.** Macrobenthos of a typical small stream of the Southern Kuril Islands (example of nameless stream, Shikotan Island) 107
- Darya Ya. Saushkina, Anastasia V. Vinogradskaya.** Some of test results of the “Aldofix” in fixing the phytoplankton on the example of eggs of walleye pollock *Theragra chalcogramma* 120
- ### Short communications articles
- Yuri N. Poltev.** About the forced and later spawn of Atka mackerel *Pleurogrammus monoptyerygius* Pallas, 1810 (Scorpaeniformes: Hexagrammidae) in the waters of the North Kuril Islands 127

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТО-ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ ПЕЛАГИЧЕСКОГО И ДОННОГО РЫБНЫХ СООБЩЕСТВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

О.В. Новикова, Т.Н. Наумова, Р.Н. Новиков, Ю.П. Дьяков, В.В. Коломейцев, А.А. Матвеев



*Вед. н. с., к. б. н.; н. с.; ст. н. с.; вед. н. с., д. б. н.; н. с., н. с.; Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО») 683600 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел./факс: 8 (4152) 41-27-01, 42-19-88. E-mail: Novikova.o.v@kamniro.ru*

ЗАПАДНОКАМЧАТСКИЙ ШЕЛЬФ, СЕЛЬДЬ, НАВАГА, ТРЕСКА, МНОГОИГЛЫЙ КЕРЧАК, ЖЕЛТОПЕРАЯ КАМБАЛА, БЕЛОКОРЫЙ ПАЛТУС, ЧЕРНЫЙ ПАЛТУС, КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ, ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ

На основе многолетних данных (1971–2018 гг.), включающих биологическую статистику и ряды наблюдений 10 климатических индексов, был проведен пошаговый многомерный регрессионный анализ, позволивший выделить наиболее значимые климатические факторы, воздействующие на численность некоторых видов рыб восточной части Охотского моря на разных стадиях онтогенеза. Все полученные результаты показали наличие значимых связей с численностью поколений рыб на втором году жизни и с численностью поколений рыб, достигших возраста массового полового созревания. На основе полученных уравнений множественной регрессии взаимосвязи численности рыб с отобранными наиболее активными климатическими индексами, были построены трехмерные регрессионные модели, удовлетворительно описывающие динамику исходных численностей некоторых видов рыб. Наибольшее влияние на сельдь оказали индексы SST, NPGO, SanSpot; на навагу — PNA; на треску — PDO; на многоиглого керчака — PNA, SanSpot; на желтоперую камбалу — SanSpot, PNA, AO; на белокорого палтуса — PDO, SSTa; на черного палтуса — SanSpot, NPGO. На пелагические, придонные и донные виды оказывали комплексное влияние как океанологические и метеорологические, так и планетарно-космические индексы.

THE INFLUENCE OF THE CLIMATIC AND OCEANOLOGICAL CONDITIONS ON THE STOCK DYNAMICS OF SOME COMMERCIAL SPECIES OF PELAGIC AND BOTTOM FISH COMMUNITIES OF THE EASTERN PART OF THE SEA OF OKHOTSK

Olga V. Novikova, Tatyana A. Naumova, Roman N. Novikov, Yuri P. Diakov, Vladimir V. Kolomeytsev, Andrei A. Matveev

*Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Researcher; Senior Scientist; Leading Scientist, D. Sc. (Biology); Researcher; Researcher; Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (“KamchatNIRO”) 683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel./fax: +7 (4152) 41-27-01, 42-19-88. E-mail: Novikova.o.v@kamniro.ru*

WEST KAMCHATKAN SHELF, HERRING, SAFFRON COD, PACIFIC COD, GREAT SCULPIN, YELLOWFIN SOLE, PACIFIC HALIBUT, GREENLAND TURBOT, CLIMATE INDICES, STOCK ABUNDANCE DYNAMICS

Stepwise multidimensional regressive analysis was carried out based on the long-term data (1971–2018), including biological statistics and series of observations on 10 climate indices, allowing to identify the most meaningful climatic factors affecting the numbers of some fish species at different stages of the ontogenesis in the Eastern part of the Sea of Okhotsk. All the results obtained indicate of existing true correlations with the number of the two-years-old individuals and the number of the fish reached the age of the mass (>50%) maturation. Three-dimension regression models, describing the dynamics of the initial number of some fish satisfactorily, were made, based on the obtained equations of multiple regression of the relationship between the number of the fish and the most effective climatic indices selected. The major indices affecting the abundance of different fish species are: SST, NPGO, SanSpot – Pacific herring; NPA – saffron cod; PDO – Pacific cod; NPA, SanSpot – great sculpin; SanSpot, PNA, AO – yellowfin sole; PDO, SSTa – Pacific halibut; Ice SanSpot, NPGO – Greenland turbot. Pelagic, demersal and bottom species are under the complex influence of the oceanographic, meteorological and planetary-space indices.

По абсолютному и относительному обилию ресурсов рыб и беспозвоночных западнокамчатский шельф, территориально относящийся к восточной части Охотского моря, является не только наибо-

лее богатым рыбопромысловым районом морской экономической зоны России (Борец, 1997; Шунтов, 1985, 1998; и др.), но и одним из наиболее продуктивных и важных в промысловом отношении рай-

онов Мирового океана. Список рыб в рассматриваемом районе насчитывает более 150 видов и подвидов, входящих в состав 32 семейств (Токранов и др., 1996; Борец, 1997; Шейко, Федоров, 2000; Черешнев и др., 2001), но основу ихтиомассы (более 93%) в диапазоне глубин 15–300 м в современный период составляют представители лишь четырех семейств: тресковых *Gadidae*, камбаловых *Pleuronectidae*, рогатковых *Cottidae* и сельдевых *Clupeidae*. В настоящее время промысел у западного побережья Камчатки обеспечивает более 20% общего вылова рыб России в Тихом океане (Терентьев и др., 2005).

Ранее утверждалось, что структура донных сообществ по сравнению с пелагическими более стабильна (Шунтов, Дулепова, 1996), а экосистемные перестройки охватывают главным образом динамические пелагические сообщества. В качестве исключения из донных видов отмечалась только треска, подверженная воздействию аналогичных естественных факторов (Шунтов и др., 1997). Но в последние годы в результате анализа учетных донных работ было сделано предположение, что в донных сообществах, как и в пелагических, идут сходные процессы, только у дна они более замедленные, чем в пелагиали, что, вероятно, связано с большей стабильностью придонных биотопов и с тем, что в них меньше представлены «коротковолновые» сильно флуктуирующие виды (Савин и др., 2011; Асеева, 2012). Так, если динамика запасов тресковых (без минтая) ранее определялась только состоянием запаса трески (Винников, 2008), то в последнее десятилетие впервые можем наблюдать замену доминант. Последнее десятилетие характеризуется постепенным сокращением запасов трески до низкого уровня и резким увеличением биомассы наваги (Новикова, 2017). В связи со снижением доли наиболее значимых семейств, таких как рогатковые и тресковые, в общей биомассе донных рыб исследуемого района возрастает значимость показателей биомассы второстепенных компонентов донных ихтиоценов — бельдюговых, морских лисичек и стихеевых (Винников, 2008).

Существуют различные точки зрения на причины флуктуаций численности биологических объектов. Согласно мнению одних исследователей (Ижевский, 1961), флуктуации численности вызывает комплекс взаимосвязанных изменений, происходящих в атмосфере, гидросфере и био-

сфере, регулируемых, в свою очередь, космогеофизическими факторами. Основополагающее значение в динамике стада придается количеству и качеству производителей, саморегулирующим свойствам популяции (Козлов, 1959; Никольский, 1974). Большинство исследователей связывают урожайность поколений рыб с количеством и качеством родителей, а также с изменением климатических условий (Моисеев, 1956; Юрьев, Старушенко, 1972; Семенов, 1973; Давыдов, 1975; Деметьева, 1976; Колесова, 1975, 1976; Гаврилов, Шарапова, 1982; Толстяк, 1990; Бондаренко и др., 2001; Дьяков, 2002; Терентьев и др., 2002; Глебова, 2003; Новикова, 2004; Кулик, 2009; Зуенко и др., 2010; Зуенко, 2011; Бугаев, Тепнин, 2011, 2015; Асеева, 2012; Горбатенко, Савин, 2012; Котенев и др., 2015; Фельдман, Шевляков, 2015; Бугаев и др., 2018).

Принято считать, что «изменчивость климата означает колебание среднего состояния статистических параметров, описывающих климат, для определенных временных и пространственных масштабов. Климатическая изменчивость описывается с помощью анализа комплекса статистических параметров, оказывающих влияние в целом на климатическую систему Земли или ее отдельные компоненты. Результаты таких измерений часто выражают через определенные индексы. Основной метод анализа с использованием климатических индексов — выявление скрытой или явной периодичности, позволяющий проводить прогностические действия с используемыми предикторами» (Бугаев и др., 2018).

В настоящее время не вызывает сомнений необходимость комплексного подхода в рыбохозяйственных исследованиях независимо от их направленности — биология видов, физико-географические условия, промысел (антропогенное влияние), управление запасами гидробионтов и т. д. Соответственно, и работ, посвященных решению этого вопроса, как указано выше, опубликовано довольно много. Обычно в них рассматривается влияние группы факторов, чаще какой-либо одной (например, метеорологических на значимый в промысловом отношении вид (минтай) или родственную группу видов (лососи)), либо в целом на сообщества гидробионтов (зоопланктон) в определенном районе.

Цель работы состоит в оценке комплексного влияния климатических факторов на численность

некоторых промысловых видов пелагического и донного рыбных сообществ восточной части Охотского моря. Для ее достижения были поставлены следующие задачи: оценить корреляционные связи динамики численности исследуемых видов рыб и климатических индексов между собой; проанализировать прямое и комплексное влияние климатических факторов на численность рыб на разных стадиях онтогенеза; отобрать наиболее значимые климатические факторы, влияющие на динамику численности изучаемых видов, построить на их основе регрессионные модели численности рыб.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В качестве исходного статистического материала в работе использованы оценки численности наваги (1987–2018 гг.), трески (1971–2018 гг.) и черного палтуса (2001–2018 гг.), выполненные методом когортной модели «Синтез» (Ильин и др., 2014). Для оценки численности многоиглого керчака (1986–2018 гг.), желтоперой камбалы (1971–2018 гг.) и белокорого палтуса (2000–2017 гг.) был применен метод прямого учета (донные траловые съемки) (Волвенко, 1998; Шунтов и др., 1998). Численность нерестовой охотоморской сельди (1978–2017 гг.) была взята из работы А.А. Смир-

нова (2014) и источника «Состояние ресурсов...» за 2013–2017 гг.

В работе использованы океанологические (Ice OkhS, NPGO, SST, SSTa, PDO), метеорологические (AO, PNA, WP, ALPI) и планетарно-космические (SanSpot) индексы, имеющиеся в свободном доступе на сайтах: www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/, www.pac.dfo-mpo.gc.ca и www.03d.org/npgo/npgo.php. (табл. 1).

Для определения простых (одномерных) связей между переменными («численность рыб – численность рыб», «индекс–индекс» и «индекс – численность рыб») в качестве меры зависимости между переменными использовали коэффициент корреляции Пирсона (r). Анализ взаимосвязи и выявление степени воздействия комплекса климатических факторов на численность рыб выполнен при помощи многомерного регрессионного моделирования методом пошагового отбора (forward stepwise). Для характеристики взаимосвязи численности исследуемых рыб с наиболее активными климатическими индексами были построены трехмерные регрессионные модели (quadratic). Оценку значимости выявленных взаимосвязей основывали на стандартной градации, принятой в статистике: $r \leq 0,25$ — слабая; $0,25 < r \leq 0,75$ — умеренная; $r > 0,75$ — сильная (Халафян, 2007).

Таблица 1. Основные климатические и океанологические индексы, используемые в работе
Table 1. Basis climate and oceanology indices used in the analysis

№	Индексы Indices	Описание Description	Период, г Period, years
1	Ice OkhS	Площадь льда в восточной части Охотского моря (%) в зимний период года (январь–апрель). Характеризует суровость зимнего сезона в северной части Тихого океана (Коломейцев, 2016). The square of the ice in the eastern part of the Sea of Okhotsk (%) in winter (January–April) characterizes severity of winter season in the northern part of Pacific Ocean (Коломейцев, 2016).	1995–2018
2	NPGO	Осцилляция северотихоокеанских круговоротов. Представляет собой модель климатической изменчивости высоты поверхности моря (2-EOF SSH) в северо-восточной части Тихого океана. NPGO связано с тем, что его колебания отражают изменения в интенсивности центральной и восточной ветвей круговорота северной части Тихого океана. Колебания в NPGO отражаются в изменениях в региональных и бассейновых масштабах, в частности в интенсивности ветрового апвеллинга и горизонтальной адвекции. Колебания содержания питательных веществ приводят к сопутствующим изменениям в концентрациях фитопланктона, что может привести к изменчивости высших трофических уровней. Таким образом, NPGO может являться сильным индикатором колебаний механизмов динамики планктонных экосистем (Di Lorenzo et al., 2008). The North Pacific gyre oscillation. Represents model of the climate dynamics of the sea surface height (2-EOF SSH) in the northeastern part of Pacific Ocean. NPGO fluctuations reflect changes in the intensity of the central and eastern branches of the North Pacific Ocean gear. NPGO fluctuations are reflected in the changes of regional and basin scale, including in the windy upwelling intensity and horizontal advection. The fluctuations in the content of biogenes cause following changes in the densities of phytoplankton and can cause transformations in the higher trophic levels. In this way NPGO can be a strong indicator of the changes of the plankton ecosystem dynamics mechanisms (Di Lorenzo et al., 2008).	1971–2017

Таблица 1. Продолжение. Начало на с. 7 / Table 1. Continuation. Beginning on page 7

№	Индексы Indices	Описание Description	Период, г Period, years
3	SST	<p>Температура поверхности восточной части Охотского моря (январь–апрель). Для анализа температурных условий на поверхности в работе использованы данные дистанционного зондирования Земли. Для Мирового океана продукт OSTIA (Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis) обеспечивает ежедневные карты температуры поверхности при горизонтальном разрешении $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ с использованием данных in-situ и спутников, как с инфракрасных датчиков, так и с микроволновых радиометров. На основе этого продукта были проведены выборка и анализ данных с 1985 по 2018 гг. для района Охотского моря у западного побережья Камчатки. Район ограничен параллелями 51 и 58° с. ш., меридианом 153° в. д. на западе и береговой линией на востоке. На основе этой информации были рассчитаны средние для каждого месяца значения ТПМ. Также для оценки внутригодовой и межгодовой изменчивости температурных условий рассчитывали средние по выбранной акватории значения (Коломейцев, 2016).</p> <p>The Sea Surface Temperature in the eastern part of the Sea of Okhotsk (January–April). Earth remote sensing data were used in this work for analysis of the temperature conditions on the surface. The product OSTIA (Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis) provides daily maps of the surface temperature of the World Ocean at the horizontal resolution $0.05^\circ \times 0.05^\circ$ using the in-situ and satellite data and info of the infrared sensors and microwave radiometers. Sampling in the Sea of Okhotsk on the west coast of Kamchatka and analysis of the data from 1985 to 2018 was carried out based on this product. The sampling area was limited by the latitudes 51 and 58° N and the longitude 153° E and coastal line. Monthly average meanings of the SST were calculated based on the data. Average meaning for selected squares were calculated to estimate intra- and interannual variations of the temperature conditions (Коломейцев, 2016).</p>	1985–2018
4	SSTa	<p>Аномалии температуры поверхности восточной части Охотского моря (январь–апрель). Аномалия температуры поверхности моря взята из климатологии Pathfinder при горизонтальном разрешении $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. На основе этого продукта была проведена выборка и анализ данных с 1985 по 2018 гг. для района Охотского моря у западного побережья Камчатки. Район ограничен параллелями 51 и 58° с. ш., меридианом 153° в. д. на западе и береговой линией на востоке. На основе этой информации были рассчитаны средние для каждого месяца значения ТПМ и ее аномалии (Коломейцев, 2016).</p> <p>The Sea Surface Temperature abnormality in the eastern part of the Sea of Okhotsk (January–April). This index is taken from Pathfinder’s climatology at the horizontal resolution $0.25^\circ \times 0.25^\circ$. Based on the product was created for the data from the Sea of Okhotsk on the west coast of Kamchatka and analyzed for the period from 1985 to 2018. The district analyzed was limited by the latitudes 51 and 58° N and the longitude 153° E and coastal line. Average monthly meaning of the SST and the SSTa were calculated based on the data (Коломейцев, 2016).</p>	1985–2018
5	PDO	<p>Тихоокеанская декадная осцилляция. Индекс характеризует среднемесячную аномалию температуры поверхности воды северной части Тихого океана (до 20° с. ш.). Характеристика климатического явления, наблюдаемого преимущественно в северной части Тихого океана, в противоположность Эль-Ниньо/Южной осцилляции (ENSO). Когда в северной части Тихого океана наблюдается отрицательная аномалия температуры поверхности и приземного атмосферного давления на уровне моря, принято считать, что этот индекс имеет положительное значение — «теплая» фаза. Если же ситуация складывается по обратному сценарию, т. е. аномалии ТПО и ПАД положительные — «холодная» фаза (Hare, Francis, 1995).</p> <p>The Pacific Decade Oscillation. The index characterizes average monthly surface water temperature abnormality in the northern part of the Sea of Okhotsk (up to 20° N). The characteristics of the climate event, observed mainly in North Pacific, it is opposite to El Nino/Southern Oscillation (ENSO). It is considered when observing negative water surface temperature abnormality and surface air pressure at sea level in North Pacific, that the index is positive, and it is the “warm” phase. In case when situation is opposite, in the other words the SSTa and PDO are positive the phase is “cold” (Hare, Francis, 1995).</p>	1971–2018
6	AO	<p>Индекс Арктической осцилляции. Характеризует степень проникновения арктических воздушных масс в субарктический регион. Рассчитывается посредством разложения среднемесячной аномалии поля давления на уровне 1000 гПа над Арктикой с использованием естественных ортогональных функций (ЕОФ, первая компонента). Имеет большую изменчивость в зимний период года (Thompson, Wallace, 1998).</p> <p>The Arctic Oscillation index characterizes the extent of the Arctic air masses invasion into the subarctic region. It is calculated by expanding the monthly average anomaly of the pressure field at the level of 1000 hPa over the Arctic using natural orthogonal functions (EOF, first component, 1-EOF). It is highly variable in winter season (Thompson, Wallace, 1998).</p>	1971–2018

Таблица 1. Окончание. Начало на с. 7 / Table 1. The end. Beginning on page 7

№	Индексы Indices	Описание Description	Период, г Period, years
7	PNA	Тихоокеанско-Североамериканское колебание дальней связи. Главный компонент внетропической низкочастотной изменчивости над Северным полушарием. Положительная фаза — усиление воздушного переноса в восточном направлении, отрицательная — усиление воздушного переноса над центральной частью Тихого океана со смещением на запад (Barnston, Livezey, 1987). The Pacific North American Long-Range Swing is the main component of the extratropical low-frequency variability over the Northern Hemisphere. The positive phase – growing the air flow in the east direction, the negative phase – growing the air flow over the central part of the Pacific Ocean with a displacement westward (Barnston, Livezey, 1987).	1971–2018
8	WP	Индекс дальних связей Северного полушария. Отражает низкочастотную изменчивость над северо-западной частью Тихого океана. Положительные и отрицательные фазы этой модели отражают перераспределение температуры и влажности (осадков) в меридиональном и широтном направлениях (на Чукотке, в Магаданской области и на Камчатке) (Wallace, Gutzler, 1981; Barnston, Livezey, 1987). The Northern Hemisphere Long-Range Relations Index (West Pacific index) reflects low frequency variability over the north-west part of the Pacific Ocean. The positive and negative phases of the model reflect temperature and humidity (precipitations) redistribution in the longitude and latitude directions (in Chukotka, Magadan Region and Kamchatka) (Wallace, Gutzler, 1981; Barnston, Livezey, 1987).	1971–2018
9	ALPI	Индекс измерения относительной интенсивности Алеутской депрессии (АД) в системе Северной Пацифики (декабрь–март). Рассчитывается как средняя площадь (км ²) области с приземным давлением ниже или равным 100,5 кПа (декабрь–февраль) с вычислением отклонения от средних показателей. Положительное значение индекса говорит об усилении АД. Он определяет относительную силу области Алеутского минимума в северной части Тихого океана (от декабря к марту). Положительное значение индекса отражает относительно сильный или интенсивный Алеутский минимум, при котором усиливаются южные и восточные ветры на перифериях циклона, что способствует поступлению в северные районы более теплой воды от Курисио и субтропиков (Beamish et al., 1997). The Aleutian Low Pressure (Aleutian Depression, AD) Index in the North Pacific system (December–March) is evaluated as average square (km ²) of the area with surface pressure lower or equal to 100,5 kPa (December–February) with assessments of the deviations from the mean values. The positive meaning of the index indicates strengthening the AD. The index determines relative strength of the area of the Aleutian minimum in the northern part of the Pacific Ocean (from December to March). The positive meaning reflects relatively strong or intense Aleutian minimum, when the winds from the South and East raise in the cyclonic periphery, what contributes coming more warm waters from Kurisio and subtropics into the northern districts (Beamish et al., 1997).	1971–2015
10	Sun Spot	Характеризуют солнечную активность, интенсивность электромагнитного излучения и «солнечного ветра». Оценивают визуальным определением количества пятен (зон высокой температуры) на Солнце (Витинский и др., 1976). The index characterizes solar activity, intensity of electromagnetic radiation and “solar wind”. It is a visual estimation of the number of spots (zones of higher temperature) on the Sun (Витинский и др., 1976).	1971–2016

При сравнении изменений в биологических и абиотических индексах были учтены временные лаги до 8 лет. Это допущение необходимо, так как рассмотреть динамику отдельных возрастных групп гидробионтов из выделенных «биологических индексов» не представляется возможным. В этой связи учитывали опосредованное влияние условий среды на выживание рыб во время самых уязвимых (ранних) стадий онтогенеза (с временным лагом 1 год) и через вклад поколений в общую численность через несколько лет, когда выжившая молодежь вырастет и достигнет возраста, при котором более 50% особей становятся половозрелыми. Так, для рассматриваемых видов применили временные лаги: сельдь и навага —

3 года, треска — 4 года, желтоперая камбала и черный палтус — 7 лет, многоиглый керчак и белокорый палтус — 8 лет.

Обработку данных осуществляли в пакетах программного обеспечения Microsoft Excel 2007 и STATISTICA 6.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для сравнения отличающихся экологических комплексов — типично пелагического (сельдь), придонного (навага, треска) и типично донного (многоиглый керчак, желтоперая камбала, белокорый и черный палтусы) — и опосредованного влияния на них различных климатических индексов, характеризующих те или иные изменения, приведем

краткую экологическую характеристику исследуемых видов. В эту группу рыб мы не включили минтай, по которому проводится большое количество самостоятельных исследований.

Тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii* (Val.) — широко распространенный вид в северной части Тихого океана, и по промысловой значимости занимает одно из первых мест в пелагическом ихтиоценозе (Науменко, 2001). В Охотском море сельдь обитает в основном в восточной его части, включая зал. Шелихова и западнокамчатский шельф. В годы высокой численности на откорм она мигрирует до северных островов Курильской гряды и далее на восток, вдоль берегов Камчатки. Обитает сельдь в основном в горизонте 0–200 м (рис. 1). Весной откладывает икру на мелководье. Чаше зона размножения ограничивается 6-метровой изобатой (Науменко, 2001; Овчинников и др., 2018). Район обитания характеризуется большими колебаниями уровня воды, вследствие приливно-отливных течений. Было установлено, что урожайные поколения сельди возникают, как правило, от

производителей высокой численности и при раннем очищении ото льда прибрежных вод (Завернин, 1972; Тюрнин, 1980; Смирнов, 2003; Муктепавел, Шатилина, 2012). Сельдь относится к многочисленным флуктуирующим видам рыб (рис. 2).

Навага *Eleginus gracilis* (Til.) — представитель семейства тресковых (Gadidae), относится к числу важных промысловых рыб прибрежного комплекса дальневосточных морей. В Охотском море наиболее крупные концентрации наваги наблюдаются на западнокамчатском шельфе (Дубровская, 1953; Покровская, 1960; Семенов, 1971; Сафронов, 1986; Новикова, 2002, 2007, 2009). Ее распределение обусловлено особенностями гидрологического режима, прежде всего температурными условиями, наличием кормовой базы, конфигурацией берегов. Навага распространена повсеместно: от береговой черты до 450 м с преобладанием в диапазоне глубин 50–100 м (рис. 1). Зимой концентрируется в диапазоне глубин 100–150 м, а в летний период образует наиболее плотные скопления на глубинах от 10 до 80 м (Новикова, 2002, 2007). Динамика чис-

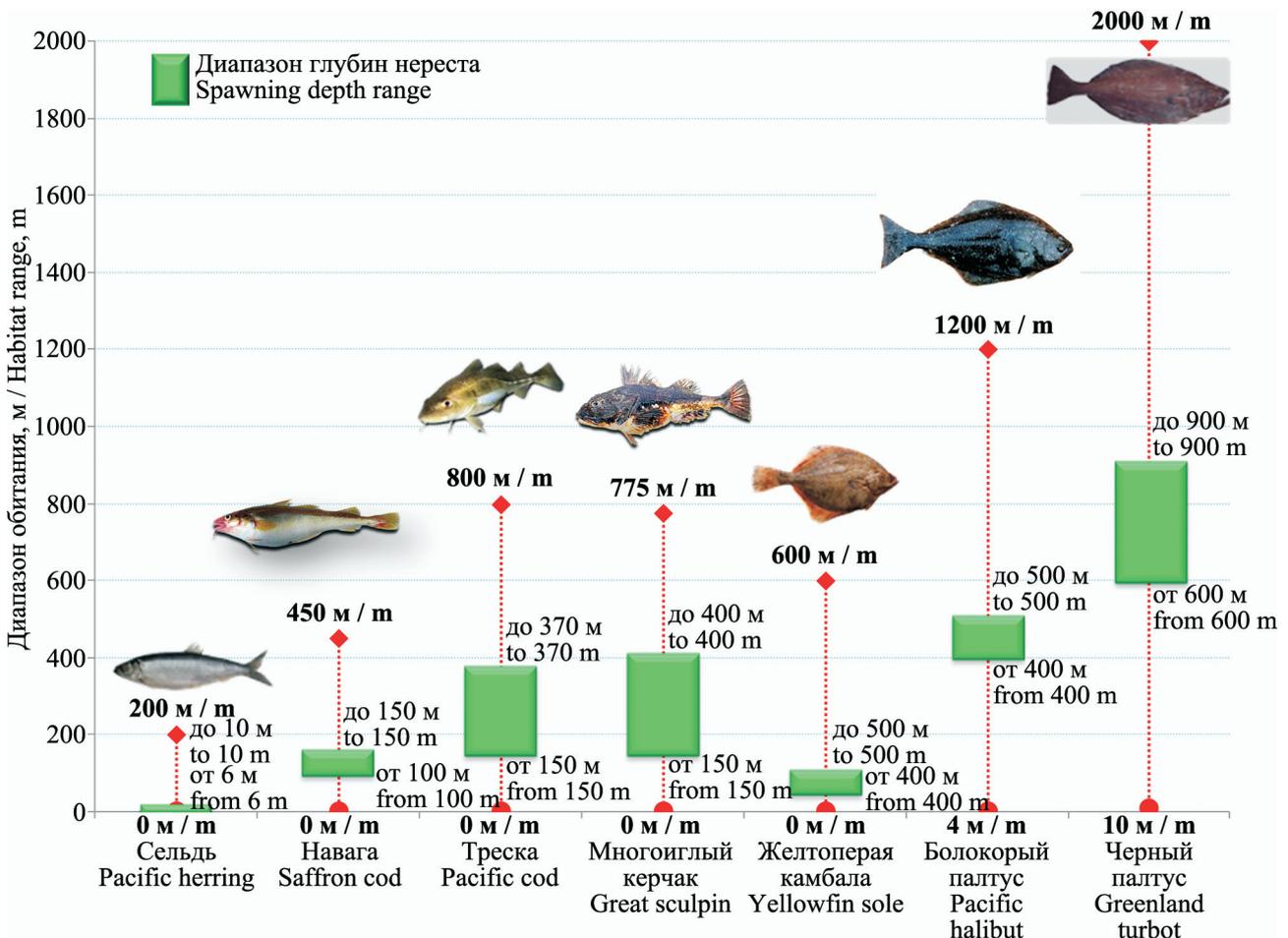


Рис. 1. Диапазон обитания и нереста некоторых видов рыб восточной части Охотского моря
Fig. 1. The habitats and the spawn ranges of some fish species in the eastern part of the Sea of Okhotsk

ленности наваги обусловлена в основном урожайностью поколений, и запасы ее, при наличии благоприятных условий среды, могут быстро восстанавливаться (Семенов, 1973; Давыдов, 1975; Васильков и др., 1980; Толстяк, 1990). На современном этапе численность наваги достигла аномально высокого значения (Новикова, 2017) (рис. 2).

Треска *Gadus macrocephalus* в исследуемом районе характеризуется как широкобореальный тихоокеанский, элиторальный вид высокой численности, обитающий во всех морских районах, прилегающих к полуострову (Шейко, Федоров, 2000). Ведет придонно-пелагический образ жизни в широком батиметрическом диапазоне от 0 до 800 м и совершает сезонные миграции (Борец, 1997; Каика, Юсупов, 2009) (рис. 1). Западнокамчатской треске свойственны две сезонные миграции, связанные с гидрологическим и температур-

ным режимом шельфовых вод, протяженность которых незначительна. Готовые к нересту и нерестующие особи встречаются зимой на глубинах 130–370 м при температуре воды в придонном слое от минус 0,5 до +2,3 °С. В летний период треска встречается практически повсеместно на всей акватории шельфа в диапазоне глубин от 15–20 до 300 м. Летом происходит развитие миграций трески вдоль западного побережья (июль–август). Большая часть северных скоплений смещается к югу, а южных — к северу. Эти миграции имеют преимущественно кормовой характер (Винников, 2008). Тихоокеанская треска — рыба с относительно коротким жизненным циклом и хорошо выраженными флуктуациями численности. В последнее десятилетие численность и биомасса трески данного района стабилизировались на низком уровне (Новикова, 2017) (рис. 2).

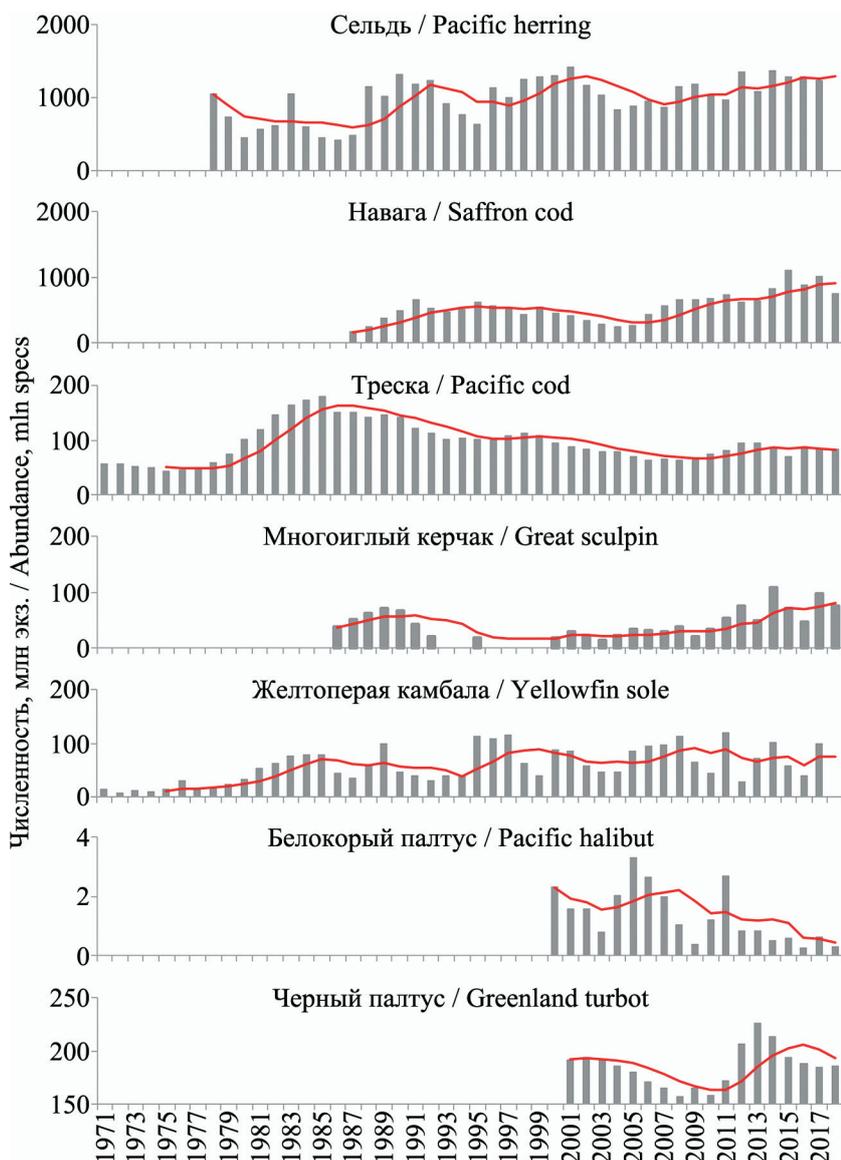


Рис. 2. Динамика численности некоторых видов рыб восточной части Охотского моря в 1971–2018 гг. (прямая линия — линейная фильтрация с шагом 5)
 Fig. 2. The stock abundance dynamics of several fish species in the eastern part of the Sea of Okhotsk in 1971–2018 (the straight line is the linear filtering with the step 5)

Многоиглый керчак *Myoxocephalus polyacanthocephalus* — один из самых крупных видов рогатковых. Широко распространен в северной части Тихого океана от зал. Петра Великого и о-ва Хоккайдо до Берингова пролива (отдельные экземпляры проникают на север до выхода в Чукотское море) и далее на юг до о-ва Ванкувер. В некоторых районах своего обширного географического ареала (например, на западнокамчатском шельфе) достигает сравнительно высокой численности и образует достаточно плотные скопления. Обитает в широком диапазоне глубин: от береговой черты до 775 м (рис. 1). Многоиглый керчак — типично донная, относительно малоподвижная рыба, которая, тем не менее, в течение года совершает сезонные миграции: летом на нагул в сравнительно хорошо прогретую прибрежную зону, а в зимние месяцы — на зимовку и нерест на глубины 150–400 м, где сказывается влияние теплых океанических вод (Токранов, 1981, 1985; Линдберг, Красюкова, 1987; Борец, 1997; Тупоногов, Кодолов, 2014; Матвеев, Терентьев, 2016). В последнее десятилетие (2009–2018 гг.), по сравнению с предшествующим (2000–2008 гг.), численность многоиглого керчака увеличилась более чем в два раза (рис. 2).

Желтоперая камбала *Limanda aspera* является наиболее широко распространенным и одним из самых многочисленных видов камбал в Северной Пацифике. Арктическо-бореальный элиторальный вид (0–600 м) (рис. 1). Наиболее многочисленна в Японском и Охотском морях (Новиков и др., 2002). В Охотском море составляет основу промысла камбал. Совершает хорошо выраженные сезонные миграции и является прибрежным видом. В теплый период года обитает в основном на изобатах менее 100 м, зимовальные скопления образует на глубинах 150–300 м. Молодь в течение всего года предпочитает меньшие глубины, чем половозрелые рыбы. Нерест происходит летом на глубинах от 50 до 100 м. Желтоперая камбала относится к быстро созревающим и относительно короткоцикловым видам, для которых характерны довольно резкие с высокой амплитудой колебания численности. Например, в период наблюдений, который мы используем для анализа, Ю.П. Дьяков (2011) выделяет рост численности с 1979 по 1985 гг., с последующими колебаниями на относительно высоком среднем уровне по настоящее время (рис. 2).

Белокорый палтус *Hippoglossus stenolepis* относится к донно-придонным видам. Одна из наи-

более крупных рыб Северной Пацифики. Обычный вид в тихоокеанских водах Курильских островов, Восточной Камчатки и западной части Берингова моря. Наибольшей численности достигает в американской части ареала (зал. Аляска). В Охотском море встречается повсеместно, но в целом немногочислен, с максимальной частотой встречаемости в его восточной части. Обитает в широком диапазоне глубин — от самых минимальных 8–10 (4) м до 600–890 (1200) м, совершая сезонные вертикальные миграции. Летом молодь и часть взрослых рыб выходят на минимальные глубины, а осенью и зимой смещаются к нижней кромке шельфа на свал. Нерест белокорого палтуса происходит в осенне-зимний период на глубинах 400–500 м (рис. 1). По образу жизни белокорый палтус является активным хищником, с длительным циклом воспроизводства. Численность белокорого палтуса в исследуемом районе, по результатам донных учетных съемок и модельных расчетов, с 2002 по 2011 гг. довольно интенсивно возрастала, затем следовало ее снижение, с последующей стабилизацией на уровне несколько ниже среднемноголетнего, длящейся до настоящего времени (рис. 2).

Тихоокеанский черный палтус *Reinhardtius hippoglossoides matsuurae* является широкобореальным, тяготеющим к нижней батииали видом. Самый глубоководный из палтусов и в целом среди рассматриваемых нами видов. Отмечается на глубинах от 10 до 2000 м, нерест происходит в октябре–ноябре в диапазоне от 600 до 900 м (рис. 1). Многочислен в западной и восточной частях Берингова моря и северо-восточной части Охотского. В остальных районах обычный или немногочисленный вид (Дьяков, 2011; Тупоногов, Кодолов, 2014). Черный палтус относится к длиннопериодным видам. Коротко характеризуя динамику его численности по результатам модельных оценок, отметим, что в исследуемом районе запасы черного палтуса 2012–2014 гг. находились на уровне выше среднемноголетнего значения с сохранением устойчивого тренда прироста численности. С 2015 г. наблюдается отрицательная тенденция, хотя в последнее время (2017–2018 гг.) численность стабилизировалась на среднемноголетнем значении (рис. 2).

Таким образом, в нашей работе мы рассматриваем влияние различных групп факторов на различающиеся по экологии, биологии и промысловому значению группы морских рыб в Охотском море.

О существовании взаимосвязей между численностью промысловых рыб хорошо известно. Одним из таких примеров является обратная связь между сельдью и минтаем, подробно исследованная для западной части Берингова моря (Науменко, 2001). Главной причиной противонаправленности изменения запасов этих рыб считаются климатические условия: в «теплые» периоды возрастает численность минтая, а в «умеренно холодные» — сельди, что связано с улучшением условий воспроизводства и выживания на ранних стадиях. Отмечается также, что происходят изменения и в донном ихтиоценозе западной части Берингова моря. Так, в конце 1980-х и 1990-х параллельно с сокращением численности минтая уменьшилась и численность трески (Науменко, 2002).

Для восточной части Охотского моря выполнен корреляционный анализ численности массовых промысловых рыб (табл. 2). Статистически значимые положительные связи обнаружались между треской и черным палтусом ($r = 0,7881$), навагой и многоиглым керчаком ($r = 0,4881$), навагой и сельдью ($r = 0,4132$). Как видно из рисунка 2, пики и провалы в динамике численности этих видов рыб в большинстве случаев совпадали. В противофазе изменялась численность сельди и трески ($r = -0,4085$), сельди и белокорого палтуса ($r = -0,6016$), наваги и трески ($r = -0,3811$), наваги и белокорого палтуса ($r = -0,6016$). О разнонаправленности динамики численности наваги и трески мы упоминали ранее (Новикова, 2017).

Принимая во внимание, что каждый из используемых в работе климатических индек-

сов — океанологических, метеорологических и планетарно-космических — имеет собственную временную динамику изменчивости, необходимо оценить уровень стохастической сопряженности полученных рядов наблюдений. В качестве меры зависимости между переменными мы использовали коэффициент корреляции Пирсона (r).

Между индексами, характеризующими состояние как термического, так и барического полей, имеются прямые и обратные взаимосвязи, о чем свидетельствуют рассчитанные коэффициенты корреляции. Всего из 45 определенных значений коэффициентов корреляций 8 являются достоверными. Поскольку индекс Ice OkhS находится в физической обратной зависимости от температуры, а индекс SSTa является расчетом из SST, были отмечены высокие коэффициенты корреляций ($p < 0,001$) в сопряженных парах: Ice OkhS–SST ($r = -0,63$), Ice OkhS–SSTa ($r = -0,63$) и SST–SSTa ($r = -0,54$). Осциляция северо-тихоокеанских круговоротов (NPGO) показала положительную связь с Ice OkhS ($r = 0,53$) и отрицательную с PDO ($r = -0,60$) и SSTa ($r = -0,52$). Индекс Арктической осциляции (АО) зависит от солнечной и геомагнитной активности (Ice OkhS) ($r = 0,51$) (Мордвинов и др., 2009). Индекс дальних связей Северного полушария (WP) для районов Камчатки имеет отрицательную корреляцию с температурой (SST) ($r = -0,45$) (Панин и др., 2010) (табл. 3).

Рассмотрим далее как взаимодействуют показатели численности рыб с климатическими ин-

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между численностью некоторых видов рыб восточной части Охотского моря в 1971–2018 гг.
Table 2. The correlation coefficients between the abundance of some fish species in the eastern part of the Sea of Okhotsk in 1971–2018

Вид Species	Сельдь Pacific herring	Навага Saffron cod	Треска Pacific cod	Много- иглый керчак Great sculpin	Желтоперая камбала Yellowfin sole	Белокорый Палтус Pacific halibut	Черный палтус Greenland turbot
Сельдь Pacific herring	1,000						
Навага Saffron cod	0,4132 p = 0,021	1,000					
Треска Pacific cod	-0,4085 p = 0,009	-0,3811 p = 0,031	1,000				
Многоиглый керчак Great sculpin	0,3166 p = 0,115	0,4881 p = 0,011	0,1915 p = 0,339	1,000			
Желтоперая камбала Yellowfin sole	0,0972 p = 0,551	0,1810 p = 0,330	0,2553 p = 0,083	0,1236 p = 0,548	1,000		
Белокорый палтус Pacific halibut	-0,6016 p = 0,008	-0,6016 p = 0,006	-0,2315 p = 0,340	-0,4457 p = 0,056	0,3957 p = 0,104	1,000	
Черный палтус Greenland turbot	0,4385 p = 0,078	0,0825 p = 0,753	0,7881 p = 0,000	0,4479 p = 0,071	-0,2624 p = 0,309	-0,3249 p = 0,203	1,000

Примечание. Здесь и далее в таблицах красным цветом выделена достоверная связь
Note. Authentic correlation marked in red hereinafter in tables

дексами. Для определения был проведен прямой корреляционный анализ (табл. 4).

Полученные результаты позволили выявить наиболее значимые климатические факторы, которые статистически достоверно влияли на дина-

мику численности некоторых промысловых видов рыб восточной части Охотского моря в 1971–2018 гг.

Так, у сельди урожайные поколения (лаг 1 год) появлялись при повышении ледовитости Охотско-

Таблица 3. Корреляционная матрица взаимосвязи использованных в работе климатических индексов по данным 1971–2018 гг.

Table 3. The correlation matrix for the climate indices used, on the data for 1971–2018

Индексы Indices	San Spot	Ice OkhS	NPGO	SST	SSTa	PDO	AO	PNA	ALPI	WP
San Spot	1,000									
Ice OkhS	0,2428 p = 0,181	1,000								
NPGO	0,1580 p = 0,388	0,5285 p = 0,002	1,000							
SST	-0,1276 p = 0,487	-0,6304 p = 0,000	-0,1234 p = 0,501	1,000						
SSTa	-0,1268 p = 0,489	-0,6389 p = 0,000	-0,5254 p = 0,002	0,5392 p = 0,001	1,000					
PDO	-0,1686 p = 0,356	-0,0210 p = 0,909	-0,6000 p = 0,000	-0,1371 p = 0,454	0,1379 p = 0,452	1,000				
AO	0,5148 p = 0,003	-0,1724 p = 0,345	-0,1434 p = 0,434	0,1785 p = 0,328	0,0977 p = 0,595	-0,1227 p = 0,504	1,000			
PNA	-0,1351 p = 0,461	0,0782 p = 0,671	0,1407 p = 0,443	-0,1215 p = 0,508	-0,2883 p = 0,110	0,1149 p = 0,531	-0,229 p = 0,208	1,000		
ALPI	-0,1064 p = 0,562	0,1743 p = 0,340	0,0721 p = 0,695	-0,3266 p = 0,068	-0,1117 p = 0,543	0,0679 p = 0,712	-0,048 p = 0,793	0,2035 p = 0,264	1,000	
WP	0,0631 p = 0,732	0,1942 p = 0,287	0,0353 p = 0,848	-0,4517 p = 0,009	-0,2572 p = 0,155	0,0349 p = 0,849	0,1820 p = 0,319	-0,050 p = 0,786	0,3083 p = 0,08	1,000

Таблица 4. Значения коэффициентов корреляции Пирсона (r) и доверительная вероятность (p), характеризующие взаимосвязь численности рыб со среднегодовыми показателями стандартных климатических индексов по данным 1971–2018 гг.

Table 4. The Pearson's correlation coefficients (r) and the confidence probability (p), characterizing the correlation between the fish abundance and the average annual values of the standard climate indices on the data for 1971–2018

Вид Species	Лag Lag	Ice OkhS	NPGO	SST	SSTa	San Spot	PDO	AO	PNA	ALPI	WP
Сельдь Pacific herring	1	0,5411 p = 0,037	0,1922 p = 0,493	0,0522 p = 0,854	0,0696 p = 0,805	-0,0529 p = 0,852	0,4037 p = 0,136	0,0669 p = 0,813	-0,1847 p = 0,510	-0,2890 p = 0,296	-0,0311 p = 0,912
	2	0,4321 p = 0,245	-0,3005 p = 0,432	-0,5788 p = 0,102	0,3207 p = 0,400	0,0859 p = 0,826	0,3364 p = 0,376	0,6650 p = 0,051	-0,3839 p = 0,308	0,3437 p = 0,365	0,1732 p = 0,656
Навага Saffron cod	1	-0,0365 p = 0,897	-0,1719 p = 0,540	0,0297 p = 0,916	0,5977 p = 0,022	0,2388 p = 0,391	0,1324 p = 0,638	0,0280 p = 0,921	-0,2715 p = 0,328	-0,3515 p = 0,199	-0,1144 p = 0,685
	2	-0,6651 p = 0,024	0,1586 p = 0,684	-0,4370 p = 0,239	0,0880 p = 0,822	-0,2489 p = 0,518	0,4478 p = 0,227	0,0782 p = 0,842	-0,5027 p = 0,168	0,1354 p = 0,728	-0,3351 p = 0,378
Треска Pacific cod	1	0,841 p = 0,000	0,1562 p = 0,578	-0,1879 p = 0,502	0,2102 p = 0,452	-0,0829 p = 0,769	0,3247 p = 0,238	0,1897 p = 0,498	-0,3334 p = 0,225	0,1289 p = 0,647	-0,5048 p = 0,055
	2	0,0192 p = 0,961	-0,0937 p = 0,810	-0,5825 p = 0,100	-0,1034 p = 0,791	-0,3573 p = 0,345	0,6955 p = 0,038	0,3394 p = 0,372	0,3353 p = 0,378	0,1617 p = 0,678	0,4986 p = 0,172
Многоиглый керчак Great sculpin	1	0,3130 p = 0,136	-0,3146 p = 0,117	-0,2322 p = 0,264	0,2491 p = 0,220	0,1422 p = 0,488	0,1059 p = 0,607	0,5268 p = 0,006	-0,4822 p = 0,013	-0,2662 p = 0,209	-0,0830 p = 0,687
	2	-0,2861 p = 0,250	-0,1156 p = 0,648	-0,6499 p = 0,004	0,2150 p = 0,392	0,6515 p = 0,003	0,3978 p = 0,102	-0,0291 p = 0,909	-0,5136 p = 0,029	0,0159 p = 0,950	-0,1408 p = 0,577
Желтоперая камбала Yellowfin sole	1	-0,1892 p = 0,500	-0,2023 p = 0,470	0,2041 p = 0,466	0,3990 p = 0,141	0,2272 p = 0,416	-0,1623 p = 0,563	0,1062 p = 0,706	-0,2345 p = 0,400	-0,3941 p = 0,146	-0,1907 p = 0,496
	2	0,5747 p = 0,106	-0,2992 p = 0,434	-0,5670 p = 0,111	0,5719 p = 0,108	-0,0209 p = 0,958	0,3957 p = 0,292	0,4904 p = 0,180	-0,4473 p = 0,227	-0,0045 p = 0,991	-0,2297 p = 0,552
Белокорый Палтус Pacific halibut	1	-0,1973 p = 0,481	0,0659 p = 0,816	0,0753 p = 0,790	-0,1326 p = 0,638	-0,2858 p = 0,302	-0,3469 p = 0,205	0,2115 p = 0,449	-0,1585 p = 0,573	0,2268 p = 0,416	-0,0871 p = 0,757
	2	0,4347 p = 0,242	0,0066 p = 0,987	-0,0944 p = 0,809	0,4564 p = 0,217	-0,0708 p = 0,856	-0,0116 p = 0,976	0,0138 p = 0,972	-0,5429 p = 0,131	-0,2040 p = 0,599	-0,4604 p = 0,212
Черный палтус Greenland turbot	1	0,6546 p = 0,008	-0,0016 p = 0,996	-0,5321 p = 0,041	0,1035 p = 0,713	-0,1677 p = 0,550	0,7499 p = 0,001	0,2204 p = 0,430	-0,1988 p = 0,478	0,0118 p = 0,967	-0,1616 p = 0,565
	2	-0,8652 p = 0,003	-0,0997 p = 0,799	0,6860 p = 0,041	-0,2088 p = 0,590	0,4147 p = 0,267	-0,7264 p = 0,027	-0,2443 p = 0,526	0,4485 p = 0,226	-0,1201 p = 0,758	0,1929 p = 0,619

Примечание: 1 — с лагом 1 год, 2 — с лагом, соответствующему возрасту массового (более 50%) полового созревания рыб.
Note: 1 – with the lag of 1 year, 2 – with the lag of the age of mass maturation (> 50%) of the fish.

го моря (Ice OkhS) ($r = 0,5411$), то есть в более холодные периоды, что согласуется с предыдущими исследованиями (Науменко, 2001; Смирнов, 2003). С многолетним лагом (3 года) достоверных связей с климатическими факторами обнаружено не было (табл. 4).

У наваги урожайные поколения появлялись при повышении аномалии температуры поверхности Охотского моря у западного побережья Камчатки (SSTa) ($r = 0,5977$). Высокодостоверная отрицательная связь была получена между численностью поколения рыб, достигших массового полового созревания, и ледовитостью Охотского моря (Ice OkhS) ($r = -0,6651$) (табл. 4).

У трески с лагом в 1 год, также как и у сельди, была отмечена высокая достоверная связь с ледовитостью Охотского моря (Ice OkhS) ($r = 0,841$). С многолетним лагом (4 года) наиболее сильная зависимость была получена со сменой фаз Тихоокеанской декадной осцилляции (PDO) ($r = 0,6955$), рассчитываемой по аномалиям температуры поверхности океана (табл. 4).

На урожайность поколений многоиглого керчака на втором году жизни (с лагом 1 год вперед) оказали влияние индекс Арктической осцилляции (АО) ($r = 0,5268$) и Тихоокеанско-Североамериканское колебание дальней связи (PNA) ($r = -0,4822$), воздействующие на характер океанологических процессов (течения, высоту волн, температуру, соленость, ледовый покров) и циркуляцию вод (Дж. Кинг и др., 2006; Мордвинов и др., 2009; Гечайте и др., 2016). Установлена положительная достоверная связь численности поколений многоиглого керчака, у которых более 50% рыб достигли полового созревания, с солнечной активностью (SanSpot) ($r = 0,6515$) и обратная зависимость с температурой поверхности восточной части Охотского моря (SST) ($r = -0,6499$) и также с (PNA) ($r = -0,5136$) (табл. 4).

У желтоперой камбалы и белокорого палтуса не выявлено наличия значимых статистических связей с климатическими индексами ни с численностью на ранних стадиях онтогенеза, ни с численностью поколений рыб, достигших массового полового созревания (табл. 4).

У черного палтуса было отмечено максимальное количество прямых связей между осредненными показателями климатических индексов и численностью, как с лагом в 1 год, так и с многолетним лагом. Однако если для первого случая

благоприятными явились положительные связи с Ice OkhS ($r = 0,6546$), PDO ($r = 0,7499$) и отрицательная связь с (SST) ($r = -0,5321$), то через 7 лет изменения численности черного палтуса получили отклик на аналогичные индексы, но с противоположными знаками — Ice OkhS ($r = -0,8652$), PDO ($r = -0,7264$) и (SST) ($r = 0,6860$) (табл. 4).

Проведенный прямой корреляционный анализ показал, что взаимосвязи «индекс–численность» отмечены в большинстве случаев как с однолетним временным лагом, так и с многолетним. Из рассматриваемых видов рыб наибольший отклик на климатические факторы получили численности только двух видов рыб — многоиглого керчака и черного палтуса. Кроме того, исходя из полученных результатов сопряженности связей «индекс–численность», на урожайность поколений исследуемых рыб, независимо от сроков и глубины нереста, наиболее заметно влияние океанологических факторов (Ice OkhS, SST, SSTa и PDO), и только на многоиглого керчака, самого малоподвижного из исследуемых рыб, наибольшее влияние оказали метеорологические факторы (АО и PNA). Следует отметить, что на полученные сопряженные пары «численность рыб – численность рыб» (см. табл. 2) как с прямой, так и с обратной связью, влияние оказывали разные климатических индексы. Исключение составила только пара «треска – черный палтус». Урожайные поколения этих рыб появлялись при повышении ледовитости Охотского моря (Ice OkhS), а численность поколений рыб, достигших массового полового созревания, увеличивалась при отрицательной фазе Тихоокеанской декадной осцилляции (PDO) (табл. 4). Это может свидетельствовать о том, что в регуляции численности этих рыб преобладает влияние не биотических (пищевых, конкурентных), а абиотических факторов.

Далее оценим комплексное влияние климатических факторов на численность сельди, наваги, трески, многоиглого керчака, желтоперой камбалы, белокорого и черного палтусов в разные стадии онтогенеза. В связи с этим было проведено моделирование множественных взаимосвязей при помощи регрессионного анализа. Поскольку индексы Ice OkhS, SST и SSTa физически связаны между собой, при моделировании взаимосвязей в совокупность факторов для каждого вида рыбы был включен только один из этих индексов, с которым была получена наиболее сильная связь, как

с однолетним временным лагом, так и с многолетним (табл. 4). Результаты регрессионного анализа представлены в таблицах 5 и 6.

У сельди полученные коэффициенты множественной регрессии методом пошагового отбора (forward stepwise) с лагом 1 год показали один достоверно влияющий индекс (*beta*-коэффициент) — b_1 (SanSpot) = 0,52. Уровень взаимосвязи составил $R = 0,64$ (табл. 5). Уровень взаимосвязи климатических индексов с численностью поколений, в которых более 50% рыб достигли полового созревания, оказался ниже и составил $R = 0,58$. Достоверными индексами определены b_3 (SST) = -0,49 и b_4 (NPGO) = -0,63 (табл. 6). Регрессионная модель «индексы – численность сельди» показала, что распределение остатков близко к ожидаемому

нормальному распределению (рис. 3 и 4). Отдельные точки выброса на графике указывают на то, что часть значений модели может относиться к статистически незначимым *beta*-коэффициентам.

У наваги с лагом 1 год уровень взаимосвязи составил $R = 0,48$. В данном случае все индексы, определяющие сопряженность многомерного взаимодействия, оказались недостоверны (табл. 5). С многолетним лагом (3 года) уровень взаимосвязи значительно возрос и составил $R = 0,58$. Однако полученные результаты многомерного моделирования показали наличие только одного достоверного индекса: b_1 (PNA) = -0,52 (табл. 6). В целом, как показывает анализ остатков регрессионной модели, распределение их значений было очень близко к ожидаемому нормальному. На графике

Таблица 5. Результаты многомерного регрессионного моделирования взаимосвязей численности рыб (млн рыб) восточной части Охотского моря со среднедолгосрочными годовыми показателями стандартных климатических индексов по данным 1971–2018 гг. с лагом 1 год
Table 5. The results of the multidimension regression simulation of the correlations between the fish abundance (mln fish) in the eastern part of the Sea of Okhotsk and the average long-term annual values of the standard climate indices on the data for 1971–2018 with the lag of 1 year

Вид Species	Результаты регрессии Results of gression						Общие параметры зависимых переменных General parameters of dependent variables							
	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>SE</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	Предиктор	<i>Beta</i>	<i>SE</i> (<i>Beta</i>)	<i>B</i>	<i>SE</i> (<i>B</i>)	<i>t</i>	<i>p</i>	
Сельдь Pacific herring	0,64	0,41	228,4	4,6	4,27	<0,01	b_1 (SanSpot)	0,52	0,15	2,2	0,6	3,41	<0,01	
							b_2 (ALPI)	-0,24	0,15	-33,5	21,0	-1,59	0,12	
							b_3 (PNA)	0,23	0,15	14,9	9,9	1,49	0,15	
							b_4 (PDO)	-0,18	0,15	-53,6	45,9	-1,16	0,25	
Навага Saffron cod	0,48	0,23	207,1	1,2	4,24	0,15	b_1 (ALPI)	-0,27	0,18	-24,5	16,4	-1,49	0,14	
							b_2 (WP)	-0,20	0,18	-116,0	104,2	-1,11	0,27	
							b_3 (PNA)	-0,26	0,18	-11,7	8,3	-1,39	0,17	
							b_4 (PDO)	0,23	0,18	55,9	44,2	1,26	0,21	
Треска Pacific cod	0,58	0,34	31,4	5,4	4,0	<0,01	b_1 (PDO)	0,42	0,13	17,0	5,3	3,18	<0,01	
							b_2 (SanSpot)	0,20	0,13	0,11	0,1	1,52	0,13	
							b_3 (ALPI)	0,26	0,13	3,9	2,0	1,98	0,05	
							b_4 (AO)	0,17	0,13	15,8	12,3	1,28	0,21	
Многоиглый керчак Great sculpin	0,85	0,71	15,8	7,1	6,2	<0,001	b_1 (AO)	0,28	0,14	18,1	9,2	1,94	0,07	
							b_2 (PNA)	-0,46	0,13	-2,4	0,7	-3,34	<0,01	
							b_3 (PDOI)	0,27	0,14	7,3	3,7	1,94	0,07	
							b_4 (ALPI)	-0,28	0,13	-2,9	1,3	-2,17	<0,05	
Желтоперая камбала Yelliwfin sole	0,52	0,27	264,6	2,4	4,27	0,071	b_1 (ALPI)	-0,32	0,16	-46,3	24,4	-1,9	0,1	
							b_2 (SunSpot)	-0,37	0,16	-1,6	0,7	-2,2	<0,05	
							b_3 (NPGO)	0,25	0,16	67,1	44,8	1,5	0,14	
							b_4 (PNA)	-0,19	0,17	-13,1	11,6	-1,1	0,27	
Белокорый палтус Pacific halibut	0,67	0,45	0,7	3,3	3,12	<0,05	b_1 (PDO)	-0,84	0,31	-0,8	0,3	-2,65	<0,05	
							b_2 (SSTa)	-0,67	0,25	-1,7	0,6	-2,57	<0,05	
							b_3 (NPGO)	-0,62	0,33	-0,5	0,2	-1,83	0,09	
Черный палтус Greenland turbot	0,91	0,84	9,8	12,8	4,1	<0,001	b_1 (PDO)	0,16	0,23	2,5	5,0	0,50	0,62	
							b_2 (SunSpot)	0,69	0,17	0,3	0,1	4,05	<0,01	
							b_3 (NPGO)	-0,56	0,22	-11,9	4,7	-2,56	<0,05	
							b_4 (ALPI)	-0,24	0,16	-2,6	1,7	-1,51	0,16	

Примечания. Статистические параметры: *R* — коэффициент множественной регрессии, *R*² — коэффициент детерминации, *SE* — стандартная ошибка, *F* — значения F-критерия, *t* — значения критерия Стьюдента, *df* — число степеней свободы, *p* — доверительная вероятность, b_1, b_2, \dots, b_n — коэффициенты уравнения регрессии, *Beta* и *B* — стандартизированные и не-стандартизированные коэффициенты регрессии.

Notes. The statistical parameters: *R* — the coefficients in multiple regression, *R*² — the coefficient of determination, *SE* — the standard error, *F* — the F criterion values, *t* — the values of Student's *t*-criterion, *df* — the degrees of freedom, *p* — the confidence probability, b_1, b_2, \dots, b_n — the coefficients of regression, *Beta* and *B* — standardized and non-standardized regression coefficients.

имеются выбросы остатков модели, которыми являются статистически незначимые β -коэффициенты WP, PDO и NPGO (рис. 4).

У трески результаты многомерного моделирования показали значительный общий набор индексов, которые определяют взаимосвязь многомерного взаимодействия как с однолетним временным лагом, так и с многолетним. Наиболее значимым для трески с лагом 1 год был один индекс: b_1 (PDO) = 0,42. Полученные результаты многомерного моделирования показали коэффициент множественной регрессии $R = 0,58$ (табл. 5). Уровень взаимосвязи климатических индексов с численностью поколений, в которых более 50% рыб достигли полового созревания (лаг 4 года), оказался выше и составил $R = 0,70$. Статистически значимым индексом также являлся b_2 (PDO) = 0,40 (табл. 6). Гистограммы нормального распределения остатков и графики нормального вероятностного распределения остатков множественной ре-

грессии в обоих случаях показывают, что основные их значения были близки к ожидаемому нормальному распределению (рис. 3 и 4).

У многоиглого керчака, как и у трески, в результате многомерного моделирования получен большой набор определяющих взаимосвязанных индексов. У данного вида численности поколений рыб в возрасте 1 года и в возрасте, при котором более 50% особей достигли полового созревания, получили наибольшее количество достоверных откликов климатических индексов. Так, с лагом 1 год уровень сопряженности определили четыре высокодостоверных индекса: b_2 (PNA) = -0,46; b_4 (ALPI) = -0,28; b_4 (SanSpot) = 0,39; b_5 (Ice OkhS) = -0,37. С многолетним лагом (8 лет) статистически значимыми оказались все определяющие сопряженность индексы: b_1 (NPGO) = -0,45; b_2 (PNA) = -0,63; b_3 (SanSpot) = -0,34; b_4 (PDO) = 0,33. Уровень взаимосвязи климатических индексов с численностью поколений в возрасте 1 года и в

Таблица 6. Результаты многомерного регрессионного моделирования взаимосвязей численности рыб (млн рыб) восточной части Охотского моря со среднегодежными годовыми показателями стандартных климатических индексов по данным 1971–2018 гг. с многолетним лагом (пояснения в тексте)
Table 6. The results of the multidimension regression simulation of the correlations between the fish abundance (mln fish) in the eastern part of the Sea of Okhotsk and the average annual indices of standard climate indices on the data for 1971–2018 with a long-term lag (explanations in the text)

Вид Species	Результаты регрессии Regression results						Общие параметры зависимых переменных General parameters of dependent variables							
	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>SE</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	Предиктор	<i>Beta</i>	<i>SE (Beta)</i>	<i>B</i>	<i>SE (B)</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	
Сельдь Pacific herring	0,58	0,35	241,9	2,7	5,26	<0,05	b_1 (PNA)	0,26	0,17	16,9	11,0	1,53	0,13	
							b_2 (WP)	-0,33	0,16	-245,9	123,5	-1,99	0,05	
							b_3 (SST)	-0,49	0,20	-311,7	131,4	-2,37	<0,05	
							b_4 (NPGO)	-0,63	0,24	-158,0	61,2	-2,58	<0,05	
							b_5 (PDO)	-0,31	0,21	-95,3	63,2	-1,50	0,14	
Навага Saffron cod	0,58	0,34	194,2	2,7	4,22	<0,05	b_1 (PNA)	-0,52	0,18	-23,6	8,4	-2,79	<0,05	
							b_2 (WP)	-0,25	0,17	-146,2	99,5	-1,46	0,15	
							b_3 (PDO)	0,37	0,21	87,9	49,1	1,79	0,08	
							b_4 (NPGO)	0,24	0,20	52,3	43,4	1,20	0,24	
Треска Pacific cod	0,70	0,49	27,0	3,9	6,25	<0,01	b_1 (SanSpot)	0,28	0,18	0,1	0,1	1,55	0,13	
							b_2 (PDO)	0,40	0,15	15,0	5,5	2,73	<0,05	
							b_3 (WP)	0,13	0,17	11,9	15,7	0,76	0,45	
							b_4 (PNA)	-0,17	0,15	-1,3	1,2	-1,11	0,27	
							b_5 (SST)	-0,27	0,18	-20,9	14,1	-1,48	0,15	
							b_6 (AO)	0,22	0,19	17,3	14,9	1,16	0,25	
Многоиглый керчак Great sculpin	0,93	0,86	11,1	19,4	4,1	<0,001	b_1 (NPGO)	-0,45	0,12	-11,3	3,1	-3,71	<0,01	
							b_2 (PNA)	-0,63	0,11	-3,2	0,6	-5,53	<0,001	
							b_3 (SunSpot)	-0,34	0,10	-0,1	0,1	-3,19	<0,01	
							b_4 (PDO)	0,33	0,12	9,1	3,4	2,62	<0,05	
Желтоперая камбала Yellowfin sole	0,64	0,41	273,3	3,7	6,32	<0,01	b_1 (Ice OkhS)	-0,32	0,16	-9,8	4,8	-2,01	0,05	
							b_2 (PNA)	0,29	0,14	20,9	10,2	2,04	<0,05	
							b_3 (AO)	0,30	0,15	233,8	114,2	2,04	<0,05	
							b_4 (WP)	-0,14	0,16	-122,1	133,2	-0,91	0,36	
							b_5 (NPGO)	0,17	0,14	56,8	45,9	1,23	0,22	
							b_6 (ALPI)	-0,15	0,14	-21,1	20,3	-1,04	0,30	
Белокорый палтус Pacific halibut	0,54	0,29	0,7	2,9	1,7	0,1309	PNA	-0,54	0,31	-0,11	0,06	-1,71	0,13	
Черный палтус Greenland turbot	0,98	0,97	3,6	23,6	5,3	<0,05	b_1 (NPGO)	-0,25	0,31	-3,6	4,59	-0,77	0,49	
							b_2 (SanSpot)	-0,93	0,22	-0,3	0,07	-4,21	<0,05	
							b_3 (WP)	-0,63	0,24	-34,9	13,15	-2,65	0,08	
							b_4 (PDO)	-0,50	0,21	-6,0	2,49	-2,40	0,09	
							b_5 (SST)	-0,25	0,13	-13,1	6,74	-1,94	0,14	

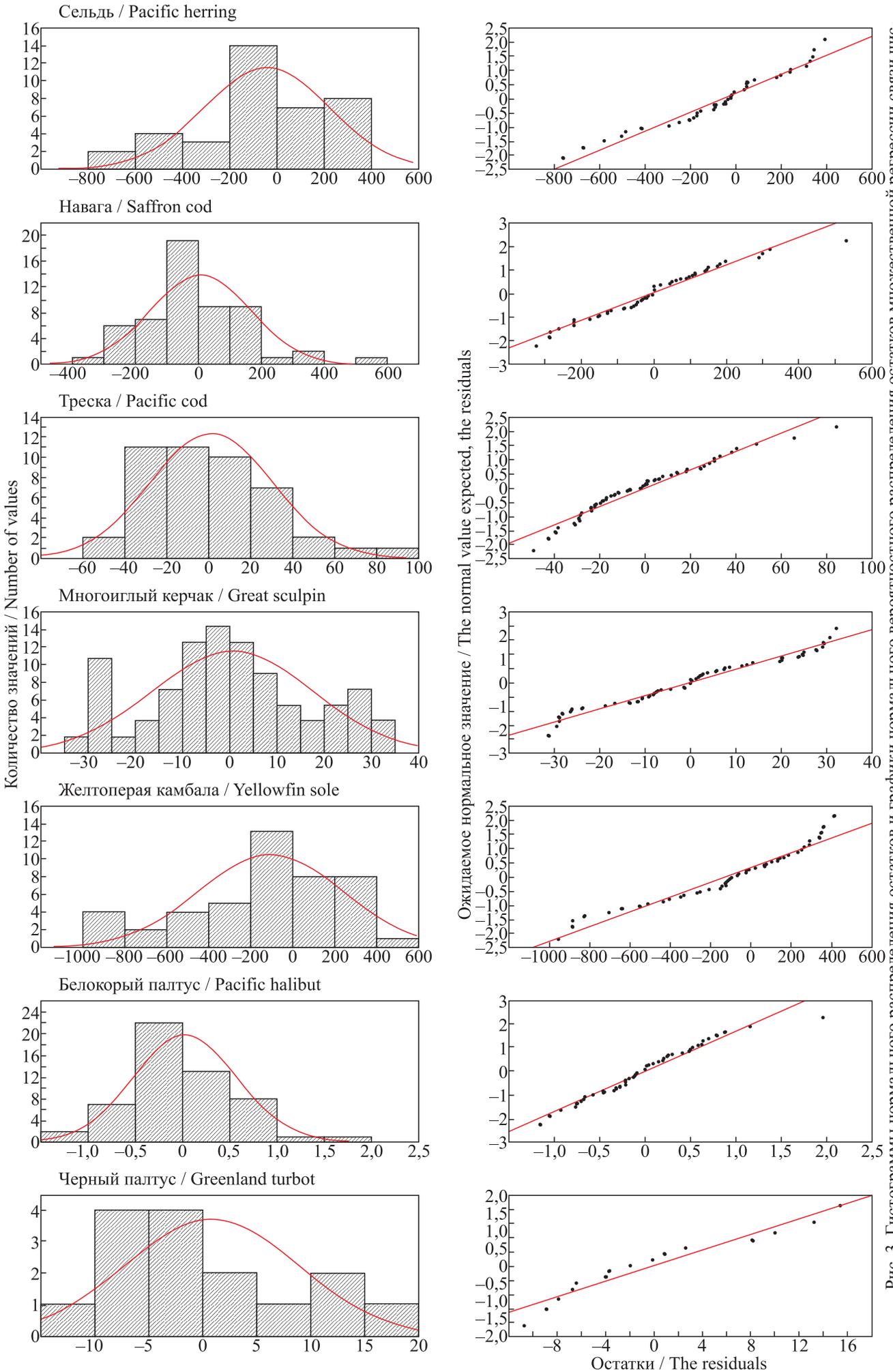


Рис. 3. Гистограммы нормального распределения остатков и графики нормального вероятностного распределения остатков множественной регрессии связи численности рыб с климатическими индексами в 1971–2015 гг. с лагом 1 год
 Fig. 3. The histogram of the normal distribution of the residuals and the normal likelihood distribution graphs of the correlation between the fish abundance and the climate indices in 1971–2015 with the lag of 1 year

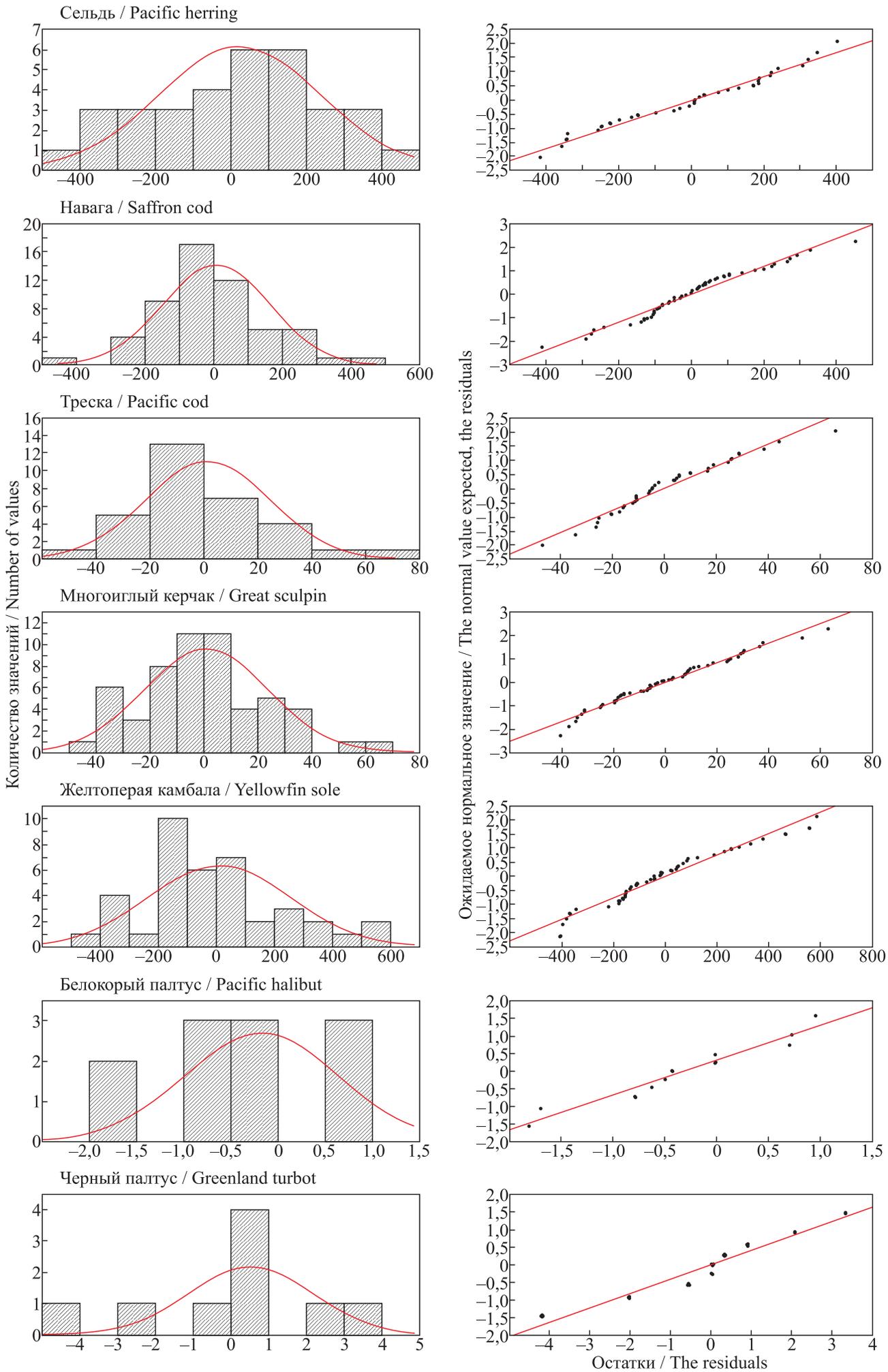


Рис. 4. Гистограммы нормального распределения остатков и графики нормального вероятностного распределения остатков множественной регрессии связи численности рыб с климатическими индексами в 1971–2015 гг. с многолетним лагом (пояснения в тексте)
 Fig. 4. The histograms of the normal distribution of residuals and the normal likelihood distribution graphs of the multiple regression residuals of the correlation between the fish abundance and the climate indices in 1971–2015 with a long-term lag (explanations in the text)

возрасте рыб, достигших более 50%-го созревания, оказался высоким и составил $R = 0,85$ и $R = 0,93$ соответственно (табл. 5 и 6). Анализ остатков регрессионной модели для многоиглого керчака показал, что основная часть их значений была близка к нормальному распределению (рис. 3 и 4).

Уровень сопряженности численности желтоперой камбалы с климатическими индексами с лагом 1 год определил один предиктор: b_1 (SanSpot) = $-0,37$. Коэффициент множественной регрессии составил $R = 0,52$ и оказался недостоверным. Связь климатических индексов и численности желтоперой камбалы с семилетним сдвигом показала повышение коэффициента множественной регрессии до $R = 0,64$. В этом случае связь высокодостоверная, и статистически значимыми определены два активных индекса: b_2 (PNA) = $0,29$ и b_3 (AO) = $0,35$ (табл. 5 и 6). В большей степени графики остатков регрессионной модели показали распределение близкое к нормальному в случае связи численности с климатическими индексами с семилетним лагом (см. рис. 3 и 4).

Связь численности белокорого палтуса на ранней стадии онтогенеза с климатическими индексами определили два предиктора: b_1 (PDO) = $-0,84$ и b_2 (SSTa) = $-0,67$. Полученные результаты многомерного моделирования показали коэффициент множественной регрессии равным $R = 0,67$ (табл. 5). Распределение значений остатков регрессионной модели было близко к ожидаемому нормальному (см. рис. 3). Взаимосвязь климатических индексов с численностью поколений рыб, достигших массового полового созревания (лаг 8 лет), не показала наличия значимых статистических связей (см. табл. 6 и рис. 4).

У черного палтуса уровень сопряженности численности с климатическими индексами с лагом 1 год определили два предиктора: b_2 (SanSpot) = $0,69$ и b_3 (NPGO) = $-0,56$. Коэффициент множественной регрессии оказался высок и составил $R = 0,91$. Как следует из рисунка 3, количество наблюдений остатков близко к нормальному закону распределения. Однако гистограмма распределения остатков не показала ожидаемого нормального распределения (см. табл. 5 и рис. 3). Взаимосвязь климатических индексов с численностью поколений рыб, достигших массового полового созревания (лаг 7 лет) показала, что статистически значимым определен только один активный индекс — b_2 (SanSpot) = $-0,93$. Полученные резуль-

таты многомерного моделирования показали очень высокий коэффициент множественной регрессии: $R = 0,98$. Анализ остатков регрессионной модели также не показал нормального распределения, указывающего на то, что большая часть используемых индексов в регрессионной модели «индексы – численность черного палтуса» неустойчива и модель не адекватна.

Следует отметить, что белокорый и черный палтусы относятся к длинноцикловым, долгоживущим и поздносозревающим видам, и мы, к сожалению, располагаем непродолжительными временными рядами их численности. Вероятно, по этой причине результаты многомерного моделирования не показали значимых статистических связей климатических индексов с численностью белокорого палтуса и нормального распределения у черного палтуса с многолетними временными лагами.

Исходя из имеющихся данных, можно отметить, что все полученные регрессионные модели включали достаточно большой набор определенных индексов-индикаторов. Это свидетельствует о высоком уровне реагирования численности исследуемых рыб на комплексное воздействие климатических факторов. Почти во всех случаях полученные многомерные взаимосвязи были высокодостоверными. Так, полученные результаты показали наличие достоверных взаимосвязей с численностью поколений рыб на втором году жизни со значениями коэффициентов множественной регрессии от $R = 0,48$ до $R = 0,91$ и численностью поколений рыб, достигших возраста массового полового созревания от $R = 0,58$ до $R = 0,98$.

Следует отметить, что у некоторых исследуемых рыб существует определенная стабильность наличия влияющих климатических факторов как на численность с однолетним, так и с многолетним лагом. Так, у трески — Тихоокеанская декадная осцилляция (PDO), у многоиглого керчака — индексы дальних связей Северного полушария (PNA) и солнечной активности (SanSpot), и у черного палтуса — индекс солнечной активности (SanSpot) (см. табл. 5 и 6).

Перечисленные факторы, связанные с изменениями климата, влияют на разные виды рыб неодинаково: они неблагоприятны для одних видов, но благоприятны для других. Например, в паре рыб треска – белокорый палтус связь с PDO носит разнонаправленный характер. Связь численности сельди, многоиглого керчака и черного палтуса с

лагом 1 год с SanSpot — положительна, а с численностью желтоперой камбалы — отрицательна (см. табл. 5). У численностей поколений наваги и многоиглого керчака, достигших более 50%-го созревания, связь с PNA приобретает отрицательное значение, а с численностью поколений желтоперой камбалы — положительное (см. табл. 6).

Результаты регрессионного анализа показали относительно низкую сопряженность взаимодействия количества климатических факторов с численностью белокорого палтуса. Как показывают результаты исследований, наибольшее влияние климатические факторы оказали на урожайность его поколений на втором году жизни. Треска, многоиглый керчак и желтоперая камбала, наоборот, отличались высокой степенью многофакторной взаимосвязи «индексы–численность». Промежуточное положение занимали сельдь и черный палтус.

В целом, полученные результаты пошагового многомерного регрессионного анализа показали, что на численности рыб, относящихся к разным экологическим комплексам, оказывали влияние как океанологические и метеорологические, так и планетарно-космические индексы.

Для характеристики взаимосвязи численности исследуемых рыб с наиболее активными климатическими индексами, отобранными по результатам многомерного моделирования, были построены трехмерные регрессионные модели (quadratic). Отбор этих предикторов и является нашей основной целью изучения воздействия климатических факторов на рассматриваемые виды биоресурсов (табл. 7, рис. 5, 6).

Таблица 7. Связь численности рыб с факторами среды
Table 7. The correlation between the fish abundance and the environmental factors

Вид Species	Регрессионная модель с временным лагом 1 год Regression model with 1 year time lag	R	R ²	p	Индексы Indices
Сельдь Pacific herring	$= 770,9026 + (6,7154 * \text{SanSpot}) - (20,6495 * \text{ALPI}) - (0,0276 * \text{SanSpot} * \text{SanSpot}) + (0,1061 * \text{SanSpot} * \text{ALPI}) - (7,4313 * \text{ALPI} * \text{ALPI})$	0,28	0,08	0,23	NPGO, AO
Навага / Saffron cod	$= 548,524 - (27,6877 * \text{ALPI}) - (109,4662 * \text{WP}) - (3,8562 * \text{ALPI} * \text{ALPI}) + (54,5675 * \text{ALPI} * \text{WP}) - (28,3991 * \text{WP} * \text{WP})$	0,38	0,14	0,13	ALPI, WP
Треска Pacific cod	$= 78,3453 + (0,0981 * \text{SanSpot}) + (24,2011 * \text{PDO}) + (0,0005 * \text{SanSpot} * \text{SanSpot}) - (0,1324 * \text{SanSpot} * \text{PDO}) + (4,1401 * \text{PDO} * \text{PDO})$	0,50	0,24	<0,01	SanSpot, PDO
Многоиглый керчак Great sculpin	$= 37,3422 + (0,1914 * \text{SanSpot}) - (1,0232 * \text{PNA}) - (0,0004 * \text{SanSpot} * \text{SanSpot}) - (0,0044 * \text{SanSpot} * \text{PNA}) - (0,0628 * \text{PNA} * \text{PNA})$	0,56	0,31	<0,05	SanSpot, PNA
Желтоперая камбала Yellowfin sole	$= 739,9185 - (2,3902 * \text{SanSpot}) + (28,9862 * \text{PNA}) + (0,0077 * \text{SanSpot} * \text{SanSpot}) - (0,1808 * \text{SanSpot} * \text{PNA}) - (2,6299 * \text{PNA} * \text{PNA})$	0,27	0,07	0,21	SanSpot, PNA
Белокорый палтус Pacific halibut	$= 1,356 - (1,2754 * \text{SSTa}) - (0,4078 * \text{PDO}) - (0,3007 * \text{SSTa} * \text{SSTa}) + (0,3157 * \text{SSTa} * \text{PDO}) - (0,0299 * \text{PDO} * \text{PDO})$	0,60	0,36	<0,05	SSTa, PDO
Черный палтус Greenland turbot	$= 164,0618 + (0,4374 * \text{SanSpot}) + (0,085 * \text{NPGO}) + (0,0003 * \text{SanSpot} * \text{SanSpot}) - (0,1997 * \text{SanSpot} * \text{NPGO}) - (2,4108 * \text{NPGO} * \text{NPGO})$	0,87	0,76	<0,001	SanSpot, NPGO
Регрессионная модель с многолетним временным лагом Regression model with a long-term lag					
Сельдь Pacific herring	$= 911,0846 - (116,0761 * \text{NPGO}) - (159,2025 * \text{SSTa}) + (64,2906 * \text{NPGO} * \text{NPGO}) - (148,6504 * \text{NPGO} * \text{SSTa}) - (54,9311 * \text{SSTa} * \text{SSTa})$	0,35	0,13	0,14	NPGO, SST
Навага / Saffron cod	$= 531,8941 - (20,5329 * \text{PNA}) + (36,553 * \text{PDO}) + (0,2793 * \text{PNA} * \text{PNA}) - (1,6664 * \text{PNA} * \text{PDO}) + (41,3915 * \text{PDO} * \text{PDO})$	0,49	0,24	<0,05	PNA, PDO
Треска Pacific cod	$= 87,9104 + (0,1659 * \text{SanSpot}) + (26,3234 * \text{PDO}) - (0,0005 * \text{SanSpot} * \text{SanSpot}) - (0,2058 * \text{SanSpot} * \text{PDO}) - (1,7074 * \text{PDO} * \text{PDO})$	0,31	0,15	<0,05	SanSpot, PDO
Многоиглый керчак Great sculpin	$= 429177 - (0,2889 * \text{PNA}) + (12,2271 * \text{PDO}) - (0,2316 * \text{PNA} * \text{PNA}) - (1,2673 * \text{PNA} * \text{PDO}) - (3,1408 * \text{PDO} * \text{PDO})$	0,55	0,30	<0,05	PNA, PDO
Желтоперая камбала Yellowfin sole	$= 476,6819 + (262,2994 * \text{AO}) + (10,4511 * \text{PNA}) - (33,1329 * \text{AO} * \text{AO}) - (4,609 * \text{AO} * \text{PNA}) + (3,5026 * \text{PNA} * \text{PNA})$	0,41	0,23	<0,05	AO, PNA
Черный палтус Greenland turbot	$= 194,1909 - (0,4543 * \text{SanSpot}) - (4,3138 * \text{PDO}) + (0,0024 * \text{SanSpot} * \text{SanSpot}) - (0,038 * \text{SanSpot} * \text{PDO}) - (1,443 * \text{PDO} * \text{PDO})$	0,93	0,87	<0,01	SanSpot, PDO

Исходя из представленных графиков, видно, что сокращение числа предикторов, определенных методом пошагового отбора при построении регрессии, сильно отразилось на уровне взаимосвязи. Полученные коэффициенты регрессий оказались значительно ниже, а у желтоперой камбалы с однолетним лагом и у сельди, как с однолетним, так и с

многoletним временными лагами, связи оказались недостоверными (табл. 7). В остальных случаях результаты множественной регрессии показали наличие достоверных взаимосвязей. Однако взаимосвязи климатических индексов с численностью рыб, поколения которых достигли массового полового созревания, оказались выше (табл. 7).

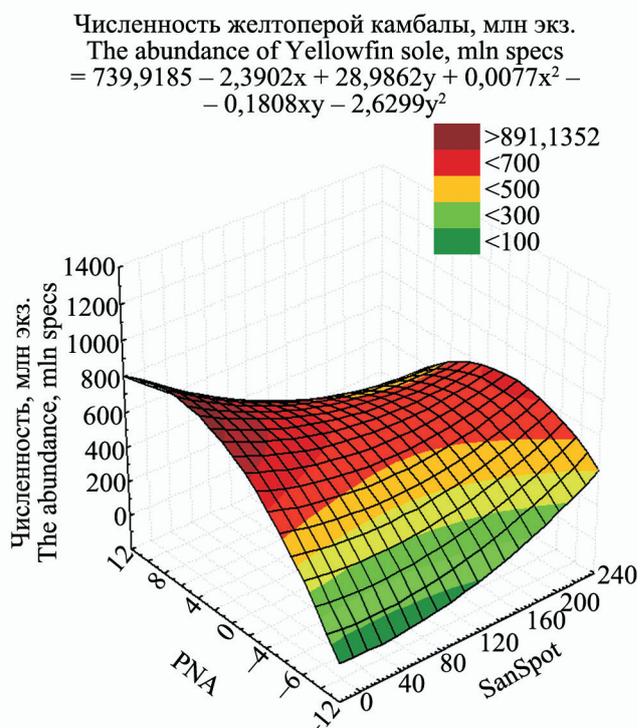
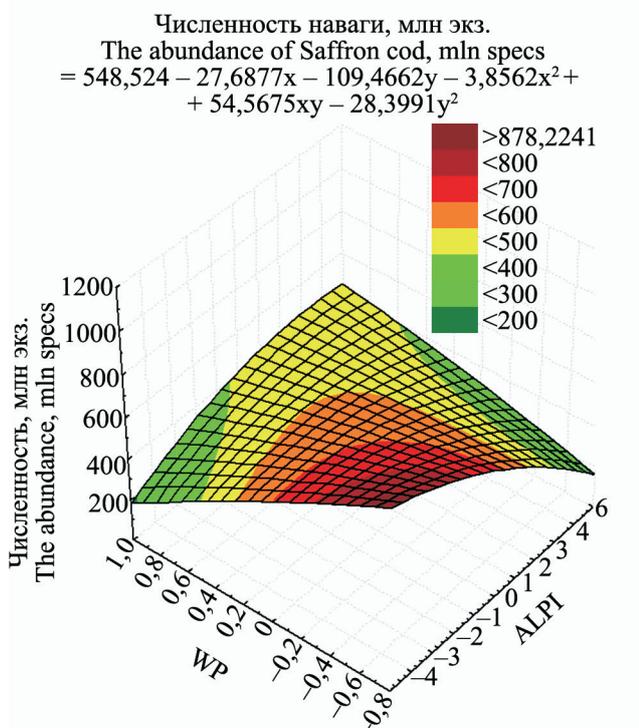
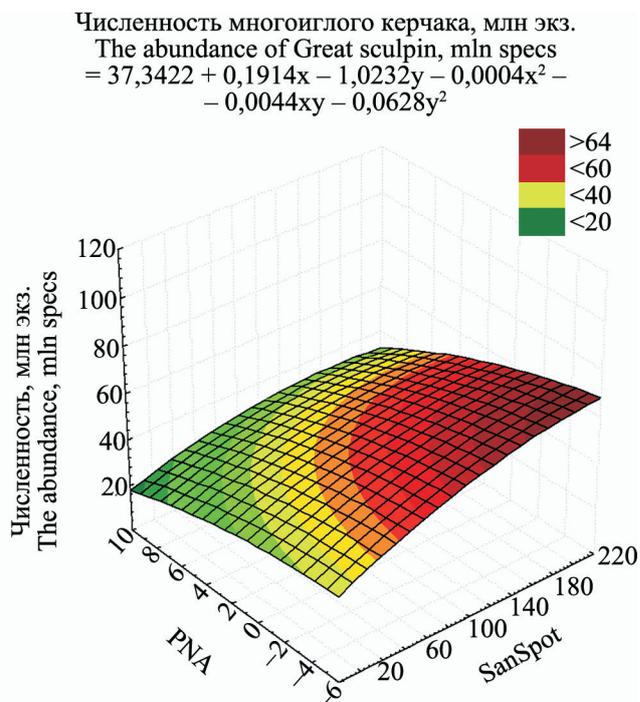
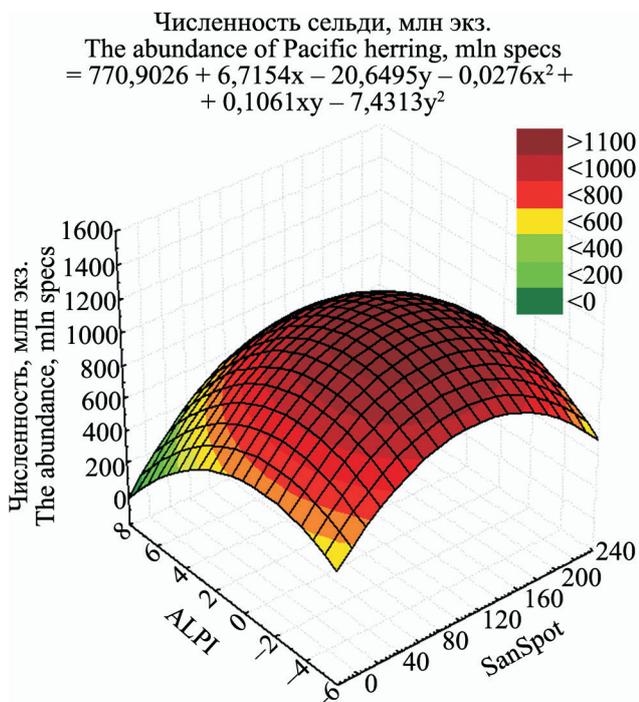


Рис. 5А. Взаимосвязь численности рыб с наиболее активными климатическими индексами по данным 1971–2018 гг. с лагом 1 год
 Fig. 5A. The correlation between the fish abundance and the most intense climate indices on the data for 1971–2018 with the lag of 1 year

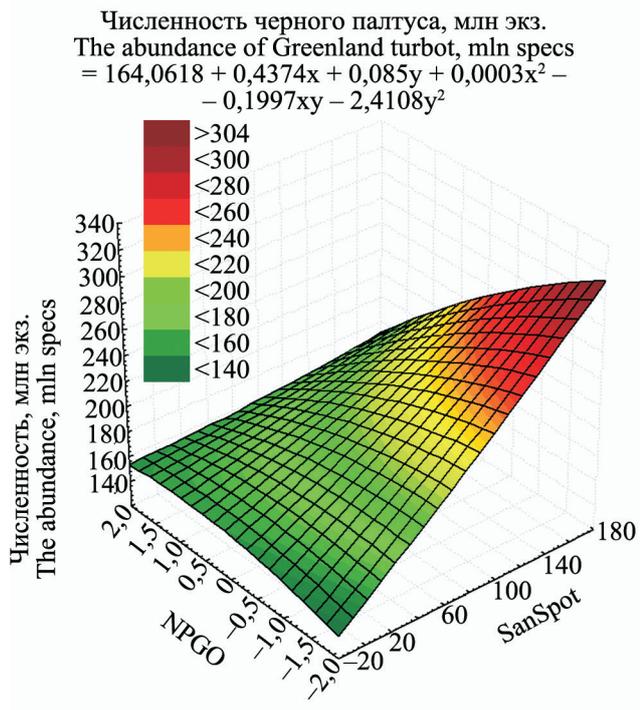
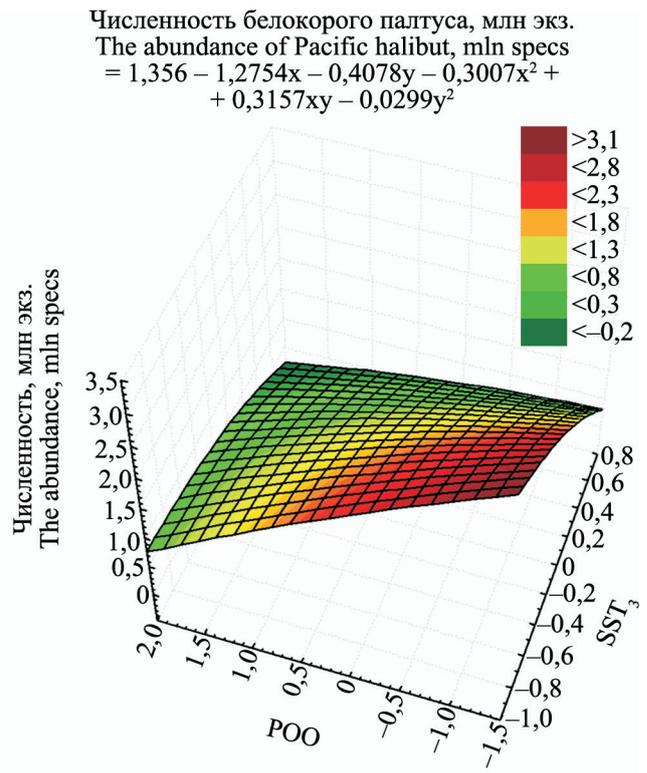
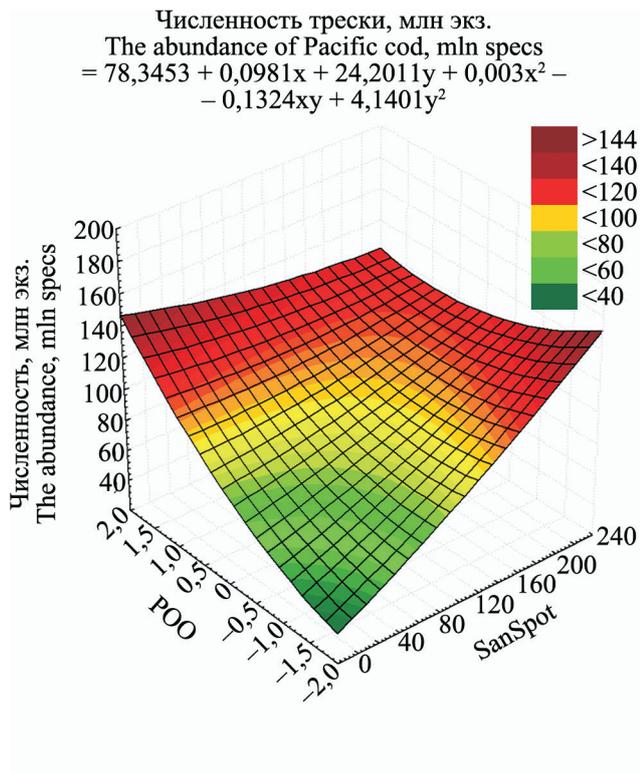


Рис. 5Б. Взаимосвязь численности рыб с наиболее активными климатическими индексами по данным 1971–2018 гг. с лагом 1 год
Fig. 5B. The correlation between the fish abundance and the most intense climate indices on the data for 1971–2018 with the lag of 1 year

На основе полученных уравнений множественной регрессии (табл. 7) были построены регрессионные модели численности рыб (рис. 7 и 8). Как видно из графиков, модели численностей наваги, трески, черного палтуса и, в некоторой степени, многоиглого керчака, как с однолетними, так и с многолетними временными лагами, удовлетворительно описывают динамику исходных численностей рыб. Однако существуют временные от-

резки со значительным разбросом модельных и фактических значений. Это говорит о том, что у исследуемых рыб высокий коэффициент множественной регрессии определяет весь набор предикторов многомерного взаимодействия, и, возможно, в эти годы на численность рыб оказывали влияние другие климатические факторы. Тем не менее полагаем, что найденные зависимости численности исследуемых рыб с некоторыми клима-

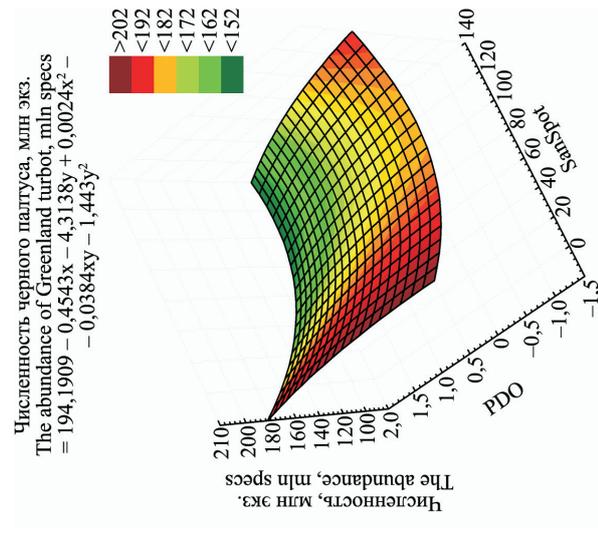
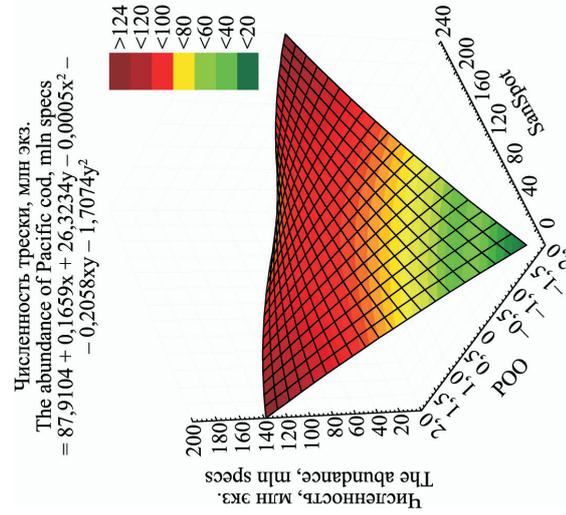
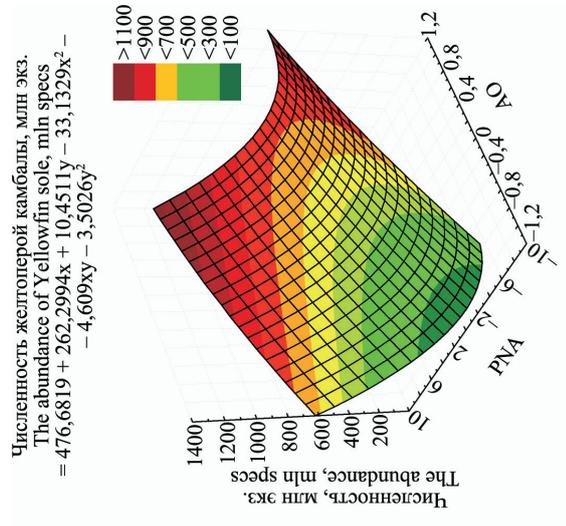
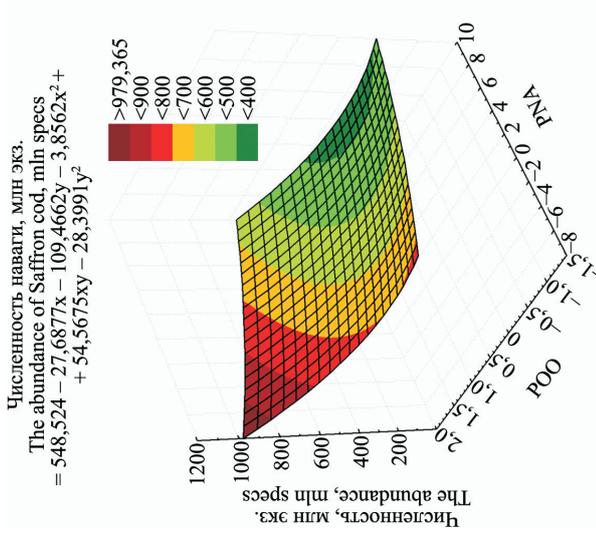
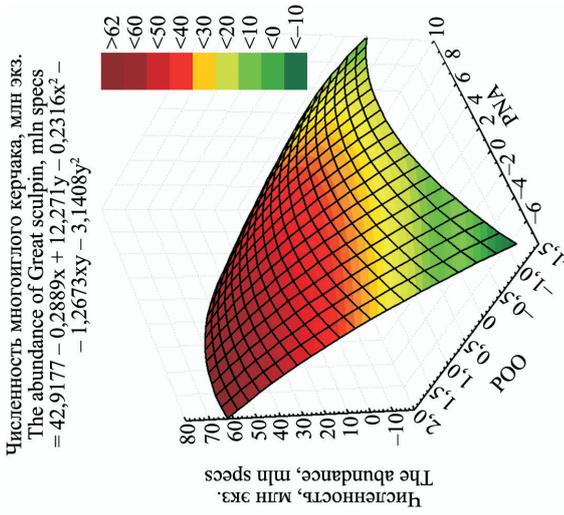
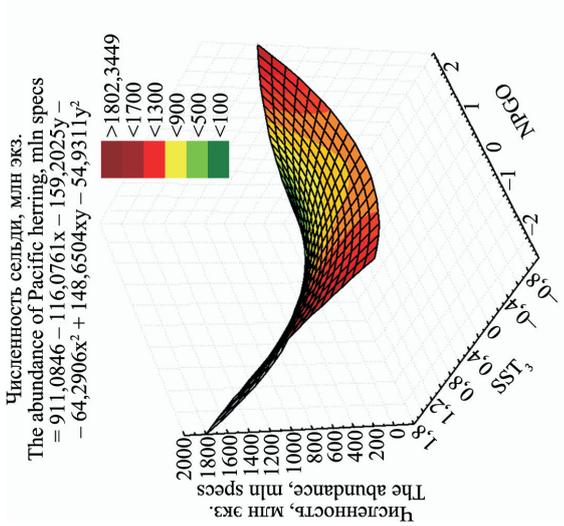


Рис. 6. Взаимосвязь численности рыб с наиболее активными климатическими индексами по данным 1971–2018 гг. с многолетним лагом (пояснения в тексте)
 Fig. 6. The correlation between the fish abundance and the most intense climate indices on the data for 1971–2018 with a long-term lag (explanations in the text)

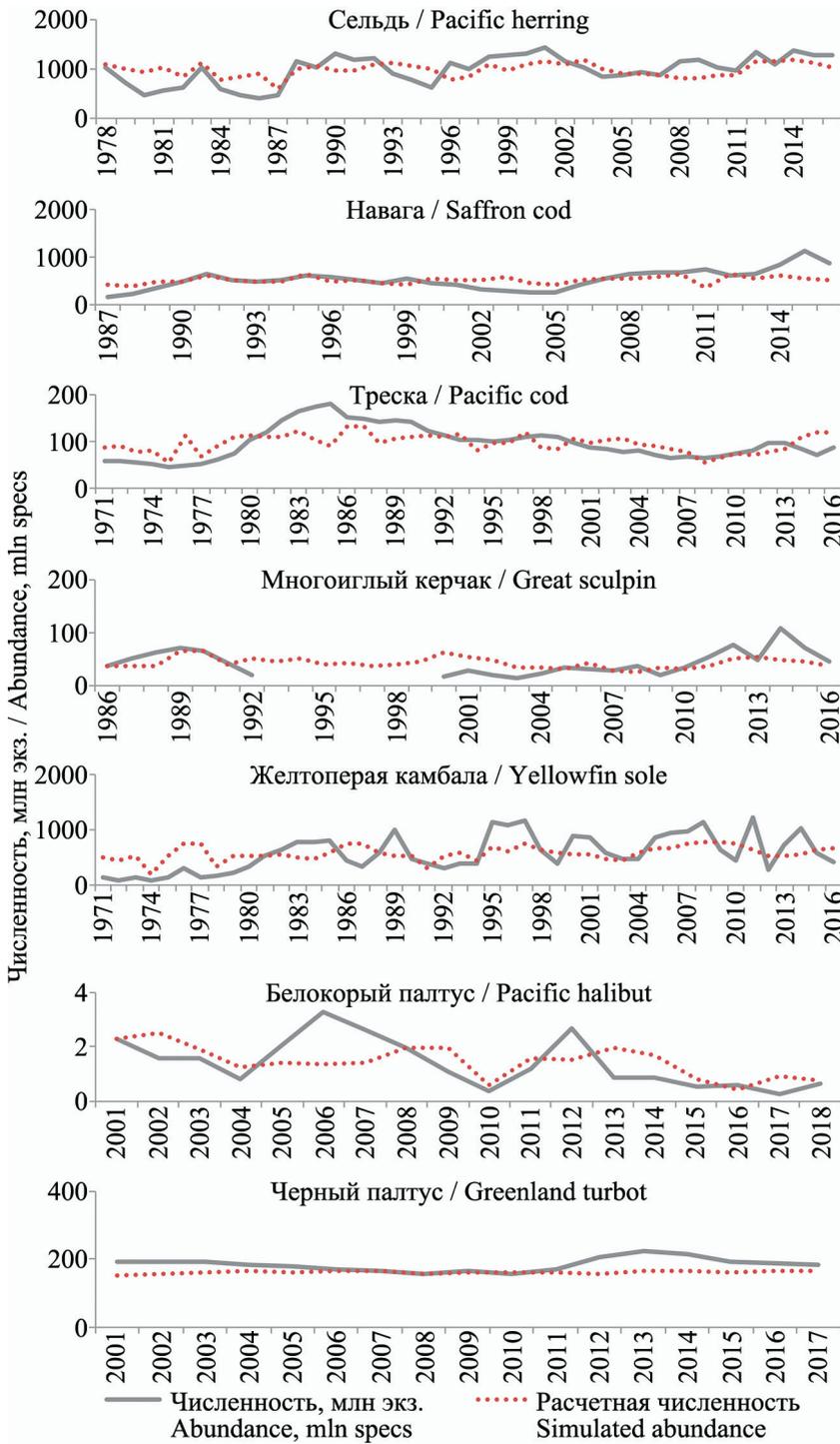


Рис. 7. Исходные и модельные численности рыб с временным лагом 1 год
 Fig. 7. The initial and simulated (model) fish abundances with the time lag of 1 year

тическими предикторами могут быть использованы в качестве дополнительных индикаторов при построении прогностических моделей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении прямого корреляционного анализа взаимосвязи «численность рыб – численность рыб» обнаружили наиболее статистически значимые положительные связи между треской и черным палтусом ($r = 0,7881$), навагой и многоиглым керчаком ($r = 0,4881$), навагой и сельдью

($r = 0,4132$). В противофазе изменялись численности сельди и трески ($r = -0,4085$), сельди и белокорого палтуса ($r = -0,6016$), наваги и трески ($r = -0,3811$), наваги и белокорого палтуса ($r = -0,6016$).

Проведенный прямой корреляционный анализ показал, что взаимосвязи «индекс–численность» отмечены в большинстве случаев, как с однолетним временным лагом, так и с многолетним. Из массовых видов рыб наибольший отклик на климатические факторы получили численности толь-

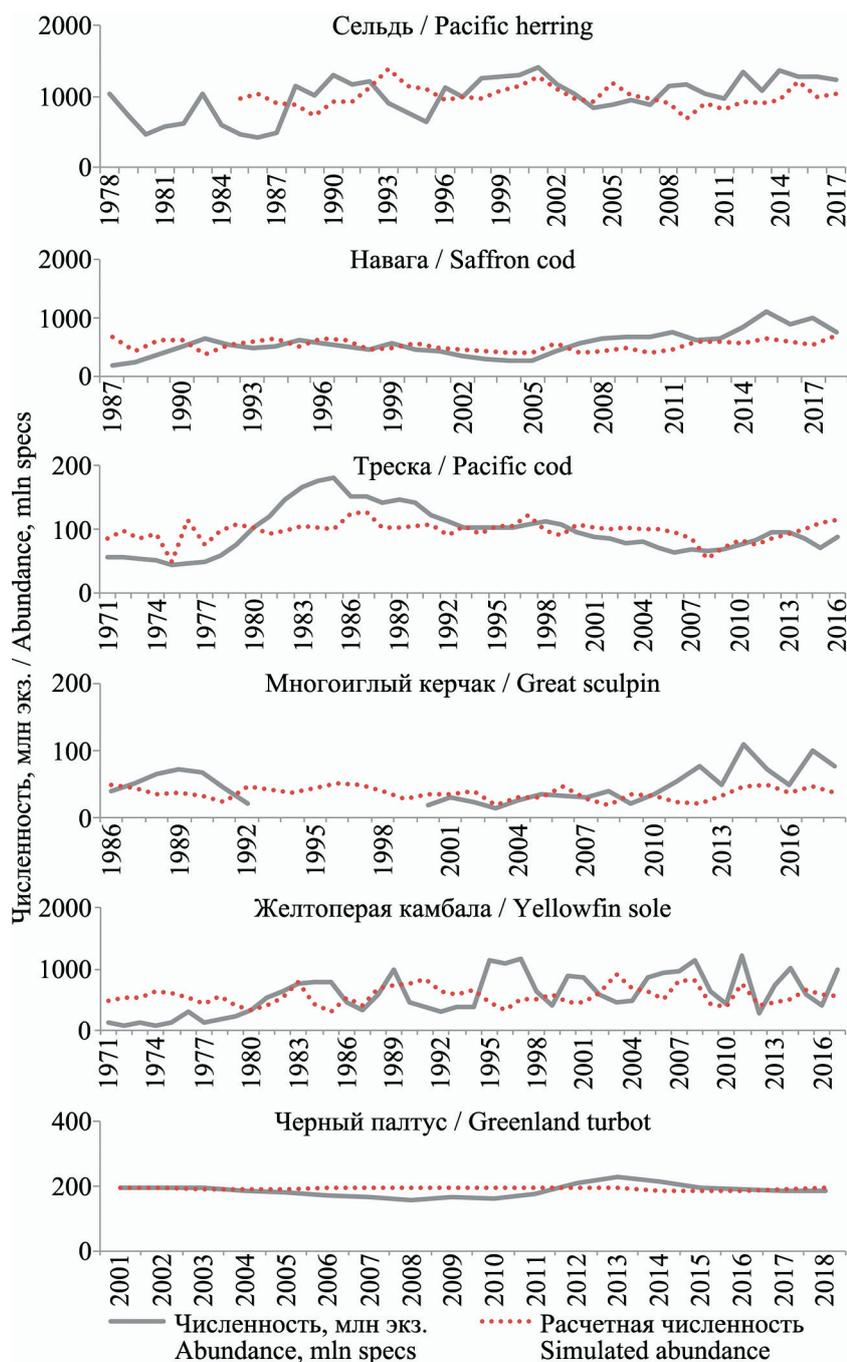


Рис. 8. Исходные и модельные численности рыб с многолетним временным лагом (пояснения в тексте)
Fig. 8. The initial and simulated (model) fish abundances with a long-term lag (explanations in the text)

ко двух видов рыб — многоиглого керчака и черного палтуса. У желтоперой камбалы и белокорого палтуса не выявлено наличия значимых статистических связей. На урожайность поколений исследуемых рыб наиболее заметным оказалось влияние индексов Ice OkhS, SST, SSTa и PDO.

Полученные результаты пошагового многомерного регрессионного анализа включали широкий набор определенных индексов-индикаторов и показали наличие достоверных взаимосвязей с численностью поколений рыб на втором году жизни со значениями коэффициентов множественной регрессии от $R = 0,48$ до $R = 0,91$ и численностью

поколений рыб, достигших возраста массового полового созревания от $R = 0,58$ до $R = 0,98$.

Проведенный пошаговый многомерный регрессионный анализ позволил выделить наиболее значимые климатические факторы, воздействующие на численность некоторых промысловых видов пелагического и донного рыбных сообществ восточной части Охотского моря. Наибольшее влияние на сельдь оказали индексы SST, NPGO, SanSpot; на навагу — PNA; на треску — PDO; на многоиглого керчака — PNA, SanSpot; на желтоперую камбалу — SanSpot, PNA, AO; на белокорого палтуса — PDO, SSTa; на черного палтуса — SanSpot, NPGO.

На основе полученных уравнений множественной регрессии взаимосвязи численности рыб с отобранными наиболее активными климатическими индексами были построены трехмерные регрессионные модели. Почти все полученные результаты показали наличие достоверных взаимосвязей со значениями коэффициентов множественной регрессии от умеренных ($R = 0,31$) до сильных ($R = 0,93$). Найденные зависимости численности исследуемых рыб с некоторыми климатическими предикторами могут быть использованы в качестве дополнительных индикаторов при построении прогностических моделей.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы приносят искреннюю благодарность д. б. н. А.В. Бугаеву за профессиональные консультации и ценные советы при написании статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Асеева Н.Л.* 2012. Перестройка структуры донного ихтиоценоза западнокамчатского шельфа в связи с изменениями температуры воды // Вопросы промысловой океанологии. Вып. 9. № 1. С. 77–88.
- Бондаренко М.В., Борисов В.М., Кровнин А.С., Кловач Н.В., Мудрый Г.П.* 2001. Крупномасштабные флуктуации запасов морских промысловых организмов // Мировой океан: Использование биологических ресурсов. Информ.-аналитич. сб. М.: Вып. 2. С. 87–94.
- Борец Л.А.* 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-Центр. 216 с.
- Бугаев А.В., Тепнин О.Б.* 2011. Оценка влияния некоторых климатических факторов на численность азиатских стад горбуши и кеты // Изв. ТИНРО. Т. 166. С. 67–87.
- Бугаев А.В., Тепнин О.Б.* 2015. Продуктивность тихоокеанских лососей: влияние термических условий вод в период первой зимы в бассейне Северной Пацифики // Тр. ВНИРО. Т. 158. С. 89–111.
- Бугаев А.В., Тепнин О.Б., Радченко В.И.* 2018. Климатическая изменчивость и продуктивность тихоокеанских лососей Дальнего Востока России // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 49. С. 5–50.
- Васильков В.П., Чупышева Н.Г., Колесова Н.Г.* 1980. О возможности долгосрочного прогнозирования уловов дальневосточной наваги в Японском море по циклам солнечной активности // Вопр. ихтиологии. Т. 20. Вып. 4. С. 606–614.
- Винников А.В.* 2008. Тихоокеанская треска Западной Камчатки: биология, динамика численности, промысел. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский. 24 с.
- Витинский Ю.И., Оль А.И., Сазонов Б.И.* 1976. Солнце и атмосфера Земли. Л.: Гидрометеиздат. 351 с.
- Волвенко И.В.* 1998. Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловых съемок // Изв. ТИНРО. Т. 124. С. 473–500.
- Гаврилов Г.М., Шарапова Т.Н.* 1982. Динамика численности наваги залива Петра Великого // Рыбное хозяйство. № 3. С. 26–27.
- Гечайте И., Погорельцев А.И., Узрюмова А.И.* 2016. Влияние Арктического колебания на температурный режим восточной части Балтийского региона // Солнечно-земная физика. Т. 2. № 1. С. 64–70.
- Глебова С.Ю.* 2003. Типы атмосферных процессов над дальневосточными морями, межгодовая изменчивость их повторяемости и сопряженность // Изв. ТИНРО. Т. 134. С. 209–257.
- Горбатенко К.М., Савин А.Б.* 2012. Состав, биомасса и трофические характеристики рыб на западнокамчатском шельфе // Изв. ТИНРО. Т. 171. С. 40–61.
- Давыдов И.В.* 1975. Режим вод западнокамчатского шельфа и некоторые особенности поведения и воспроизводства промысловых рыб // Изв. ТИНРО. Т. 97. С. 63–81.
- Дементьева Т.Ф.* 1976. Биологическое обоснование промысловых прогнозов. М.: Пищ. пром-сть. 236 с.
- Дубровская Н.В.* 1953. Биология и промысел дальневосточной наваги. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 14 с.
- Дьяков Ю.П.* 2002. Западнокамчатские камбалы (распределение, биология и динамика популяций) // Изв. ТИНРО. Т. 130. Ч. 3. С. 954–1000.
- Дьяков Ю.П.* 2011. Камбалообразные (Pleuronectiformes) дальневосточных морей России (пространственная организация фауны, сезоны и продолжительность нереста, популяционная структура вида, динамика популяций): Монография. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 428 с.
- Завернин Ю.П.* 1972. Влияние гидрометеорологических условий на сроки подхода охотской сельди на нерест и урожайность ее поколений // Изв. ТИНРО. Т. 81. С. 47–51.
- Зуенко Ю.И.* 2011. Современные изменения зимнего дальневосточного муссона и их влияние на

- воспроизводство зимненерестующих рыб на примере сардины и наваги Японского моря / Матер. XV конф. по промысловой океанологии, посвящ. 150-летию со дня рожд. акад. Н.М. Книповича (Светлогорск, Калининградская обл., 12–17 сентября 2011 г.). Калининград: АтлантНИРО. С. 127–131.
- Зуенко Ю.И., Черноиванова Л.А., Вдовин А.Н., Устинова Е.И. 2010. Влияние изменений климата на воспроизводство наваги *Eleginus gracilis* в заливе Петра Великого (Японское море) // Вопросы промысловой океанологии. Вып. 7. № 1. С. 132–144.
- Ижевский Г.К. 1961. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. М.: Пищепромиздат. 216 с.
- Ильин О.И., Сергеева Н.П., Варкентин А.И. 2014. Оценка запасов и прогнозирование ОДУ восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) на основе предосторожного подхода // Сб. науч. тр. ВНИРО. Т. 151. С. 62–74.
- Каика А.И., Юсупов Р.Р. 2009. Особенности распределения, промышленное освоение и биологическая характеристика трески *Gadus macrocephalus* в северной части Охотского моря // Сб. науч. тр. МагаданНИРО. Вып. 3. С. 147–157.
- Кинг Дж., Иванов В.В., Курашов В., Бимши Р.Дж., МакФарлан Г.А. 2006. Индекс общей циркуляции атмосферы над северной частью Тихого океана // Изв. ТИНРО. Т. 145. С. 220–227.
- Козлов Б.М. 1959. Биология и промысел наваги в северной части Татарского пролива // Изв. ТИНРО. Т. 47. С. 118–144.
- Колесова Н.Г. 1975. Биология и состояние запасов наваги залива Петра Великого // Биологические ресурсы морей Дальнего Востока: Тез. докл. Всесоюз. совещ. Владивосток. С. 35–36.
- Колесова Н.Г. 1976. Состояние запасов наваги *Eleginus navaga gracilis* (Til.) залива Петра Великого // Исслед. по биологии рыб и промысловой океанографии. Вып. 7. С. 144–149.
- Коломейцев В.В. 2016. Типизация зимних гидрологических условий для всего Охотского моря и для района у Западной Камчатки по данным спутникового мониторинга // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 41. С. 81–88.
- Котенев Б.Н., Кровнин А.С., Кловач Н.В., Мордасова Н.В., Мурый Г.П. 2015. Влияние климато-океанологических факторов на состояние основных запасов горбуши в 1950–2015 гг. // Тр. ВНИРО. Т. 158. С. 143–161.
- Кулик В.В. 2009. Динамика обилия рыб и беспозвоночных в пелагиали Охотского моря в связи с гелиофизическими и климато-океанологическими факторами. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 24 с.
- Линдберг Г.У., Красюкова З.В. 1987. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Ч. 5. Л.: Наука. 526 с.
- Матвеев А.А., Терентьев Д.А. 2016. Промысел, многолетняя динамика биомассы, распределение и размерный состав массовых видов рогатковых Cottidae у западного побережья Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 41. С. 17–42.
- Мусеев П.А. 1956. Дальневосточная навага, вахня (*Eleginus gracilis* [Tilesius]). Морские ерши, морские окуни (Sebastodes) // Тр. ИО АН СССР. Т. 14. С. 48–52.
- Мордвинов В.И., Иванов А.С., Девятова Е.В. 2009. Возбуждение арктической и антарктической осцилляций крутильными колебаниями // Солнечно-земная физика. Вып. 13. С. 55–65.
- Муктепавел Л.С., Шатилина Е.А. 2012. Основные причины формирования аномально тяжелых ледовых условий в районе северо-западной части Охотского моря с учетом распределения основных нерестилищ охотской сельди // Вопр. промысловой океанологии. Вып. 9. № 1. С. 89–103.
- Науменко Н.И. 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 334 с.
- Науменко Н.И. 2002. Многолетние изменения в ихтиоцене юго-западной части Берингова моря // Тр. II Междунар. науч. конф. «Рыбохозяйственные исследования Мирового океана». Владивосток: Дальрыбвтуз. Т. 1. С. 139–141.
- Никольский Г.В. 1974. Теория динамики стада. М.: Пищ. пром-сть. 446 с.
- Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. 2002. Рыбы Приморья. Владивосток: Дальневост. гос. техн. рыбохоз. ун-т; Ин-т биологии моря ДВО РАН. 550 с.
- Новикова О.В. 2002. Промысел, распределение и некоторые особенности биологии наваги прикамчатских вод // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 6. С. 120–130.
- Новикова О.В. 2004. Динамика численности западно-камчатской наваги и естественные причины, ее вызывающие / Экономические, социальные,

- правовые и экологические проблемы Охотского моря и пути их решения. Матер. рег. науч.-практ. конф. (23–25 ноября 2004 г.). Петропавловск-Камчатский. С. 93–96.
- Новикова О.В. 2007. Дальневосточная навага (*Eleginus gracilis* (Til.)) прикамчатских вод. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский. 24 с.
- Новикова О.В. 2009. Особенности распределения и промысла наваги в восточной части Охотского моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 13. С. 42–50.
- Новикова О.В. 2017. Современное состояние запасов трески *Gadus macrocephalus* (Til.) и наваги (*Eleginus gracilis* (Til.)) в восточной части Охотского моря / Матер. II Всерос. конф. с междунар. участием «Дальневосточные моря и их бассейны: биоразнообразие, ресурсы, экологические проблемы» (3–4 октября 2017 г.). Владивосток. С. 44–45.
- Овчинников В.В., Волобуев В.В., Голованов И.С., Коршукова А.М., Панфилов А.М., Прикоки О.В., Смирнов А.А. 2018. Динамика запасов и вылова основных промысловых рыб Магаданской области // Вопр. рыболовства. Т. 19. № 1. С. 5–19.
- Панин Г.Н., Выручалкина Т.Ю., Соломонова И.В. 2010. Особенности климатических изменений в средних и высоких широтах Северного полушария // Георесурсы. Геоэнергетика, геополитика. Вып. 2 (2). С. 1–13.
- Покровская Т.Н. 1960. Географическая изменчивость биологии наваги (рода *Eleginus*) // Тр. ИО АН СССР. Т. 31. С. 19–110.
- Савин А.Б., Ильинский Е.И., Асеева Н.Л. 2011. Многолетняя динамика в составе донных и придонных рыб на западнокамчатском шельфе в 1982–2010 гг. // Изв. ТИНРО. Т. 166. С. 149–165.
- Сафронов С.Н. 1986. Тихоокеанская навага / Биологические ресурсы Тихого океана. М.: Наука. С. 201–212.
- Семенов Л.И. 1971. К вопросу о локальных группировках тихоокеанской наваги // Изв. ТИНРО. Т. 75. С. 37–46.
- Семенов Л.И. 1973. Некоторые вопросы динамики численности и естественного воспроизводства ямской популяции наваги *Eleginus gracilis* (Tilesius) Охотского моря // Вопр. ихтиологии. Т. 13. № 6. С. 1046–1055.
- Смирнов А.А. 2003. Оценка влияния различных факторов на состояние популяции гижигинско-камчатской сельди // Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: Экосистемный подход. Тез. докл. междунар. конф. 23–26 сентября 2003 г. С. 175–179.
- Смирнов А.А. 2014. Биология распределение и соотношение запасов гижигинско-камчатской сельди: Монография. Магадан: СВГУ. 170 с.
- Терентьев Д.А., Балыкин П.А., Винников А.В. 2005. Промысел морских рыб в восточной части Охотского моря // Рыбное хозяйство. № 6. С. 49–52.
- Терентьев Д.А., Тепнин О.Б., Четвергов А.В. 2002. Влияние абиотических факторов на динамику запаса западнокамчатской наваги *Eleginus gracilis* Tilesius (Gadidae) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 6. С. 116–119.
- Токранов А.М. 1981. Распределение керчаковых (Cottidae, Pisces) на западнокамчатском шельфе в летний период // Зоологич. журнал. Т. 60. Вып. 2. С. 229–237.
- Токранов А.М. 1985. Биология массовых видов рогатковых (семейство Cottidae) прикамчатских вод. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 22 с.
- Токранов А.М., Винников А.В., Федоров В.В., Шейко Б.А. 1996. Рыбы прибрежных вод Северо-Западной Камчатки // Ресурсы традиционного природопользования народов Севера и Дальнего Востока России. Петропавловск-Камчатский: Камшат. С. 81–82.
- Толстяк А.Ф. 1990. Влияние некоторых факторов среды на численность поколений камчатской наваги // Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей Советского Союза. М.: Наука. С. 148–155.
- Тупоногов В.Н., Кодолов Л.С. 2014. Полевой определитель промысловых и массовых видов рыб дальневосточных морей России. Владивосток: Русский Остров. 336 с.
- Тюрнин Б.В. 1980. О причинах снижения запасов охотской сельди и мерах по их восстановлению // Биология моря. Т. 2. С. 69–74.
- Фельдман М.Г., Шевляков Е.А. 2015. Выживаемость камчатской горбуши как результат совокупного воздействия плотностной регуляции и внешних факторов среды // Изв. ТИНРО. Т. 182. С. 88–114.
- Халафян А.А. 2007. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. М.: ООО «Бином-Пресс». 512 с.
- Черешнев И.А., Волобуев В.В., Хованский И.Е., Шестаков А.В. 2001. Прибрежные рыбы северной

части Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. 197 с.

Шейко Б.А., Федоров В.В. 2000. Глава 1. Рыбообразные и рыбы / Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 7–69.

Шунтов В.П. 1985. Биологические ресурсы Охотского моря. М.: Агропромиздат. 224 с.

Шунтов В.П. 1998. Современный статус биологических ресурсов Охотского моря // Рыбное хозяйство. № 4. С. 40–42.

Шунтов В.П., Волвенко И.В., Волков А.Ф., Горбатенко К.М., Шериенков С.Ю., Старовойтов А.Н. 1998. Новые данные о состоянии пелагических экосистем Охотского и Японского морей // Изв. ТИНРО. Т. 124 (1). С. 139–177.

Шунтов В.П., Дуленова Е.П. 1996. Современный статус и межгодовая динамика донных и пелагических сообществ экосистемы Охотского моря // Изв. ТИНРО. Т. 119. С. 3–32.

Шунтов В.П., Радченко В.И., Дуленова Е.П., Темных О.С. 1997. Биологические ресурсы дальневосточной российской экономической зоны: структура пелагических и донных сообществ, тенденции многолетней динамики // Изв. ТИНРО. Т. 122. С. 3–15.

Юрьев С.Г., Старушенко Л.И. 1972. Динамика численности черноморского шпрота и методика прогнозирования его возможного вылова // Тр. ВНИРО. Т. 83. С. 212–220.

Barnston A.G., Livezey R.E. 1987. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns // Mon. Wea. Rev. Vol. 115. P. 1083–1126.

Beamish R.J., Neville C.E., Cass A.J. 1997. Production of Fraser river sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* in relation to decadal-scale changes in the climate and the ocean // Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 54. P. 543–554.

Di Lorenzo E., Schneider N., Cobb K.M., Franks J.S., Chhak K., Miller A.J., McWilliams J., Bograd S.J., Arango H., Curchitser E., Powell T.M., Riviere P. 2008. North Pacific Gyre Oscillation links ocean climate and ecosystem change // Geophys. Res. Lett. Vol. 35:122. doi:<https://doi.org/10.1029/2007GL032838>.

Hare S.R., Francis R.C. 1995. Climate change and salmon production in the Northeast Pacific Ocean // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. № 121. P. 357–372.

Thompson D.W.J., Wallace J.M. 1998. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential

height and temperature fields. Geophys. Res. Lett. Vol. 25. P. 1297–1300.

Wallace J.M., Gutzler D.S. 1981. Teleconnections in the Geopotential height field during the northern hemisphere winter // Monthly weather review. Vol. 109 (4). P. 784–812.

REFERENCES

Aseyeva N.L. The restructuring of the structure of the bottom ichthyofauna of the Western Kamchatka shelf due to changes in water temperature. *Voprosy promyslovoy okeanologii*, 2012, issue 9, no. 1, pp. 77–88. (In Russian)

Bondarenko M.V., Borisov V.M., Krovnin A.S., Klovach N.V., Mudryi G.P. Large-scale fluctuations of stocks of marine commercial organisms. *World Ocean: Use of biological resources. Information and analytical collection*, 2001, vol. 2, pp. 87–94. (In Russian)

Borets L.A. *Donnye ikhtiotseny rossiyskogo shel'fa dal'nevostochnykh morey: sostav, struktura, elementy funktsionirovaniya i promyslovoe znachenie* [Bottom ichthyofaunas of the Russian Far East seas shelf: composition, structure, functioning elements and commercial importance]. Vladivostok: TINRO-Center, 1997, 217 p.

Bugaev A.V., Tepnin O.B. Productivity of Pacific salmon: influence of water thermal conditions during the period of first winter in the basin of North Pacific. *Trudy VNIRO*, 2011, vol. 166, pp. 67–87. (In Russian)

Bugaev A.V., Tepnin O.B., Radchenko V.I. 2018. Climate variability and pacific salmon productivity in Russian Far East. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2018, vol. 49, pp. 5–50. (In Russian with English abstracts)

Vasilkov V.P., Chupysheva N.G., Kolesova N.G. 1980. About possibility of long-term forecasting of catches of the Far East navaga in the Sea of Japan on cycles of solar activity. *Journal of Ichthyology*, 1980, vol. 20, issue 4, pp. 606–614. (In Russian)

Vinnikov A.V. *Tikhookeanskaya treska Zapadno-y Kamchatki: biologiya, dinamika chislennosti, promysel. Avtoref. Dis. kand. biol. nauk* [Pacific cod in Western Kamchatka: biology, population dynamics, fishing. Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2008, 24 p.

Vitinskiy Y.I., Ol A.I., Sazonov B.I. *Solntse i atmosfera Zemli* [The Sun and the Earth's atmosphere]. Moscow: Gidrometeoizdat, 1976, 351 p.

- Volvenko I.V. Problems of quantitative assessment of fish abundance according to trawl surveys. *Izvestiya TINRO*, 1998, vol. 124, pp. 473–500. (In Russian)
- Gavrilov G.M., Sharapova T.N. Dynamics of navaga population in the Peter the Great Bay. *Rybnoe hozyaistvo*, 1982, no. 3, pp. 26–27. (In Russian)
- Gečaitė I., Pogoreltsev A.I., Ugryumov A.I. Arctic oscillation impact on thermal regime in the eastern part of the Baltic Region. *Solar-Terrestrial Physics*, 2016, vol. 2, no. 1, pp. 89–96.
- Glebova S.Yu. Types of the atmospheric processes over Far-Eastern Seas, interannual variability of their repeatability and mutual coordination. *Izvestiya TINRO*, 2003, vol. 134, pp. 209–257. (In Russian)
- Gorbatenko K.M., Savin A.B. Composition, biomass and trophic characteristics of fish on the western Kamchatka shelf. *Izvestiya TINRO*, 2012, vol. 171, pp. 40–61. (In Russian)
- Davydov I.V. Water regime of the West Kamchatka shelf and some features of the behavior and reproduction of commercial fish. *Izvestiya TINRO*, 1975, vol. 97, pp. 63–81. (In Russian)
- Dementieva T.F. *Biologicheskoye obosnovaniye promyslovykh prognozov* [Biological substantiation of fishery forecasts]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost, 1976, 236 p.
- Dubrovskaya N.V. *Biologiya i promysel dalnevostochnoy navagi. Avtoref. Dis. kand. biol. nauk* [The biology of the navaga and the navaga fishery in the northern Far Eastern Seas. Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Moscow, 1953, 14 p.
- Diakov Y.P. West Kamchatkan flounders (distribution, biology and population dynamics). *Izvestiya TINRO*, 2002, vol. 130, pp. 954–1000. (In Russian)
- Diakov Y.P. *Kambaloobraznyye (Pleuronectiformes) dalnevostochnykh morey Rossii (prostranstvennaya organizatsiya fauny, sezony i prodolzhitel'nost' neresta, populyatsionnaya struktura vida, dinamika populyatsiy)* [Flatfish (Pleuronectiformes) of the Far Eastern Seas of Russia (spatial organization of fauna, seasons and duration of spawning, population structure of the species, population dynamics)]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2011, 428 p.
- Zavernin Y.P. The influence of hydrometeorological conditions on the timing of the approach of the Okhotsk herring to spawn and the productivity of its generations. *Izvestiya TINRO*, 1972, vol. 81, pp. 47–51. (In Russian)
- Zuyenko Y.I. Modern changes in the winter Far Eastern monsoon and their influence on the reproduction of winter spawning fish using the example of the sardine and navaga of the Sea of Japan. *Materialy XV konferencii po promyslovy okeanologii, posvyashchynoi 150-letiyu so dnya rozhdeniya akademika N.M. Knipovicha* [Materials of XV scientific conference in commercial oceanology dedicated to the 150th anniversary of the birth. N.M. Knipovich]. Kaliningrad: AtlantNIRO, 2011, pp. 127–131.
- Zuenko Y.I., Chernovanova L.A., Vdovin A.N., Ustinova E.I. Influence of climate change on reproduction of navaga *Eleginus gracilis* in Peter the Great Bay (Sea of Japan). *Voprosy promyslovy okeanologii*, 2010, issue 7, no. 1, pp. 132–144. (In Russian)
- Izhevskiy G.K. *Okeanologicheskiye osnovy formirovaniya promyslovy produktivnosti morey* [Oceanological basis for the formation of commercial productivity of the seas]. Moscow: Pishchepromizdat, 1961, 216 p.
- Ilin O.I., Sergeeva N.P., Varkentin A.I. East-Kamchatka Walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) stock and tac assessment based on the precautionary approach. *Trudy VNIRO*, 2014, vol. 151, pp. 62–74. (In Russian)
- Kaika A.I., Yusupov R.R. Distribution features, industrial development and biological characteristics of cod *Gadus macrocephalus* in the northern part of the Sea of Okhotsk. *Trudy MagadanNIRO*, 2009, issue 3, pp. 147–157. (In Russian)
- King J.R., Ivanov V.V., Kurashov V., Beamish R.J., McFarlane G.A. An index of general circulation of the atmosphere over the North Pacific. *Izvestiya TINRO*, 2006, vol. 145, pp. 220–227. (In Russian)
- Kozlov B.M. Biology and fishery of Navaga in the northern part of the Tatar Strait. *Izvestiya TINRO*, 1959, vol. 47, pp. 118–144. (In Russian)
- Kolesova N.G. Biology and status of navaga stocks of Peter the Great Bay. *Biologicheskkiye resursy morey Dalnego Vostoka* [Biological resources of the seas of the Far East: Abstracts. doc. All-Union conference]. Vladivostok, 1975, pp. 35–36.
- Kolesova N.G. Stock status of navagas *Eleginus navaga gracilis* (Til.) of Peter the Great Bay. *Issledovaniya po biologii ryb i promyslovy okeanografii*, 1976, vol. 7, pp. 144–149.
- Kolomeyts V.V. Classification of winter hydrological conditions in the Okhotsk Sea and the Western Kamchatka Region of the Okhotsk Sea according to satellite monitoring. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2016, vol. 41, pp. 81–88. (In Russian with English abstracts)

- Kotenev B.N., Krovnin A.S., Klovach N.V., Mordasova N.V., Muriy G.P. Impact of climatic and oceanographic factors on the state of main pink salmon stocks, 1950–2015. *Trudy VNIRO*, 2015, vol. 158, pp. 143–161. (In Russian)
- Kulik V.V. *Dinamika obiliya ryb i bespozvonochnykh v pelagiali Okhotskogo morya v svyazi s geliofizicheskimi i klimato-okeanologicheskimi faktorami. Avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Dynamics of fish and invertebrate abundance in the pelagial of the sea of Okhotsk due to Heliophysical and climatic-Oceanological factors. Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Vladivostok, 2009, 24 p.
- Lindberg G.U., Krasnyukova Z.V. *Ryby Yaponskogo morya i sopredelnykh chastei Okhotskogo i Zheltogo morey* [Fishes of the Sea of Japan and the adjacent areas of the Sea of Okhotsk and the Yellow Sea]. Part V. Leningrad: Nauka, 1987, 526 p.
- Matveev A.A., Terentiev D.A. Fishery, longterm dynamics of biomass, distribution and length composition of mass species of cottidae on the West Coast of Kamchatka. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2016, vol. 41, pp. 17–42. (In Russian with English abstracts)
- Moiseyev P.A. Far Eastern Navaga, Wakhna (*Eleginus gracilis* [Tilesius]). Sea ruffles, sea bass (Sebastes). *Trudy IO AN SSSR*, 1956, vol. 14, pp. 48–52. (In Russian)
- Mordvinov V.I., Ivanov A.S., Devyatova E.V. Excitation of arctic and antarctic oscillations by torsional oscillations. *Solar-Terrestrial Physics*, 2009, vol. 13, pp. 55–65. (In Russian)
- Muktepavel L.S., Shatilina E.A. The main reasons for the formation of abnormally severe ice conditions in the northwestern part of the Sea of Okhotsk, taking into account the distribution of the main spawning grounds of the Okhotsk herring. *Voprosy promyslovoy okeanologii*, 2012, issue 9, no. 1, pp. 89–103. (In Russian)
- Naumenko N.I. *Biologiya i promysel morskikh seldey Dalnego Vostoka* [Biology and fisheries on marine herring of the Far-Eastern Seas]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatnyi Dvor, 2001, 330 p.
- Naumenko N.I. Long-term changes in the ichthyofauna of the southwestern part of the Bering Sea. *Tr. II Mezhdunar. nauch. konf. "Rybokhozyaystvennyye issledovaniya Mirovogo okeana"* [Tr. II International scientific conf. "Fisheries research of the oceans"]. Vladivostok: Dalrybvtuz, 2002, vol. 1, pp. 139–141.
- Nikolsky G.V. *Teoriya dinamiki stada ryb* [Theory of fish stock dynamics]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost, 1974, 448 p.
- Novikov N.P., Sokolovskiy A.S., Sokolovskaya T.G., Yakovlev Y.M. *Ryby Primoriya* [Fish of Primorye]. Vladivostok: Far East state tech. fish farm. un-t; Inst Biol. Sea FEB RAS, 2002, 550 p.
- Novikova O.V. Catches, distribution and some peculiarities of biology of saffron cod *Eleginus gracilis* (Tilesius) in the waters adjacent to Kamchatka. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2002, vol. 6, pp. 120–130. (In Russian with English abstracts)
- Novikova O.V. The dynamics of the number of Western Kamchatka navaga and the natural causes that cause it. *Ekonomicheskkiye, sotsial'nyye, pravovyye i ekologicheskkiye problemy Okhotskogo morya i puti ikh resheniya. Mater. reg. nauch.-prakt. konf.* [Economic, social, legal and environmental problems of the Sea of Okhotsk and ways to solve them. Abstracts regional scientific-practical conference]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2004, pp. 93–96.
- Novikova O.V. *Dalnevostochnaya navaga (Eleginus gracilis (Til.)) prikamchatskikh vod* [Far Eastern saffron cod (*Eleginus gracilis* (Til.)) of the waters adjacent Kamchatka. Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2007, 24 p.
- Novikova O.V. Peculiarity of distribution and industrial fishing of the saffron cod in East Part of the Okhotskoe. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2009, vol. 13, pp. 42–50. (In Russian with English abstracts)
- Novikova O.V. The modern stock status of pacific *Gadus macrocephalus* (Til.) and saffron cod (*Eleginus gracilis* (Til.)) in the eastern part of the Sea Of Okhotsk. *The Second All-Russian Conference with International Participation, Dedicated to the Ecology Year in Russia*. Vladivostok, 2017, pp. 44–45.
- Ovchinnikov V.V., Volobuev V.V., Golovanov I.S., Korsukova A.M., Panfilov A.M., Prikoki O.V., Smirnov A.A. Dynamics of stocks and catches of commercial fish species of the Magadan Region. *Problems of fisheries*, 2018, vol. 19, no. 1, pp. 5–19. (In Russian)
- Panin G.N., Vyruchalkina T.Y., Solomonova I.V. Specifics of climatic changes in Northern hemisphere. *Georesursy. Geoenergetika, Geopolitika*, 2010, issue 2 (2), pp. 5–6. (In Russian)

- Pokrovskaya T.N. Geographic variability of navagi biology (genus *Eleginus*). *Trudy IO AN SSSR*, 1960, vol. 31, pp. 19–110. (In Russian)
- Savin A.B., Ilynskiy E.N., Aseeva N.L. Dynamics of demersal fish community structure on the shelf of West Kamchatka in 1982–2010. *Izvestiya TINRO*, 2011, vol. 166, pp. 149–165. (In Russian)
- Safronov S.N. Pacific saffron cod. *Biologicheskiye resursy Tikhogo okeana* [The biological resources of the Pacific Ocean]. Moscow: Nauka, 1986, pp. 201–212.
- Semenenko L.I. On the issue of local Pacific Navaga factions. *Izvestiya TINRO*, 1971, vol. 75, pp. 37–46. (In Russian)
- Semenenko L.I. Some questions of the dynamics of the abundance and natural reproduction of the Yamskoy Navaga population *Eleginus gracilis* (Tilesius) of the Sea of Okhotsk. *Journal of Ichthyology*, 1973, vol. 13, no. 6, pp. 1046–1055. (In Russian)
- Smirnov A.A. Evaluation of the influence of various factors on the state of the Gizhiginsky-Kamchatka herring population. *Ratsionalnoye prirodopolzovaniye i upravleniye morskimi bioresursami: Ekosistemnyy podkhod. Tez. dokl. v mezhdunar. konf.* [Environmental management and management of marine bioresources: Ecosystem approach. Thesisis in international conference]. Vladivostok, 2003, pp. 175–179.
- Smirnov A.A. *Biologiya raspredeleniye i sootnosheniye zapasov gizhiginsko-kamchatskoy seldi* [Biology distribution and stock ratio of Gizhiginsky-Kamchatka herring]. Magadan: SVGU, 2014, 170 p.
- Terentev D.A., Balykin P.A., Vinnikov A.V. Fishing for marine fish in the eastern part of the Sea of Okhotsk. *Rybnoe hozyajstvo*, 2005, no. 6, pp. 49–52. (In Russian)
- Terentev D.A., Tepnin O.B., Chetvergov A.V. Influence of abiotic factors on dynamics of the Western Kamchatka saffron cod *Elenius gracilis* stocks. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2002, vol. 6, pp. 116–119. (In Russian with English abstracts)
- Tokranov A.M. Distribution of Kerchak (Cottidae, Pisces) on the Western Kamchatka shelf in the summer. *Zoologicheskyy Zhurnal*, 1981, vol. 60, issue 2, pp. 229–237. (In Russian)
- Tokranov A.M. *Biologiya massovykh vidov rogakovykh (semeystvo Cottidae) prikamchatskikh vod. Avtoref. dis.kand. biol. nauk* [Biology of mass species of slingshot (Cottidae family) Kamchatka waters. Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Vladivostok, 1985, 22 p.
- Tokranov A.M., Vinnikov A.V., Fedorov V.V., Sheyko B.A. Fishes of coastal waters of North-West Kamchatka. *Resursy traditsionnogo prirodopol'zovaniya narodov Severa i Dalnego Vostoka Rossii* [Traditional natural resources of the peoples of the North and the Far East of Russia]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamshat, 1996, pp. 81–82.
- Tolstyak A.F. The influence of some environmental factors on the number of generations of Kamchatka navaga. *Biologicheskiye resursy shel'fovykh i okrainnykh morey Sovetskogo Soyuz*a [Biological resources of the shelf and marginal seas of the Soviet Union]. Moscow: Nauka, 1990, pp. 148–155.
- Tuponogov V.N., Kodolov L.S. Polevoy opredelitel promyslovykh i massovykh vidov ryb dalnevostochnykh morey Rossii [Field guide to commercial and mass fish species of the Far Eastern Seas of Russia]. Vladivostok, 2014, 336 p.
- Turnin B.V. About the reasons for the decrease in stocks of Okhotsk herring and measures for their restoration. *Russian Journal of Marine Biology*, 1980, vol. 2, pp. 69–74. (In Russian)
- Feldman M.G., Shevlyakov E.A. Survival of Kamchatka pink salmon as result of combined influence of density regulation and environmental factors. *Izvestiya TINRO*, 2015, vol. 182, pp. 88–114. (In Russian)
- Khalafyan A.A. STATISTICA 6. Statisticheskyy analiz dannykh [STATISTICA 6. Statistical analysis of data]. 3rd ed. Moscow, 2007, 512 p.
- Chereshnev I.A., Volobuev V.V., Khovanskiy I.E., Shestakov A.V. *Pribrezhnyye ryby severnoy chasti Okhotskogo morya* [Coastal fish of the northern part of the Sea of Okhotsk]. Vladivostok: Dalnauka, 2001, 196 p.
- Sheyko B.A., Fedorov V.V. *Glava 1. Ryboobraznyye i ryby. Katalog pozvonochnykh Kamchatki i sopredel'nykh morskikh akvatoriy* [Chapter I. Fish-like and fish. Catalog of vertebrates of Kamchatka and adjacent marine areas]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatskiy pechatnyy dvor, 2000, pp. 7–69.
- Shuntov V.P. *Biologicheskiye resursy Okhotskogo morya* [Biological resources of the Sea of Okhotsk]. Moscow: Agropromizdat. 1985, 224 p.
- Shuntov V.P. The current status of the biological resources of the Sea of Okhotsk. *Rybnoe hozyajstvo*, 1998, no. 4, pp. 40–42. (In Russian)
- Shuntov V.P., Volvenko I.V., Volkov A.F., Gorbatenko K.M., Shershenkov S.Y., Starovoytov A.N. New data on the status of pelagic ecosystems of the Sea of Okhotsk and the Sea of Japan. *Izvestiya TINRO*, 1998, vol. 124, no. 1, pp. 139–177. (In Russian)

Shuntov V.P., Dulepova E.P. Current status and inter-annual dynamics of bottom and pelagic communities of the Sea of Okhotsk ecosystem. *Izvestiya TINRO*, 1996, vol. 119, pp. 3–32. (In Russian)

Shuntov V.P., Radchenko V.I., Dulepova E.P., Temnykh O.S. Biological resources of the Far Eastern Russian economic zone: structure of pelagic and benthic communities, tendencies of long-term dynamics. *Izvestiya TINRO*, 1997, vol. 122, pp. 3–15. (In Russian)

Yuriev S.G., Starushenko L.I. The dynamics of the number of Black Sea sprats and methods for predicting its possible catch. *Trudy VNIRO*, 1972, vol. 83, pp. 212–220. (In Russian)

Barnston A.G., Livezey R.E. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. *Mon. Wea. Rev.*, 1987, vol. 115, pp. 1083–1126.

Beamish R.J., Neville C.E., Cass A.J. Production of Fraser river sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* in relation to decadal-scale changes in the climate and the ocean. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1997, vol. 54, pp. 543–554.

Di Lorenzo E., Schneider N., Cobb K.M., Franks J.S., Chhak K., Miller A.J., McWilliams J., Bograd S.J., Arango H., Curchitser E., Powell T.M., Riviere P. North Pacific Gyre Oscillation links ocean climate and ecosystem change. *Geophys. Res. Lett.*, 2008, vol. 35:122. doi:<https://doi.org/10.1029/2007GL032838>.

Hare S.R., Francis R.C. Climate change and salmon production in the Northeast Pacific Ocean. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 1995, no. 121, pp. 357–372.

Thompson D.W.J., Wallace J.M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophys. Res. Lett.*, 1998, vol. 25, pp. 1297–1300.

Wallace J.M., Gutzler D.S. Teleconnections in the Geopotential height field during the northern hemisphere winter. *Monthly weather review*, 1981, vol. 109 (4), pp. 784–812.

Статья поступила в редакцию: 04.04.2019

Статья принята после рецензии: 04.12.2019

УДК 597.553.2:59.087

DOI: 10.15853/2072-8212.2020.56.35-62

ИССЛЕДОВАНИЯ НЕРЕСТА НЕРКИ В БАССЕЙНЕ НАЧИКИНСКОГО ОЗЕРА (ЮГО-ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА) С ПОМОЩЬЮ КВАДРОКОПТЕРА В 2018 Г.

О.М. Запорожец, Г.В. Запорожец, М.Г. Фельдман



Вед. н. с., д. б. н.; вед. н. с., к. б. н.; вед. н. с., к. б. н.; Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО») 683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18. Тел.: 8 (4152) 412-707
E-mail: zaporozhets.o.m@kamniro.ru; zaporozhets.g.v@kamniro.ru; feldman.m.g@kamniro.ru

ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ, НЕРЕСТ, УЧЕТ ЧИСЛЕННОСТИ, БПЛА, ФОТОСЪЕМКА, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КАРТИРОВАНИЕ НЕРЕСТИЛИЩ, НАЧИКИНСКОЕ ОЗЕРО

Впервые подробно обследовано Начикинское озеро и его притоки с помощью квадрокоптера в течение хода и нереста ранней и поздней рас нерки. Получены количественные оценки заполнения производителями разных участков озерных притоков и его прибрежья. Численность ранней нерки оценена в ~30 тыс. экз.; поздней — в ~145 тыс. экз. (суммированием производителей, учтенных каждые ~2 недели) и в 140 тыс. экз. (127–153 тыс. экз., с помощью имитационной модели). По фотографиям с квадрокоптера на спутниковый снимок нанесены границы нерестилищ поздней нерки в 2018 г. и вычислена их площадь (307 тыс. м²), максимальная плотность заполнения нерестилищ на которой превышала 0,64 экз./м², а плотность нереста в пик хода — 4,5 экз./м².

INVESTIGATION OF THE SPAWNING SOCKEYE SALMON IN THE POOL OF THE NACHIKINSKOE LAKE (SOUTH-WESTERN KAMCHATKA) WITH THE HELP OF A QUADROPTER IN 2018

Oleg M. Zaporozhets, Galina V. Zaporozhets, Mark G. Feldman

Leading Scientist, Dr. Sc. (Biology); Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("KamchatNIRO") 683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18. Tel.: +7 (4152) 412-707
E-mail: zaporozhets.o.m@kamniro.ru; zaporozhets.g.v@kamniro.ru; feldman.m.g@kamniro.ru

PACIFIC SALMON, SPAWNING, NUMBER ACCOUNTING, UAVS, PHOTOGRAPHY, MATHEMATICAL MODELING, MAPPING OF SPAWNING GROUNDS, NACHIKINSKOE LAKE

The Nachikinskoe Lake and its tributaries were first examined in detail with the help of a quadrocopter during running and spawning of early and late sockeye salmon. Quantitative estimates of adult salmon filling in different areas of lake tributaries and its coasts were obtained. The number of spring sockeye salmon was estimated at ~30 thous. specs, and late — at ~145 thous. specs (summation of adults counted every ~2 weeks) and 140 thous. specs (127–153 thous. specs), by means of imitation model. According to the photos from the quadrocopter, the boundaries of the spawning grounds of the late sockeye salmon in 2018 are marked on the space picture. The area of spawning grounds is calculated — 307 thous. m². The maximum density of distribution of adult salmon exceeded 0.64 specs/m², the density of spawning was 4.5 specs/m².

Учет заходящих на нерест производителей на Камчатке проводят с середины XX века (Крогиус, 1955; Остроумов, 1962, 1975), в основном с вертолетов. Подробность этих обследований сначала возрастала, а затем (в связи с отсутствием финансирования) резко пошла на убыль. По этой причине, как выход из катастрофической ситуации, с начала 2010-х гг. Е.А. Шевляковым и А.В. Масловым (2011) был обоснован и принят перечень «реперных» водоемов, необходимый для оценки заполнения лососями нерестилищ. При этом на периферии внимания осталось множество водотоков, численность производителей на которых оценивается в основном с помощью аппроксимации. Надежность таких процедур не

всегда высока. Во-первых, потому что по разным причинам динамика ресурсов на эпизодически охватываемых учетами участках может отличаться от реперных (и это подтверждено Е.А. Шевляковым и А.В. Масловым (2011)). Во-вторых, оценка заполнения реперных нерестилищ проводится в настоящее время аэровизуальным методом, без фото- и видеофиксации текущей информации непосредственно на цифровой носитель. В-третьих, авиаучеты, если позволяют погода и финансирование, проводят в основном в пик нереста ключевых видов лососей. Для оценки полной численности производителей в популяциях, нерест которых растянут на 2–2,5 месяца, необходимо проводить их в

сроки, соответствующие его длительности (Остроумов, 1970).

В последние 10–15 лет появилась возможность проводить количественную оценку нерестовых запасов и рыб на путях миграции с помощью фото- и видеотехники с высоким разрешением, установленной на беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Такую оценку уже осуществляют в США, Канаде и Японии в стандартном режиме (Jones et al., 2006; Kudo et al., 2012; Whitehead et al., 2014; Groves et al., 2016).

В то же время площадь полигонов, обследуемых небольшими БПЛА, не может конкурировать с таковой для вертолетов, подсчет с которых остается основным источником данных о численности нерестующих лососей, но детальность и фиксация в цифровом виде информации, поставляемой первыми, дают им большие преимущества в своей конкретной «нише».

В частности, подобные исследования мы стали проводить, начиная с 2017 г., с помощью квадрокоптера в бассейне оз. Начикинского (рис. 1), расположенного в верховьях р. Плотникова — одного из двух основных истоков р. Большой (Запорожец, Запорожец, 2017), где нерка представлена двумя расами — ранней и поздней (Бараненкова, Семко, 1934; Семко, 1935; Крохин, Крогиус, 1937б; Бугаев и др., 2002, Запорожец и др., 2013).

Основными целями нашей работы в 2018 г. были:

– изучение особенностей нереста двух темпорально и по большей части экологически изолированных рас начикинской нерки;

– исследование отдельных нерестилищ для получения представлений об их характеристиках (включая площадь);

– оценка пространственно-временного распределения производителей и их численности.

Для достижения целей потребовалось решить следующие задачи:

– провести регулярные обследования разных участков речных и озерных нерестилищ (с фиксацией в цифровом формате), определяя их заполнение по численности рыб на гнездах, и оценить вклад отдельных районов в динамику;

– рассчитать численность нерестовавших рыб разными методами, в том числе на основе математических моделей;

– оконтурить нерестилища по фотографиям, оценить их площадь и плотность заполнения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В соответствии с поставленными целями и задачами, в 2018 г. нами было проведено в бассейне оз. Начикинского 12 маршрутных съемок: пять — с 22 июня по 26 июля (в период захода и нереста ранней расы), семь — с 17 августа по 23 октября (заход и нерест поздней расы). Общая протяженность 48 полетов составила 146 км, длительность — более 12 часов.

В июне–июле обследовали на лодке верховья р. Плотникова, периметр оз. Начикинского, потом (на лодке и пешком) — озерные притоки: реки Озерная, Ягодная, Табуретка, Верхняя, Бабыя и ручей Медвежий (рис. 1), фотографируя каждый раз производителей ранней расы нерки, готовя-

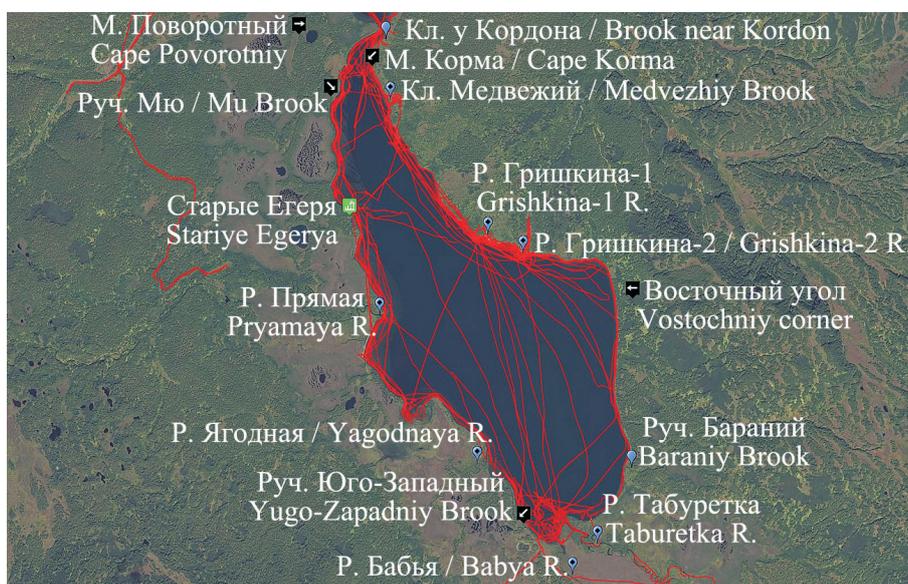


Рис. 1. Спутниковый снимок оз. Начикинского с нанесенными GPS-треками маршрутов съемок 2018 г.

Fig. 1. Satellite image of Nachikinskoe Lake with the GPS-tracks from the surveys 2018 marked

щихся к нересту, а затем — нерестующих (в притоках и ключах), с помощью квадрокоптера Phantom-4 Pro (рис. 2) с высоты 7–15 м.

В августе–октябре обследовали на лодке периметр оз. Начикинского (рис. 1), разделенный для удобства работы и последующего анализа на семь секторов: север-северо-восток — ССВ (исток р. Плотникова – м. Корма), северо-восток — СВ (м. Корма – устье р. Гришкиной-1), восток-северо-восток — ВСВ (устье р. Гришкиной-1 – Восточный угол), восток — В (Восточный угол – руч. Бараний), северо-запад — СЗ (м. Поворотный – р. Прямая), юго-запад — ЮЗ (р. Прямая – руч. Юго-Западный), юго-юго-запад — ЮЮЗ (руч. Юго-Западный – р. Бабья), и нижние части его притоков, фотографируя в основном с высоты 25–35 м производителей поздней расы нерки, готовящихся к нересту и нерестующих на разных участках. Камера квадрокоптера снимала кадры короткой стороной (ось Y): ~ параллельно берегу. При необходимости захватить длинной стороной снимка всю литоральную отмель аппарат поднимали до 45–80 м над водой. Снимки обычно делали в ортогональной плоскости (под 90° к поверхности воды) с продольным перекрытием в 20–40%.

Для определения средней длины рыб на подходе к нерестилищам отлавливали производителей каждой из рас (всего 100 экз.).

Для определения размеров площадок съемки на озере, в зависимости от высоты аппарата, в программе ImageJ (imagej.nih.gov/ij/) проводили калибровку по фотографиям лодки, снятым при разрешении 5464×3070 с высоты от 10 до 50 м: обозначали длину лодки (4,2 м) в качестве эталона и измеряли размеры проекции кадра на поверхность воды. Для определения высоты съемки кадра извлекали необходимую телеметрическую

информацию из файлов полетных данных. По результатам регрессионного анализа полученных пар данных выводили линейное уравнение вида: $Y = a + bX$, где Y — высота над уровнем воды (м), X — поперечный размер кадра (м). Это уравнение далее использовали для вычисления размеров площадок съемки, а затем — плотности распределения рыб на фото в озерном прибрежье.

Отбирали непересекающиеся фотографии и обрабатывали также в программе ImageJ: на каждом кадре последовательно проставляли нумерованные маркеры для всех рыб. Затем считывали количество особей на отобранном фото в результирующем файле данных и, исходя из рассчитанной длины участка съемки в метрах, вычисляли плотность их скоплений в экз./км. В случаях отсутствия рыб на фото, в таблицы заносили нулевые величины, которые и фигурировали в выборках при статистической обработке данных.

При съемке на реках длину участков (для дальнейшего вычисления плотности распределения) определяли по-другому (Запорожец, Запорожец, 2017): на каждом кадре с рыбами рисовали прямую или ломаную линию по стрелню реки и выводили результат ее измерения в пикселях. После этого проставляли по паре маркеров на концах тела (длина AC) любых нескольких рыб, находящихся вблизи линии стрелня, сохраняя результат в файл. Затем, зная среднюю длину рыб AC (у ранней нерки ~0,45 м, у поздней — 0,54 м), вычисляли длину участка съемки (рис. 3), занося ее в таблицу.

Далее определяли среднюю плотность скопленный рыб на некотором отрезке реки (например, от одного притока до другого) или прибрежья озера и, умножая ее на длину участка (используя GPS-треки или измерения по спутниковым снимкам в масштабе 1:1000 в программе SAS.Планета



Рис. 2. Квадрокоптер Phantom-4 с трехосной видеокамерой
Fig. 2. The quadcopter Phantom-4 with 3-axis camcorder

(sasgis.org/), получали количество рыб на данном нерестилище или группе нерестилищ. Результаты каждой съемки рассчитывали отдельно.

Площадь нерестилищ определяли оконтуривая их полигоны, также в программе SAS.Планета.

Для верификации статистических расчетов использовали выборки тотальных съемок, когда на отдельных участках побережья озера были прочитаны все особи, попавшие на последовательно снятые фотографии непрерывного ряда. При этом также в программе ImageJ расчерчивали стыки перекрывающихся фотографий для исключения повторного подсчета рыб. В таких случаях ошибка статистического определения количества рыб по непересекающимся снимкам, по сравнению с тотальным просчетом, не превышала 1%. Рыб, стоящих на гнездах и в стаях, фиксировали отдельно.

С целью уточнения сроков жизни производителей непосредственно на нерестовых гнездах на литорали озера (рис. 4, А), три раза проводили мечение рыб (по 30–50 экз.) путем срезания кожи на участке между спинным плавником и боковой линией (рис. 4, Б) на небольшом локальном нерестилище (удаленном от основных), расположенном рядом с базовым лагерем рыбинспекции у Гришкиного мыса. В этом месте в тот период нерестилась небольшая группа производителей (250–450 экз., соотношение самцы/самки близко к 1), поэтому просчитать метки было не сложно. При следующем обследовании озера облавливали

на том же месте по 40–90 особей, притоняли сеть к берегу, проверяли рыб на наличие (или отсутствие метки) и метили снова или просто осторожно отпускали. Процедура мечения и проверки — достаточно щадящая, и ни одна из 116 рыб не погибла сразу после мечения. Всего просмотрено ~220 экз.

Оценку общей численности отнерестившейся поздней нерки выполняли двумя методами: 1) суммируя результаты просчетов рыб через промежутки времени, соответствующие среднему времени жизни нерки на гнездах (судя по литературным данным (см. ниже), около двух недель); 2) на основе обратно-логистической модели выживаемости, использованной ранее Д. Корманом с коллегами (Korman et al., 2002):

$$F_t = 1 - \frac{t^s}{S_t^s + t^s},$$

где: F_t — доля живых особей в день t ; s — параметр наклона кривой выживаемости; S_t — средняя продолжительность жизни у нерки на гнездах для рыб, подошедших в день t .

Поскольку рыбы, подошедшие позднее, как правило, более зрелые (Perrin, Irvine, 1990; English et al., 1992), времени на нерест у них меньше, следовательно, срок жизни рыбы на нерестилище S_0 ежедневно сокращается на некую величину (Δ): $S_{t+1} = S_t - \Delta$, тогда: $S_t = S_0 - t \cdot \Delta$, где S_0 — средняя продолжительность жизни производителей нерки на гнездах в первый день нереста. Следовательно,

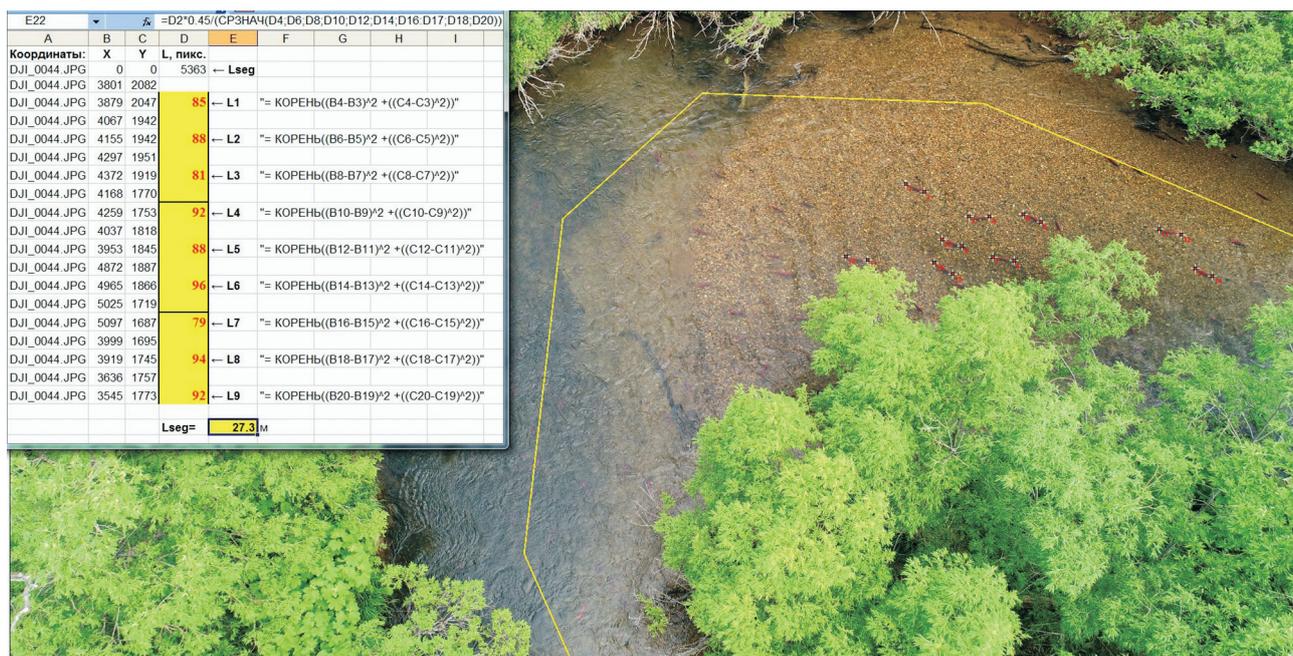


Рис. 3. Определение длины речного участка по фото в программе ImageJ
Fig. 3. Estimation of the length of a part of the river from the image in the program ImageJ

доля живых особей от любой суточной когорты (F_t) в любой день t будет равна:

$$F_t = 1 - \frac{t^s}{(S_0 - t \cdot \Delta)^s + t^s}.$$

Для популяции нерестовой когорты ход растянут во времени, предположительно, по закону нормального распределения, и тогда его параметры (средина хода и его стандартное отклонение) будут обуславливать основной тренд пополнения производителей на гнездах.

Общая численность производителей (N) равна сумме всех ежедневных пополнений нерестилищ производителями:

$$N = \sum_{t=0}^n R_t,$$

где: n — количество дней нереста (в данном случае от первого учета производителей на гнездах до последнего — 55 дней), а R_t — пополнение производителей на гнездах в день t .

С учетом нормально распределенного по времени хода нерестовой миграции и смертности:

$$R_t = a \cdot Z_t \cdot P_t(M, \sigma),$$

где: a — общий возврат начикинской нерки, без учета промышленного изъятия и других факторов смертности; Z_t — параметр совокупной (естественной и промысловой) смертности; $P_t(M, \sigma)$ — вероятность нормального распределения нерестового хода, M, σ — среднее и стандартное отклонение нормального распределения нерестового хода по времени.

Численность производителей (N) в любой день t равна сумме производителей всех суточных когорт пополнения до дня t включительно, с учетом их смертности:

$$N_t = \sum_{t=0}^n R_t \cdot F_t,$$

где R_t — пополнение производителей на гнездах в день t ; F_t — доля живых особей от любой суточной когорты в день t .



Рис. 4. Производители на гнездах (А) и нерка с меткой (Б)
 Fig. 4. Spawners on their nests (A) and sockeye salmon with a tag (B)

В итоге необходимо было оценить общую численность производителей, приступивших к нересту (учтенных на гнездах) — N , имея оценки учетов производителей в определенные дни (1, 7, 14, 22, 29, 40, 47 и 55-й) с начала их подсчетов. С помощью минимизации целевой функции (суммы квадратов отклонений известного количества производителей в дни их учета от соответствующих модельных значений) производили оценку остальных параметров с помощью 400 решений. При этом использовали эволюционный метод оптимизации, задавая следующие ограничения для параметров (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Учет нерки ранней расы

Известно, что ранняя нерка в бассейне р. Большой нерестует преимущественно в оз. Начикинском (Семко, 1935, 1954; Крохин, Крогиус, 1937б; Остро-

умов, 1999; Запорожец и др., 2013). Важно знать: когда она заходит с моря и сколько времени движется по реке. По данным контрольных уловов сотрудников КамчатНИРО в 2018 г., первый пик хода ранней расы нерки в низовьях р. Большой был в конце мая, основной пик пришелся на конец первой декады июня (рис. 5), а ход производителей в верховьях р. Плотникова, близ ее истока из оз. Начикинского, заметили в начале третьей декады июня.

До середины июля ранняя нерка нагуливалась и созревала в озере, преимущественно на глубине, изредка появляясь в устьях притоков (рр. Ягодная, Табуретка, Бабья). Наш контрольный лов подтвердил наличие рыбы в означенных местах.

Массовый ход на нерест ранней нерки был обнаружен во второй половине июля: она собиралась в стаи в южной оконечности озера (рис. 6, А). Здесь, на свале глубин, по снимкам просчитано

Таблица 1. Диапазон параметров оптимизации / Table 1. The diapason of the optimization parameters

Параметр / Parameter	Ограничения (мин–макс) / Limits (min–max)
S_0	5–30 дней / days
s	1–8
Δ	0–2 дня / days
a	200–700 тыс. экз. / thous. specs
M	10–25-й день / 10–25 th day
σ	10–25 дней / days

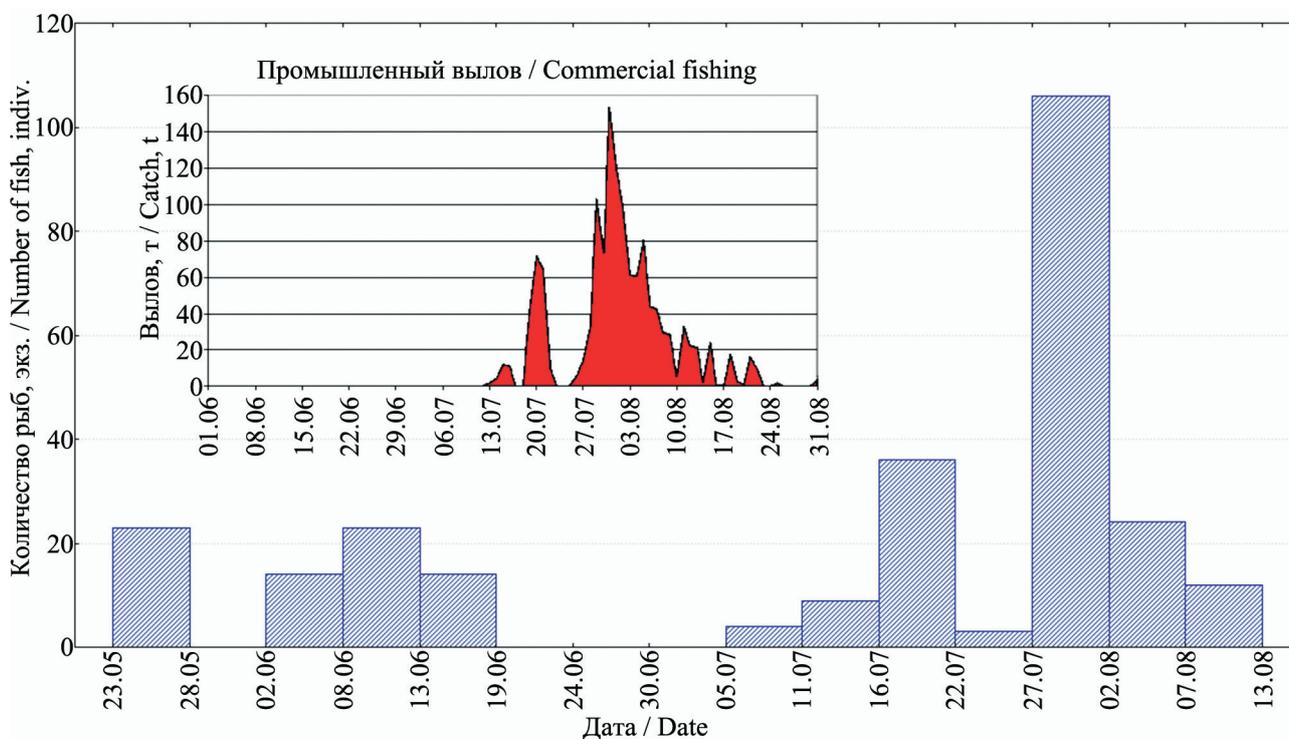


Рис. 5. Динамика хода нерки в низовьях р. Большой, по данным контрольного лова КамчатНИРО и СВФ Главрыбвода (синим цветом) и отчетности по вылову СВТУ ФАР (красным)
Fig. 5. The sockeye salmon run dynamics in the lower part of the Bolshaya River on the control fishing data of KamchatNIRO and Glavrybvod (blue colour) and catch reports of the North-Eastern Territorial Administration of the Federal Fisheries Agency (red)

около 6000 рыб (5990), причем, скорее всего, это не вся рыба, которая созревала в озере перед заходом в реку на нерест (мы назвали такие скопления «резервом»). Из этих скоплений производители стаями уходили в р. Табуретку и ее притоки (Верхнюю, Густую, руч. Медвежий), а также в р. Бабью (рис. 6, Б).

Основная проблема, возникавшая во время съемок на притоках озера — малая дальность свя-

зи с БПЛА, — была обусловлена небольшой шириной водотоков, берега которых густо заросли ивовой, ольхой и чозенией, высотой до 20–25 м, нередко смыкающимися над водой. Плотная сочная листва этих деревьев гасила сигналы связи между квадрокоптером и пультом его управления, а набор высоты сразу сужал обзор в коридоре зелени (рис. 7). Поэтому приходилось отыскивать места, с которых удобнее запускать квадрокоптер.

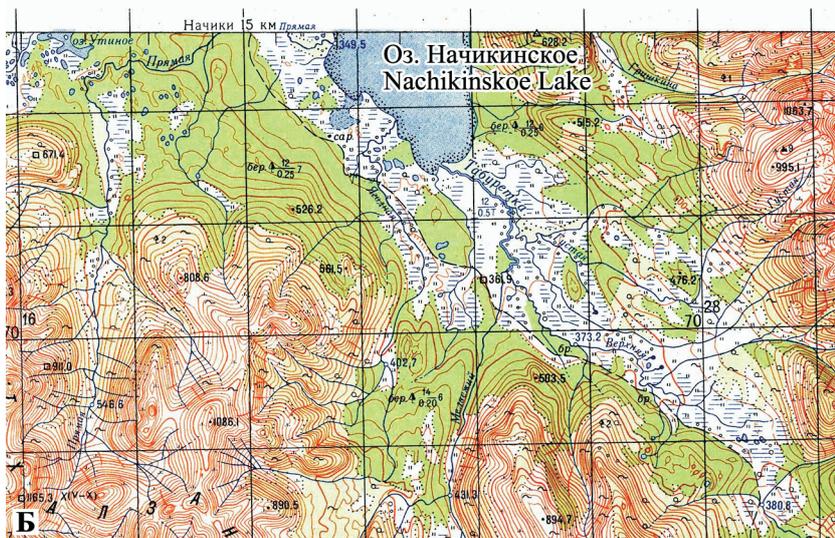
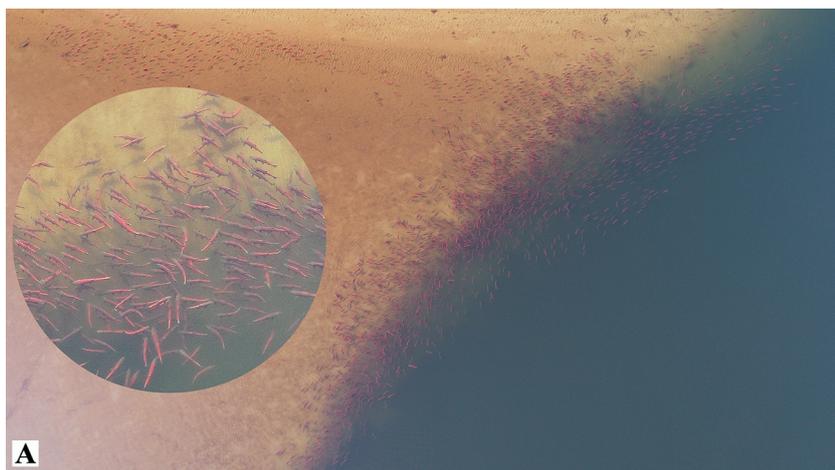


Рис. 6. Ранняя красная у конуса выноса р. Табуретки 18.07.2018, отстаивающаяся перед заходом на нерест (А), и топографическая карта южной части бассейна оз. Начикинского (Б), где обозначены притоки

Fig. 6. Early sockeye salmon near the Taburetka River drift cone on 18.07.2018, shoaling before entering for spawning (A), and topographic map of the southern part of the basin of Nachikinskoe Lake (B), where tributaries are marked



Рис. 7. Стрелка р. Верхней и руч. Медвежьего (ниже по течению кроны деревьев смыкаются)

Fig. 7. A merger of the Verkhnyaya River and Medvezhiy Brook (too tight tree crowns lower the stream)

Маршрут был достаточно протяженным и проходил по бездорожью на пересеченной местности, в основном по медвежьим тропам, поэтому некоторые участки приходилось пропускать, чтобы успеть закончить работу за день. Данные для пропущенных мест позже интерполировали, подбирая аппроксимирующие уравнения, преимущественно логарифмические (рис. 8). Доля таких аппроксимированных данных от общей выборки учтенной весенней красной составила менее 9%.

Результаты, полученные на исследованных южных притоках озера, представлены в таблице 2.

Как следует из таблицы, минимальное количество ранней нерки учли на р. Бабьей (рис. 9), а максимальное — на р. Верхней. Судя по относительно равномерному распределению плотности рыб на исследованном участке последней реки, можно предположить, что нерестилища уходят

намного выше, и поэтому их дальнейшее изучение может быть весьма актуально.

В целом, по нашим подсчетам (на снимках с квадрокоптера), в р. Табуретка и ее притоках (рр. Верхняя, Медвежья и Густая) и р. Бабьей на участках общей длиной около 15,5 км отнерестовало ~21 550 особей нерки. Вместе с учтенным приустьевым резервом это составило ~27 550 экз. рыб.

Во время следующего обследования (27.07.2018) в нижнем течении основного западного притока озера — р. Прямой — было обнаружено только одно место (в ~2,5 км выше ее устья), где находилось около четырех десятков производителей нерки. В рр. Кедуец и Шайбушка, образующих при слиянии р. Озерную, впадающую в р. Плотникова недалеко от ее истока из озера, нерест уже закончился.

По данным предыдущих исследователей (Семко, 1935; Крохин, Крогиус, 1937б), в р. Прямой

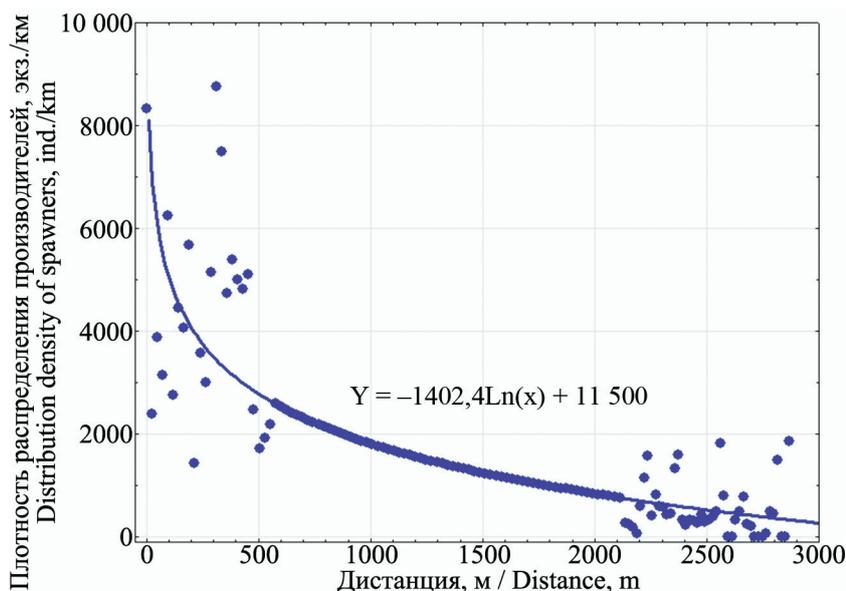


Рис. 8. Пример аппроксимации данных на пропущенном при съемке участке реки логарифмической кривой
Fig. 8. An example of data approximation: river section missed during survey on the logarithmic curve

Таблица 2. Результаты учета ранней нерки в системе южных притоков оз. Начикинского 18.07.2018
Table 2. Results of the counts of early sockeye salmon spawners in the system of southern tributaries of Nachikinskoe Lake on 18.07.2018

Водоток Tributary	Длина участка, км Plot length, km	Численность, экз. Number, ind.	Максимальная плотность, экз./км Maximum density, ind./km	Средняя плотность, экз./км Average density, ind./km	Минимальная плотность, экз./км Minimum density, ind./km
Р. Бабья Babuya R.	2	550	2660	225	0
Руч. Медвежий Medvezhiy Brook	3	1400	2190	467	0
Р. Верхняя Verkhnyaya R.	3,2	11 100	8462	3520	1200
Р. Табуретка* Taburetka R.*	7,3	8500	8750	1163	0
Итого / Total:	15,5	21 550	8750	1390	0

* Р. Табуретка вместе с нижней частью р. Густой
* Data from Taburetka River and a part of Gustaya River

в начале XX века нерестовало столько же ранней красной, как и в бассейне р. Табуретки (тогда она вся называлась Верхней). А заход в р. Озерную ранней нерки мы отмечаем почти ежегодно, начиная с 2011 г.

Поскольку, по данным сотрудников камчатской рыбинспекции, в рр. Прямая и Озерная (где находились их посты) зашло не нерест не менее 2000 особей красной, мы сочли возможным использовать эту информацию.

На основе полученных данных, численность весенней нерки, зашедшей на нерест в оз. Начикинское в 2018 г., составила ~ 30 тыс. экз., что незначительно отличается от среднего значения за последние 19 лет (36 тыс. экз.). В то же время необходимо отметить, что в конце 1950-х – начале 1960-х гг. регистрировали ее подходы до 200 тыс. экз. (Куренков и др., 1987) (рис. 10). В последующие годы произошло снижение численности до 30–60 тыс. экз. и ниже (возможно, сказался и недоучет, в связи с нерегулярностью обследований).

Учет нерки поздней расы

Во второй половине августа 2018 г. начали проводить обследования заходов и нереста поздней расы нерки. Как видно на рис. 5, первый пик хода поздней красной в низовьях р. Большой пришелся на 20 июля, а через 2–3 недели она появилась на Начикинском озере. Сам же ход нерки в устье р. Большой, судя по промысловой отчетности, продолжался до конца сентября.

Первая поздняя нерка была зарегистрирована 17 августа в двух местах: в районе истока р. Плотникова, у мыса Поворотного (где нагуливалось до 1000 рыб), и в устье р. Гришкиной: 3–4 тыс. особей стояли на свале глубин; часть рыб уже рассредоточилась по нерестилищам. Большая часть нерки нагуливалась в центральной части озера — в районе максимальных глубин. Об этом свидетельствовала масса всплесков, но саму рыбу не было видно.

Местами можно было наблюдать и одиночных особей горбуши, зашедших в озеро, в связи с очень значительным пропуском ее в р. Большую. Свидетельство таких заходов горбуши в озеро и его

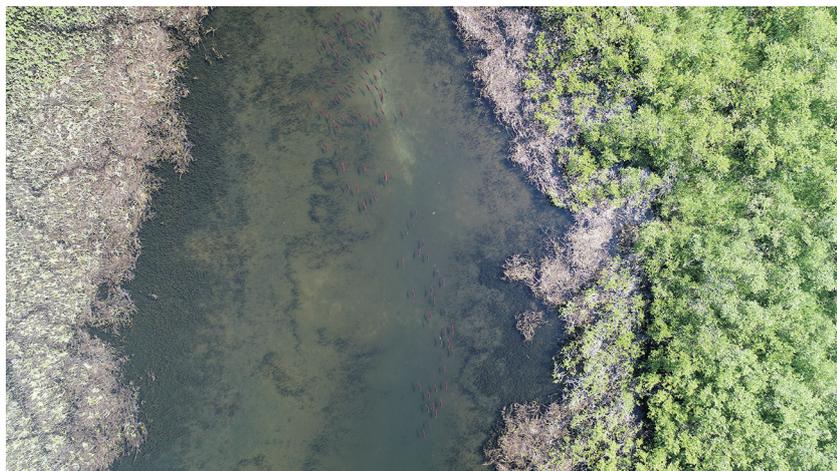


Рис. 9. Ранняя нерка заходит на нерест в р. Бабью (18.07.2018)
Fig. 9. Early sockeye salmon entering the Babya River for spawning (18.07.2018)

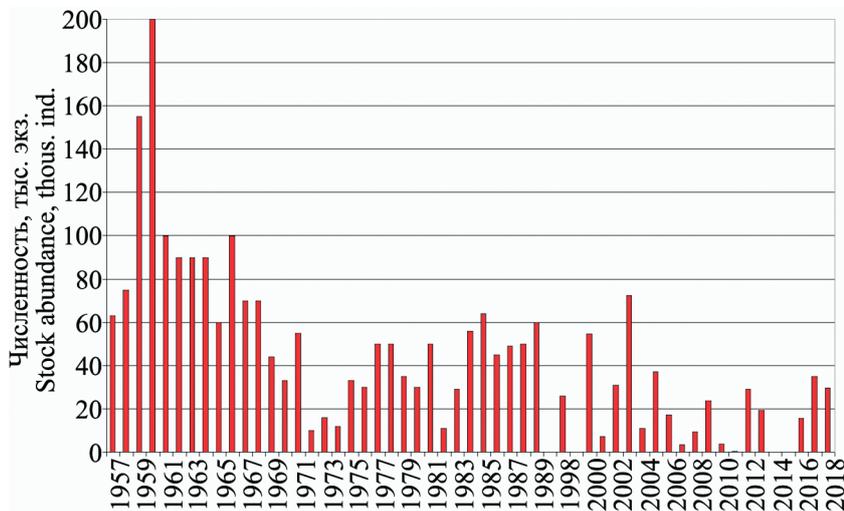


Рис. 10. Заходы на нерест ранней расы нерки в бассейн оз. Начикинского в 1957–2018 гг.
Fig. 10. Spawning runs of the early morph of sockeye salmon in the basin of Nachikinskoe Lake in 1957–2018

притоки в прежние годы можно найти в работе А.Г. Остроумова (1989).

К концу августа мы уже регистрировали не только большие скопления нерки в виде стай в устьях рек Гришкина и Табуретка (примерно по 4 тыс. экз.), но и нерест производителей (рис. 11) (~8,5 тыс. экз. на гнездах), а также сненку, пока еще в небольшом количестве. Последнее свидетельствует, что сам нерест начался раньше (на срок жизни нерки на гнездах), то есть, как минимум, за две недели до этого — не позднее середины августа.

В середине сентября количество нерестующих рыб увеличилось до 53–54 тыс. экз. Несколько сотен рыб поднимались вверх по р. Гришкиной (рис. 12, А), а часть, отделяясь от резервных стай в устье этой реки (рис. 11), шла небольшими ходовыми стаями на юг и распределялась вдоль восточного берега. Обнаружили мы также нерку, идущую вверх по р. Табуретке (больше тысячи рыб) (рис. 12, Б), по-видимому, также из резервной стаи в ее устье.

В последних числах сентября количество нерестующей нерки достигло максимума (60 тыс. экз.).

Особенно выделялись скопления у восточно-северо-восточного побережья озера, где встречалась плотность нереста 4,5 экз./м² (рис. 13, А), и кл. Медвежий на северо-восточном берегу, с плотностью нереста 5,3 экз./м² (рис. 13, Б). Однако на локальных нерестилищах максимумы регистрировали как до этого момента, так и после него.

При обследовании нерестилищ оз. Начикинского, проведенном в конце первой декады октября, было обнаружено, что количество живых производителей на гнездах на ВСВ и СВ снизилось примерно на треть (с 44 до 31 тыс. экз.), в кл. Медвежем большая часть рыб уже погибла, зато на СЗ и ЮЗ число нерестующих увеличилось почти вдвое (с 13 до 22 тыс. экз.), эти районы стали, таким образом, третьими по численности, и значение их возрастало.

В северо-западном районе контрастно выделялись два локуса: «Старые Егеря» (к северу от устья р. Прямой) и участок «мыс Перст – ручей Мю». Там, в отличие от северо-востока, производители нерестовали на широкой отмели, уходящей на 100–300 м от берега, на глубинах до 3–4 м, вы-



Рис. 11. Нерест производителей (А) и «резервные» стаи в устье р. Гришкиной (Б) 29.08.2018
Fig. 11. Spawning (А) and “reserve” shoals in the mouth of the Grishkina River (Б) on 29.08.2018



Рис. 12. Поздняя нерка в р. Гришкиной (А) и р. Табуретке (Б)
Fig. 12. Late sockeye salmon in the Grishkina River (A) and Taburetka River (B)



Рис. 13. Нерест поздней нерки в восточно-северо-восточном побережье Начикинского озера (А) и в кл. Медвежьем (фрагмент), на северо-востоке озера (Б). Берега и дно усеяны мертвой рыбой (27.09.2018)
Fig. 13. The spawn of the late morph of sockeye salmon on the east-northeastern coast of Nachikinskoe Lake (A) and in the Medvezhiy Brook (fragment) in the northeast of the lake (B). The shores and the bottom covered by fish carcasses (27.09.2018)

бивая при этом площадки сложной формы среди зарослей водорослей и (или) толстых отложений ила (рис. 14).

Такого рода объекты встречались и в юго-западном побережье озера (рис. 15) (820 экз. на 410 м², плотность нереста — 2 экз./м²), и в северо-северо-восточном, но значительно реже. Во время того же обследования озера наконец появились нерестующие производители в ключах у Начикин-

ского кордона (рис. 16) и в култуке рядом с ним. Их было около 1 тыс. экз.

К середине октября число производителей нерки на гнездах уменьшилось в 2,5 раза (с ~57 тыс. до ~23 тыс. экз.), по сравнению с его первой четвертью (08.10.2018); заканчивался нерест в северо-северо-восточном и восточном районах озера и практически прекратился в кл. Медвежьем. Однако небольшие резервы рыб еще можно было на-

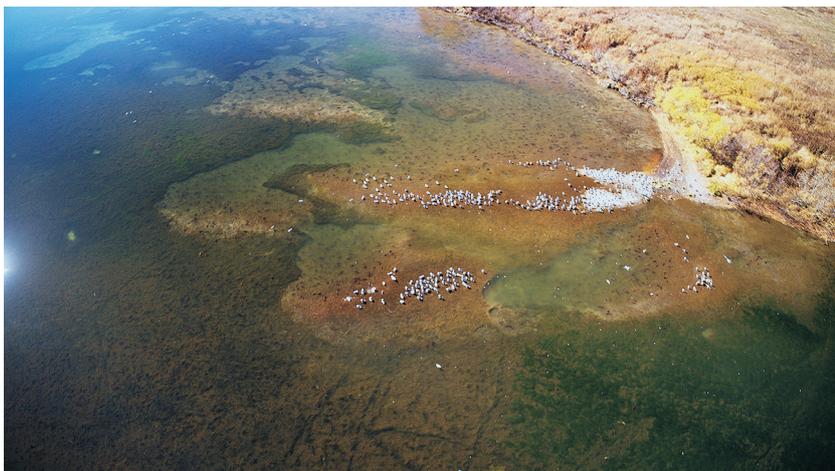


Рис. 14. Нерестилища нерки среди водорослей и отложений ила у мыса Перст (северо-западное побережье озера)

Fig. 14. Sockeye salmon's spawning grounds near the Cape Perst (the northwestern coast of the lake) among kelps and silt sediments



Рис. 15. Нерестилища нерки на глубине, среди водорослей и отложений ила в юго-западном побережье озера (во вставке увеличенное изображение)

Fig. 15. Sockeye salmon's spawning ground on the southwestern coast of the lake (larger image in the insert), in depth among kelps and silt sediments

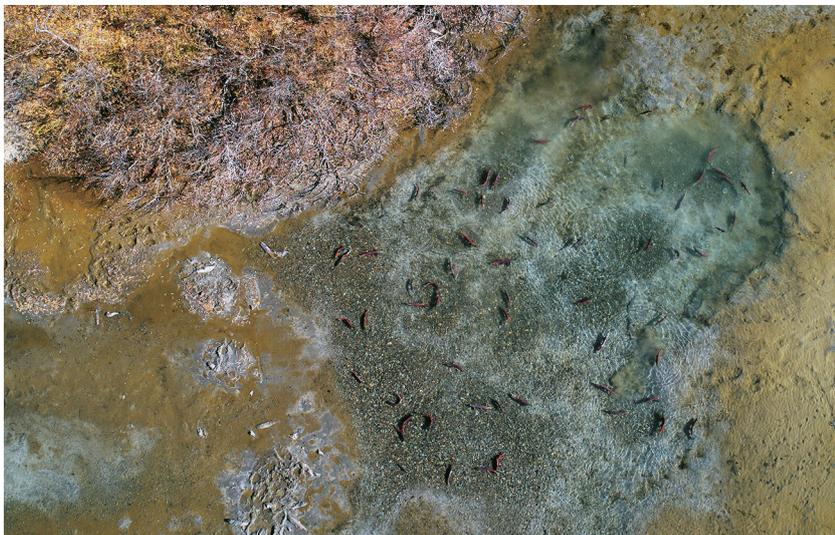


Рис. 16. Нерест нерки в кл. Длинном, северо-запад (08.10.2018)

Fig. 16. Spawning of sockeye salmon in the Dlinniy Brook, the northwest (08.10.2018)

блюдать в устьях рек Гришкина и Табуретка. Красная в значительных количествах (1,6–1,7 тыс. экз.) устремилась на нерест в Гришкину речку (и в другие притоки восточного побережья озера), заполняя низовья; она нерестовала в 150–250 м от устья (рис. 17).

Ранее нерест поздней нерки в притоках оз. Начикинского был отмечен А.Г. Остроумовым (1989, 1999), но в небольших масштабах. Столь массовых заходов туда особей поздней расы, по-видимому, до нас не наблюдали. Возможно, исключительно большой подход начикинской нерки послужил толчком к распространению в нехарактерные для нее места нереста, в том числе на крутой свал глубин, практически на обрыве.

Нельзя не отметить в данном случае наличие двух тенденций: с одной стороны — численность нерестующих производителей уже убывала, с другой — часть относительно «свежих», вступающих в этот процесс особей (подходящих из резервных стай) вместо того, чтобы занимать освобождающиеся после гибели предыдущих рыб места, раскапывать их гнезда и откладывать там свою икру, уходили на нерест в иные стации — в реки или на глубину, включая обрывистые склоны.

В конце октября количество нерестующих производителей нерки за последние 8 дней упало еще в 2 раза, до ~12 тыс. экз. В кл. Медвежьем осталось всего несколько живых рыб, — он был забит остатками мертвых. Тем не менее на востоке-юго-востоке и на северо-западе озера нерест еще продолжался, причем во втором районе, несмотря на общее уменьшение числа рыб на гнездах, плотность их была местами даже выше, чем во время предыдущего обследования (рис. 18).

Судя по имеющейся у нас информации, нерест нерки в р. Гришкиной и ее устье продолжался как

минимум до середины первой декады ноября, то есть не менее 80 дней, а в верховьях р. Табуретки — до конца того же месяца.

Определение времени жизни производителей на гнездах

Проводя учет производителей на нерестилищах оз. Начикинского не первый год, мы уже ранее сталкивались с проблемой определения количества так называемых «смен нереста», сформулированных ранее А.С. Бараненковой, на которую ссылаются Е.М. Крохин и Ф.В. Крогиус (1937б): «...нерест продолжается более полутора месяцев, за которые (судя по степени разложения сненки и времени нереста одной пары в 12–15 дней) успевают отнерестовать 4 смены красной» (с. 101). Этот тезис упоминал и Р.С. Семко (1935).

Учитывая, что нерест поздней нерки на оз. Начикинском в 2018 г. продолжался более 2,5 месяцев, за это время могли отнереститься и больше «смен» производителей. Для уточнения сроков жизни производителей непосредственно на нерестовых гнездах мы несколько раз провели их мечение. Краткие результаты этой работы представлены в таблице 3.

Из таблицы следует, что рыбы, помеченные 12.09 (примерно через месяц после начала нереста), жили менее 15 дней; помеченные через 1,5 мес. — от 5 до 10 дней, 2.10 — менее 6 дней. Просмотрев около 220 особей (живых и мертвых), мы из 116 помеченных рыб лишь в одном случае обнаружили маркированных рыб через 5 дней, но и они не пережили 11 дней. Тем не менее было подтверждено, что срок жизни рыб от начала к концу нереста постепенно уменьшается. Однако саму продолжительность жизни в данном случае трудно формализовать более конкретно. По-видимому,



Рис. 17. Массовый нерест красной в р. Гришкиной (15.10.2018)
Fig. 17. Mass spawning of sockeye salmon in the Grishkina River (15.10.2018)

необходимо метить выборки рыб большого объема, начиная с первых дней наблюдения их на гнездах, и чаще проводить просмотр меченых рыб.

Ранее о смене производителей на нерестилищах лососей сообщал И.И. Кузнецов (1928). В частности, он установил, что самки нерки погибают или уходят с мест нереста через 12–13 дней после подхода на место, где будет выкопано гнездо, кеты — через 12–14 дней, а горбуши — через 3–4 дня.

В Северной Америке подсчет рыбы основывается на оценке среднего времени, которое живая рыба проводит в исследуемом районе (Survey Life (SL)), и в частности на гнездах (Redd Residence Time (RRT)). Последний показатель включает: подготовку к сооружению гнезда (в том числе со-

оружение так называемых тестовых гнезд), само сооружение (копку) гнезда, нерест и охрану гнезда, являясь частью общего времени жизни в местах нереста (SL), которое может намного превышать RRT (Sparkman, 2010).

К.В. Коски (Koski, 1975) определил продолжительность жизни после нереста кеты как время, прошедшее с момента как они занимают место в нерестовом канале ручья Big Beef до их наблюдаемой смерти. Среднее время жизни самок и самцов ранней расы было 8,8 дней в 1968 г. и 10,5 дней в 1969 г. Для поздней расы оно составило в среднем 11,2 дня и 15,2 дня в те же годы.

В руч. Хансон (небольшой приток оз. Алекнагик, Аляска) средняя продолжительность жизни нерки была определена О.А. Матисеном (Mathisen,

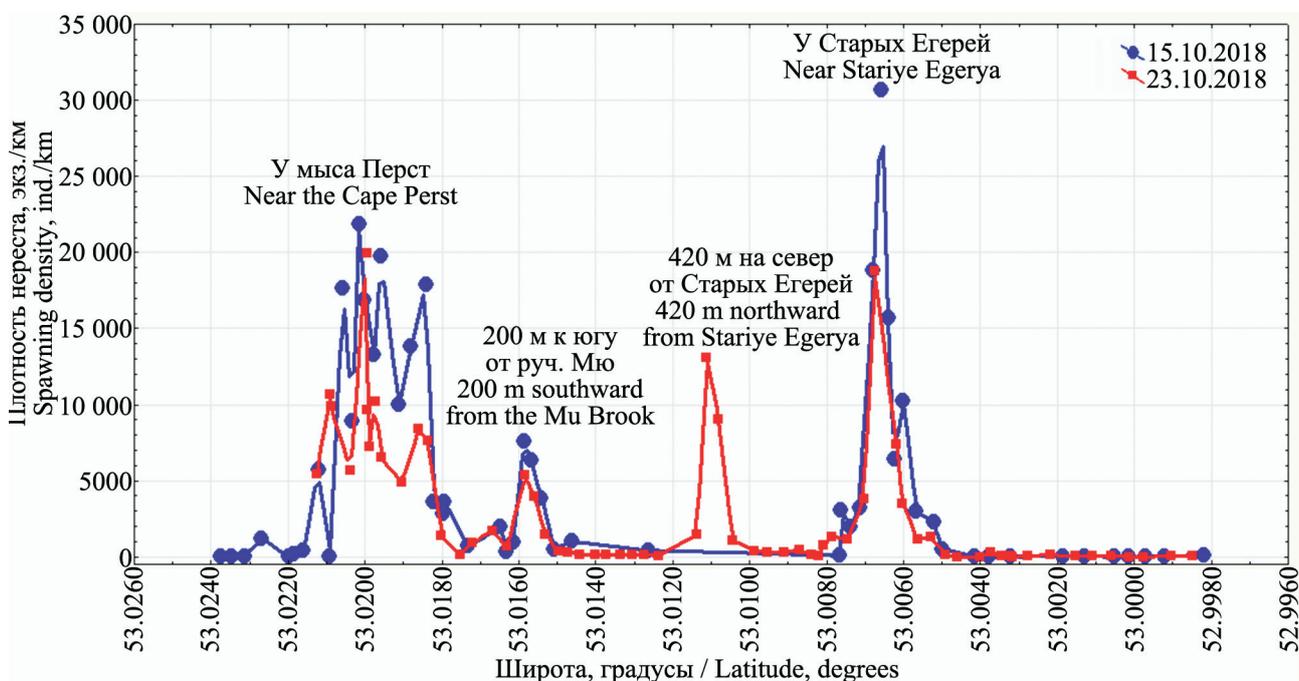


Рис. 18. Сравнение плотности нереста (экз./км береговой линии) производителей нерки у северо-западного берега озера: 15.10.2018 (синим) и 23.10.2018 (красным)

Fig. 18. Comparing the spawning density (specs/km of shore line) of sockeye salmon spawners on the northwestern shore of the Lake: 15.10.2018 (blue) and 23.10.2018 (red)

Таблица 3. Условия и результаты мечения производителей нерки на оз. Начикинском в 2018 г.
Table 3. Terms and results of tagging sockeye salmon spawners in Nachikinskoe Lake in 2018

Дата мечения / Date of tagging	12 сентября September 12	27 сентября September 27	2 октября October 2
Количество помеченных рыб, экз. Number of tagged fish, ind.	30	38	48
Срок учета метки, дней Tag recovery time, days	15	5	6
Число рыб, пойманных с метками, экз., % Number of tagged fish caught, ind., %	0	5 (13%)	0
Срок вторичного отлова после первого мечения, дней Time from tagging to recovery, days	20	11	–
Число рыб, пойманных с метками, экз., % Number of tagged fish caught, ind., %	0	0	–

1962) для самок (5,6 дней) и для самцов (6,6 дней), с тех пор, как они входили в речку. Позже там работали М.В. МакФи и Т.П. Квин (McPhee, Quinn, 1998), которые также подсчитывали число дней от входа на нерестилище до смерти и различные подмножества общей продолжительности жизни самки нерки в районе гнезд, которая составила для первой смены 11 дней, второй — 7,8 дней, третьей — 7,6 дней (в среднем — 9,4 дня), то есть постепенно уменьшалась.

В.Ф. Хартман (Hartman, 1959) сообщил, что в системе р. Квичак нерестующие самки нерки оставались около бугров в течение 7,75 дней. С. Тсунода (Tsunoda, 1967) обнаружил в руч. Хидден (оз. Бруукс, Аляска), что самцы нерки жили в течение 9–12 дней, самки — 7–14 дней.

В.А. Паренский (1992) показал, что продолжительность жизни нерки на нерестилищах связана с относительной численностью рыб по возрастным группам и достигает максимума в три недели при плотности 0,1 экз./м².

По информации канадских исследователей, средняя продолжительность пребывания у гнезд самок чавычи р. Нетчейкоу (притока р. Фрейзер) уменьшалась за весь нерестовый период от 14 дней в начале сезона до 5 дней в конце сезона на р. Моррис (Neilson, Geen, 1981), и от 15 дней (в начале сезона) до 4 дней (в конце сезона) на р. Нетчейкоу (Neilson, Banford, 1983).

Эксперименты с производителями лососей, которым внедряли через анальное отверстие в кишечник миниатюрные радиопередатчики, проведенные в Калифорнии на притоке р. Редвуд-Крик в течение четырех сезонов Митчелом Спаркменом (Sparkman, 2010), показали, что среднее время жизни самок чавычи у гнезда (RRT) составляет 4 дня, а кижуча — 10–11 дней.

Резюмируя этот краткий литературный курс, отметим следующее. Во-первых, по всем приведенным данным, среднее время жизни лососей у гнезда составляло не более 15 дней. При этом такая оценка является достаточно осторожной, так как по данным, приведенным выше, этот срок может быть и меньше. Во-вторых, процесс смены производителей на озерных нерестилищах, скорее всего, непрерывен, и он ускоряется. Тем не менее рыбы, зафиксированные (и подсчитанные) нами, например, в середине сентября, в конце сентября и в середине октября, как «стоящие на гнездах», в абсолютном большинстве не

одни и те же. Это означает, что подсчитывая рыб, приступивших к нересту, примерно каждые две недели и суммируя эти значения, можно оценить итоговую численность зашедших на нерест производителей.

В качестве уточнения отметим, что по не зависимым от нас причинам (в основном, из-за непогоды) не удалось на каждой съемке полностью охватить весь периметр озера. Поэтому съемку выполняли в первую очередь с участков максимальной концентрации рыб на нерестилищах, а минимально заполненные снимали частично, насколько позволяли метеоусловия. Позже, по возможности, выполняли аппроксимацию численности рыб на этих недообследованных участках, используя часть полученных данных. Доля аппроксимации составила менее 9% от итоговой суммы.

Расчеты численности поздней нерки

В ходе вышеописанных семи учетных съемок в августе–октябре 2018 г. нами было просчитано около 230 тыс. экз. поздней нерки. Авианаблюдатели КамчатНИРО в бассейне оз. Начикинского 5 и 20 сентября учли около 90 тыс. рыб (30,9 и 57,5 тыс. экз. соответственно).

Для оценки общей численности отнерестовавшей нерки поздней расы мы провели расчеты двумя методами: 1) суммировали только тех рыб, которых учли на гнездах с периодичностью около двух недель; 2) получили вероятностную оценку захода этой популяции с помощью имитационной модели, описанной выше.

В результате первой процедуры — суммирования количества рыб, стоящих на гнездах с периодичностью около двух недель — получилась оценка захода ~145 тыс. экз. (таблица 4).

В процессе имитационного моделирования проведено 400 процедур оптимизации, в ходе которых получены диапазоны оценок для всех искомым параметров. Большинство случаев группируются в одном локусе, поэтому являются равновероятными, и данная задача имеет множество решений в некотором диапазоне (140–220 тыс. экз.), который напрямую зависит от начальных условий: значений параметров S_0 (продолжительность жизни в начале нереста в интервале 13–23 дня) и a (общая численность возврата начикинской нерки поздней расы в интервале 330–550 тыс. экз.) (рис. 19).

Таблица 4. Результаты учетов поздней нерки оз. Начикинского в 2018 г.
Table 4. Results of counting late sockeye salmon in Nachikinskoe Lake in 2018

Дата / Date	Район / District	Численность, экз. Number, ind.	Примечания / Notes
<i>17.08.2018</i>	CCB+C3 NNE+NW	750	Стаи (в итог не входит) Shoals (not included into the total)
	CB NE	2500	Стаи (в итог не входит) Shoals (not included into the total)
	BCB ENE	3500	Стаи (в итог не входит) Shoalt (not included into the total)
	Σ	6750	
29.08.2018	BCB ENE	8500	
	ЮЮ3 SSW	4000	Стаи (в итог не входит) Shoals (not included into the total)
	Σ	8500	
12.09.2018	CB NE	17 000	
	BCB ENE	25 300	
	C3 NW	4200	
	Ю3 SW	5100	Аппроксимация / Approximation
	ЮЮ3 SSW	2000	Р. Табуретка / Taburetka R.
	Σ	53 600	
27.09.2018	CB NE	18 000	
	BCB ENE	26 000	
	B E	2000	Аппроксимация / Approximation
	C3 NW	11 426	
	Ю3 SW	2117	
	ЮЮ3 SSW	588	
	Σ	60 014	
<i>08.10.2018</i>	CCB	870	
	CB	13 500	
	BCB	18 000	
	B	1450	
	C3	18 100	
	Ю3	4450	
	ЮЮ3	350	
	Σ	56 720	
15.10.2018	CCB NNE	50	
	CB NE	4300	
	BCB ENE	9066	
	B E	700	Аппроксимация / Approximation
	C3 NW	7500	
	Ю3 SW	650	Аппроксимация / Approximation
	ЮЮ3 SSW	550	
	Σ	22 816	
	Σ Σ	144 930	Итоговая сумма / The total
<i>23.10.2018</i>	CB NE	1846	
	BCB ENE	5744	
	C3 NW	5151	
	Ю3 SW	2721	
	Σ	13 616	

Примечание: Жирным шрифтом выделены даты, вошедшие в итоговую сумму, курсивом — съемки, не вошедшие в итоговую сумму

Note: Dates included into the total are marked in bold, surveys not included in the total – in italics

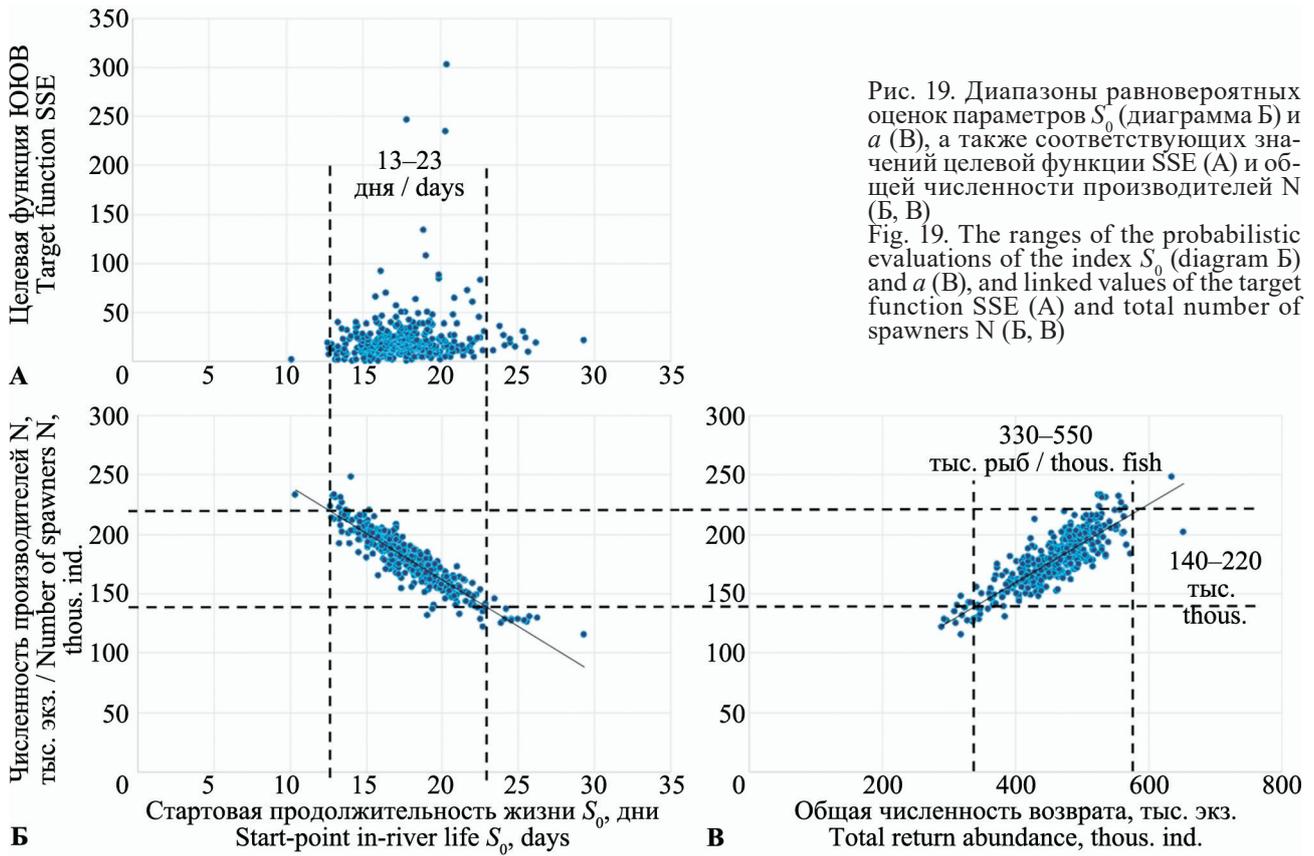


Рис. 19. Диапазоны равновероятных оценок параметров S_0 (диаграмма Б) и a (Б), а также соответствующих значений целевой функции SSE (А) и общей численности производителей N (Б, Б).
 Fig. 19. The ranges of the probabilistic evaluations of the index S_0 (diagram Б) and a (Б), and linked values of the target function SSE (А) and total number of spawners N (Б, Б).

В связи с вышесказанным, руководствуясь максимально осторожной оценкой численности подходов, решено было задать стартовую продолжительность жизни S_0 , близкую к границе соответствующего интервала: $S_0 = 23,5$ дня. Используя это начальное значение, получили оценки остальных параметров для совокупных учетов начикинской нерки (таблица 5).

О дисперсии полученных оценок параметров смертности Z_t можно судить по величине пополнения производителей на гнездах для каждого дня. В динамике нерестового процесса имитационные оценки Z_t имеют достаточно характерные тенденции (рис. 20).

Все полученные совокупности пополнений по 300 решений (рис. 20) характеризуются тремя волнами, первые две из которых имеют примерно равную мощность и, по большей части, относятся к субпопуляциям на востоке-северо-востоке, се-

веро-востоке и (затем) к северо-западным районам озерного побережья, а последняя, третья, характерная невысокой численностью — возможно, относится к активной миграции рыб в рр. Гришкина и Табуретка, а также в ключи на северо-северо-восточном побережье озера.

Полученная имитационная модель с вероятностными значениями параметров достаточно хорошо отражает наблюдаемую во время учетов численность производителей (рис. 21).

На основании полученных оценок всех параметров (включая Z_t) были сгенерированы 1000 выборок, давшие вероятностную оценку численности всех нерестующих производителей, составившую 140 тыс. экз., со стандартным отклонением 6,5 тыс. экз. Следовательно, общая оценка численности производителей находится в интервале 127–153 тыс. экз. (95%), в который входят и резуль-

Таблица 5. Оценки параметров модели, полученные по результатам оптимизации при стартовом значении $S_0 = 23,5$
 Table 5. The values of the model parameters obtained on the results of optimization at the start value $S_0 = 23.5$

Параметр Parameter	Оценка Value	Стандартное отклонение Standard deviation
s	4,80	0,307
Δ	0,384	0,019
a	402,22	15,26
M	15,355	0,846
σ	23,001	0,810

таты расчетов, полученные первым методом. Общая средняя продолжительность жизни для всего срока нереста, по результатам моделирования, составила около $14 \pm 1,5$ дня, что совпадает с выбранной нами периодичностью суммирования учетных данных (около двух недель — первым методом).

Все полученные оценки справедливы только при заданных средней продолжительности жизни

для первого метода либо начальной средней продолжительности жизни для второго. Стоит также отметить, что математическая модель рассчитана только по данным наблюдений за 55 дней плюс время жизни последней генерации пополнения (~4 дня), а нерест продолжался как минимум 80 дней (с середины августа по конец первой декады ноября, — см. стр. 47, 1-я колонка, последний абзац). Следовательно, отнерестилось рыб еще больше.

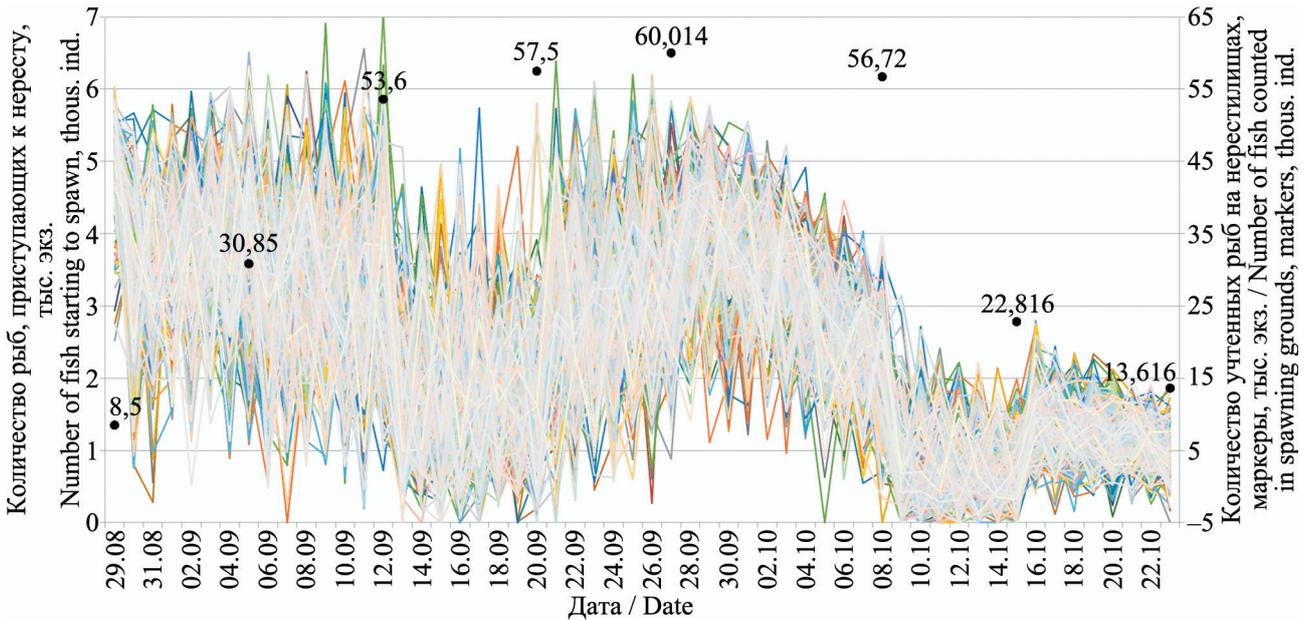


Рис. 20. Оценки количества рыб, приступающих к нересту, для каждого дня R_i по 300 оптимизационным решениям. Вероятностный разброс значений пополнения для каждого дня основан на соответствующем разбросе оценок параметров Z_i .
 Fig. 20. Estimation of the number of fish starting to spawn for every day R_i on 300 optimized results. Probabilistic spreading of recruitment for every day is based on a certain spreading of the Z_i index evaluations

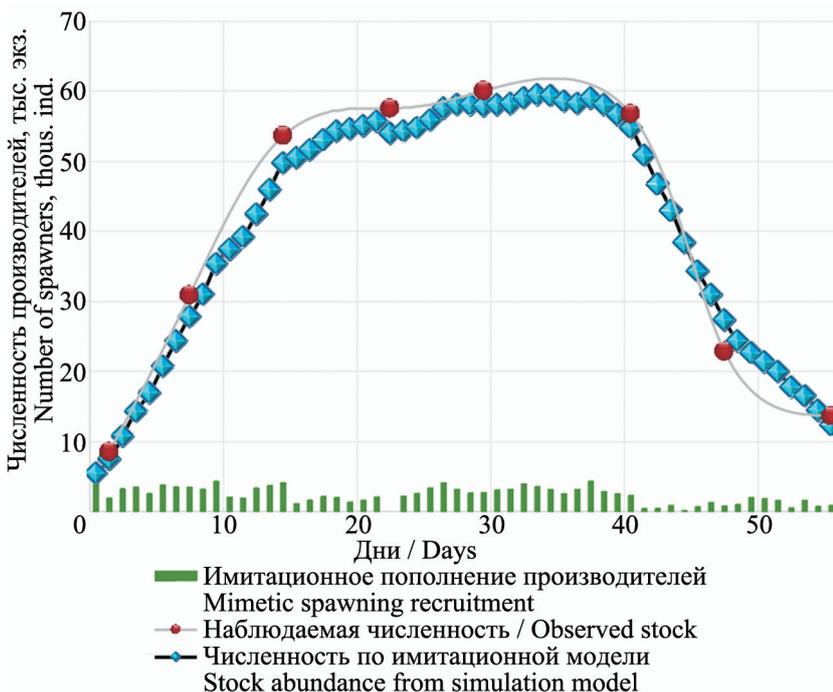


Рис. 21. Один из случаев реализации имитационной модели численности производителей нерки на нерестилищах при стартовом времени жизни $S_0 \approx 23,5$ дня
 Fig. 21. One of the cases of realized simulation model of sockeye salmon stock abundance on spawning grounds at a start-point of the in-river life time $S_0 \approx 23.5$ days

Такой экстремальный заход поздней нерки зарегистрирован впервые (рис. 22). До этого максимально учтенное количество равнялось 32 тыс. экз. (нами же в 2015 г.: Запорожец, Запорожец, 2015). Хотя есть сведения, что в 1932 г. в ключах и оз. Начикинском в четыре «смены» отнерестовало порядка 100 тыс. экз. поздней красной (Крохин, Крогиус, 1937б).

В качестве объяснения такого неординарного случая можно предположить, что большие заходы нерки бывали и в прежние годы, однако столь подробное многократное обследование акватории озера в течение всего нерестового периода с применением беспилотного летательного аппарата, дающего возможность зафиксировать на фотографиях практически весь периметр озера до глубин в 3–4 м, было осуществлено впервые.

Возможно, одной из причин столь высокой численности нерки, дошедшей до озера в 2018 г., были очень значительные подходы горбуши в р. Большую, которые сильно осложнили вылов нерки рыбакам в устье реки и далее по пути ее следования — браконьерам. Дополнительной причиной высокого пропуска нерки несомненно можно считать успешную работу камчатской рыбинспекции совместно с Ассоциацией рыбопромышленников Камчатского края «Река Большая» по пресечению незаконного вылова лососей в этом водном бассейне.

Полученные данные по учету нерестующих в озере производителей поздней нерки (табл. 4) можно представить в виде графика трехмерной поверхности, отражающей их пространственно-временное распределение (рис. 23), в том числе соотношение численности по районам, где, в частности, видно, что наиболее продуктивными на озере

являются восточно-северо-восточный и северо-восточный районы, а третий по численности — северо-западный, причем нерест там начинался несколько позже, по сравнению с предыдущими.

Полезным, как в теоретическом, так и в практическом плане, может быть изучение не только динамики численности нерестующих производителей, но и плотностных характеристик распределения в пространстве и во времени. Но для этого необходимы расчеты площади нерестилищ конкретно в 2018 г.

Картирование нерестилищ в озерной литорали

Существует несколько подходов к оценке площади нерестилищ рыб. Один из самых приближенных основывается на определении этого параметра как результата деления численности нерестующих производителей (экз.) на их плотность (экз./м²), полученную теоретическими или эмпирическими методами (Сувырина, 1972). Другой вариант — достаточно трудоемкое детальное измерение всех участков, где нерестуют производители, путем наземных съемок, и их суммирование (Макеев, 2011) — может давать сильно варьирующие результаты не только по годам, но и внутри одного сезона (от начала до пика нереста и далее к концу). Третий метод — подсчет площади участков рек и озер, где идет нерест рыб, по их длине и ширине, с поправками на притоки и участки, где нет нереста, по картам, с корректировкой на местности (Золотухин, Ходжер, 2007; Золотухин, 2009) — нам кажется наиболее приемлемым и современным, хотя мы не отрицаем полезность второго подхода и сами его применяли (Запорожец, Запорожец, 2017).

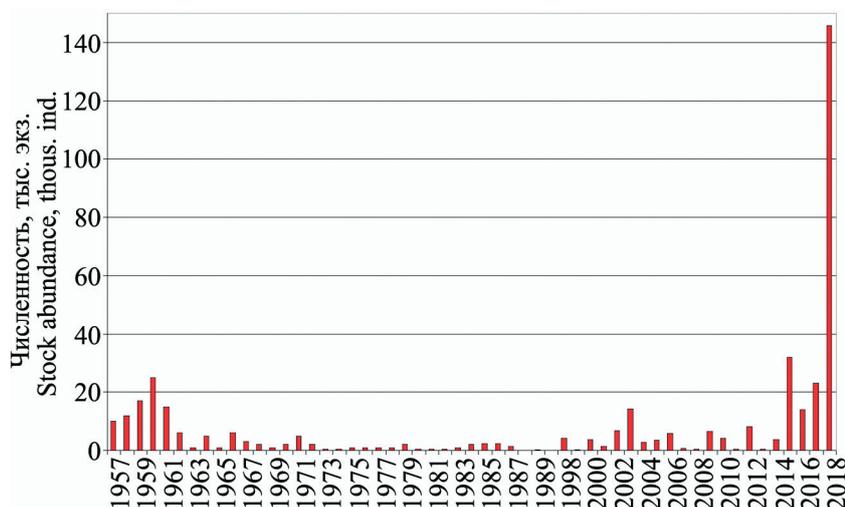


Рис. 22. Заходы поздней формы нерки в оз. Начикинское в 1957–2018 гг.
Fig. 22. Late sockeye salmon escapements in Nachikinskoe Lake in 1957–2018

При картировании площади нерестилищ в озере в 2018 г. для каждого из выделенных районов мы использовали соответствующие им массивы фотометок за весь период нереста (рис. 24, сверху). При этом на полигонах уточняли границы непосредственно по фотографиям, как показано на вставке в правом верхнем углу рисунка, где нерестилища занимают всю полку на литорали от уреза воды до свала склона в глубину. Следует отметить, что в ряде случаев, где угол съемки несколько отличался от 90°, положение фотометки, соответствующее положению БПЛА, было смещено от самого снимаемого участка (поэтому кое-где на участках полигонов не видно фотометок). К тому же, там, где нерестилища простирались на

100 м от берега и более (например, на северо-западе), квадрокоптер приходилось поднимать на высоту до 80 м, чтобы отснять их в ширину, и в таких случаях размер фотометки на общем снимке (рис. 24) существенно меньше снятой в тот момент площади.

Один из результатов проделанной нами работы — границы полигонов семи районов озерных нерестилищ нерки, нанесенные на спутниковый снимок оз. Начикинского (рис. 25). Расчетные площади нерестилищ по каждому из этих районов приведены в таблице 6.

Ранее Е.М. Крохин и Ф.В. Крогиус (19376) приводили площадь нерестилищ в оз. Начикинском, равную 87 тыс. м², определенную А.С. Ба-

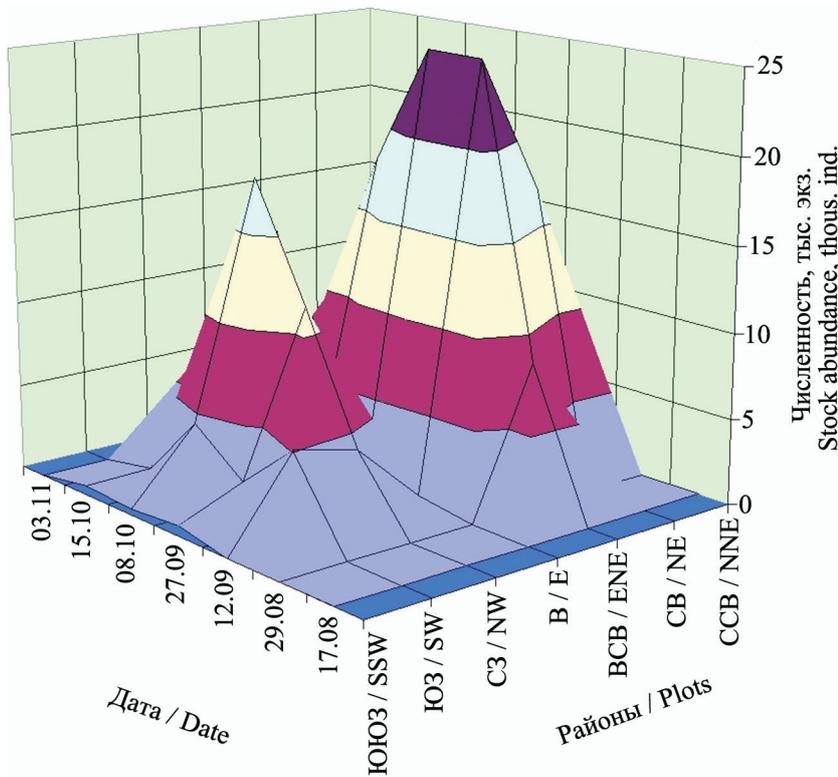


Рис. 23. Пространственно-временное распределение численности нерки по выделенным районам побережья на оз. Начикинском в 2018 г. (обозначения — см. Материал и методика)
 Fig. 23. Spatial-temporal distribution of sockeye salmon abundance by marked littoral plots of Nachikinskoe Lake in 2018 (see legend in Materials and methods)

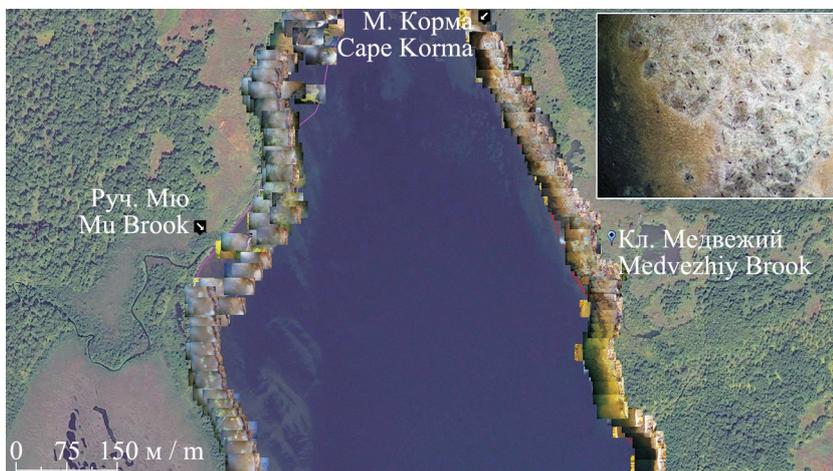


Рис. 24. Трассировка границ нерестилищ по фотографиям с квадрокоптера: фиолетовым и красным цветом отмечены полигоны нерестовых площадей нерки на северо-западной и северо-восточной озерной литорали, во врезке показана одна из фотографий, слева внизу дана шкала масштаба
 Fig. 24. Tracing the border of the spawning grounds on the quadcopter images: violet and red colors mark sockeye salmon spawning ground polygons in the north-western and north-eastern littoral parts of the lake, one of the images is demonstrated in the insert, the scale is in the bottom left part

раненковой в 1932 г. Необходимо отметить, что возможности топографических съемок в экспедиционных поездках первой половины XX века (на собаках, батах и лошадях) практически не было, поэтому размеры нерестовых площадей определяли обычно на основе «грубой глазомерной оценки» (Крохин, Крогиус, 1937б, с. 62). Вторых, эта площадь существенно зависит от

численности подходов, что признавали и сами Ф.В. Крогиус и Е.М. Крохин (1948).

Плотность заполнения нерестилищ в озерной литорали и плотность нереста поздней нерки

Обращаясь к проблеме исследования плотностных характеристик заполнения нерестилищ поздней нерки в прибрежном пространстве озера в не-

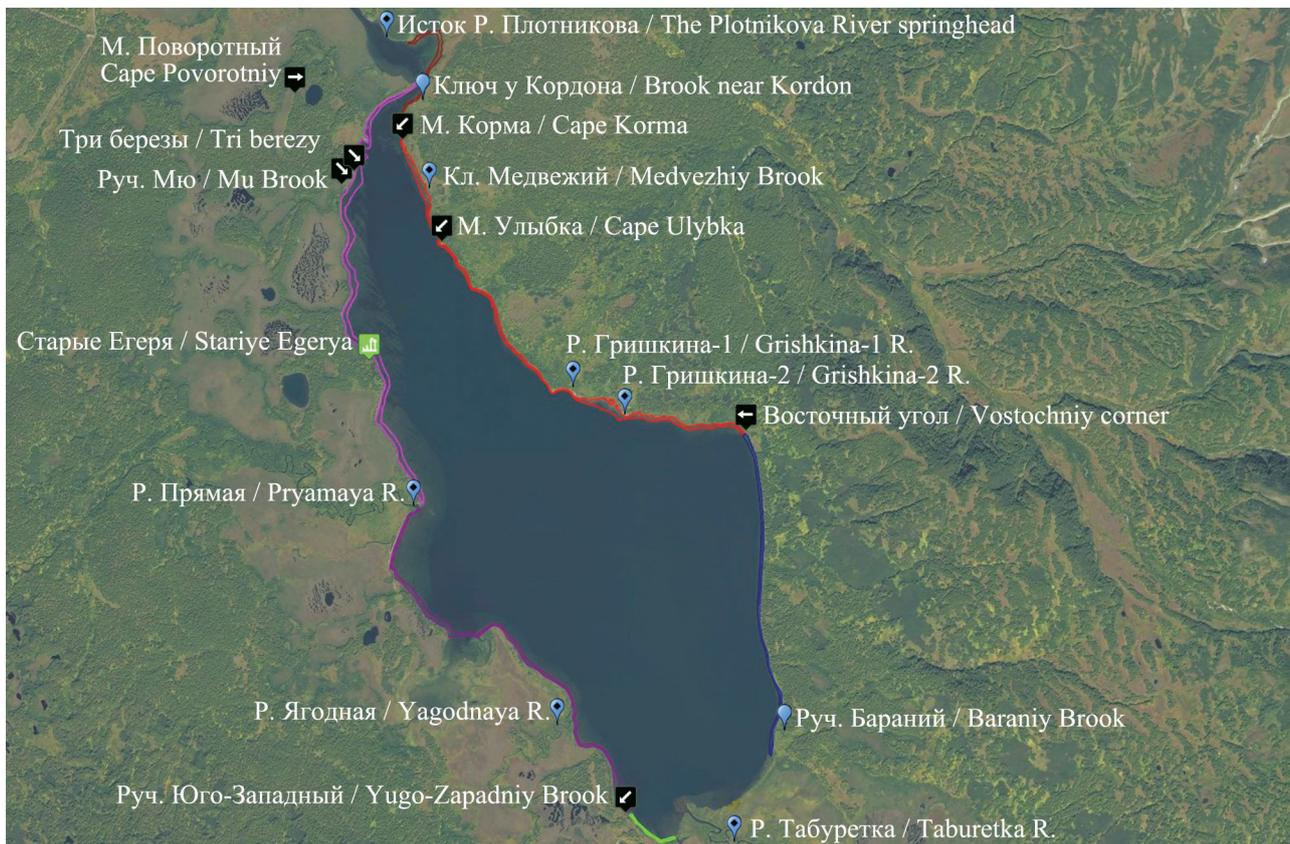


Рис. 25. Спутниковый снимок оз. Начикинского с нанесенными полигонами семи районов озерных нерестилищ нерки: рубиновым — ССВ (исток р. Плотникова – м. Корма), красными — СВ (м. Корма – р. Гришкина-1 (устье)) и ВСВ (р. Гришкина-1 (устье) – Восточный угол), синим — В (Восточный угол – руч. Бараний), фиолетовым — СЗ (м. Поворотный – р. Прямая) и ЮЗ (р. Прямая – руч. Юго-Западный), зеленым — ЮЮЗ (руч. Юго-Западный – р. Бабья)

Fig. 25. Satellite image of Nachikinskoye Lake with marked polygons of seven spawning grounds of sockeye salmon: ruby – NNE (the Plotnikova River springhead – the Cape Korma), red – NE (the Cape Korma – the Grishkina-1 River (the mouth)) and ENE (the Grishkina-1 River (the mouth) – Vostochniy corner), blue – E (Vostochniy corner – the Baraniy Brook), violet – NW (the Cape Povоротnyi – the Pryamaya River) and SW (the Pryamaya River – the Yugo-Zapadny Brook), green – SSW (the Yugo-Zapadny Brook – the Babya River)

Таблица 6. Площадь семи районов озерных нерестилищ поздней нерки в 2018 г., определенная по фотоснимкам. Границы полигонов показаны на рис. 24

Table 6. The square of seven plots of the lake spawning grounds of late sockeye salmon in 2018, identified by photographs. The boundaries of the polygons are demonstrated in Fig. 24

Район побережья озера / Coastal plot of the lake	Площадь, м ² / Square, m ²
Северо-северо-восток / North-North-East	17 044
Северо-восток / North-East	37 404
Восток-северо-восток / East-North-East	40 379
Восток / East	31 762
Северо-запад / North-West	112 845
Юго-запад / South-West	62 803
Юго-юго-запад / South-South-West	4777
Сумма / Sum	307 014

рестовый период, отметим, что стоит разделять два неравноценных понятия (и их не следует путать):

плотность заполнения нерестилищ, которую определяют, исходя из оцененной численности производителей и суммарной площади нереста (в нашем случае — в каждом из выделенных районов в течение всего сезона);

и плотность нереста, определяемую при визуальном подсчете производителей одновременно с измерением рулеткой площади, которую они занимают при нересте (например, Есин и др., 2012), либо как мы: на основе статистического анализа данных, полученных при дешифрировании фотографий, на которых рыбы находятся на гнездах «здесь и сейчас».

Результат использования первого из этих понятий проиллюстрируем трехмерным графиком

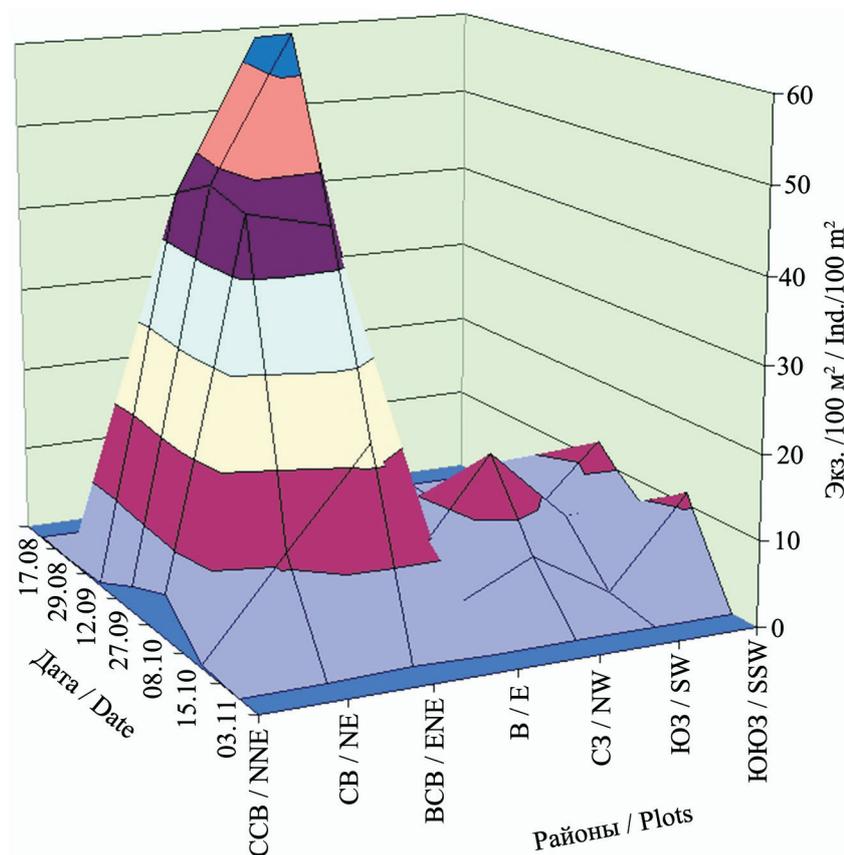


Рис. 26. Плотность заполнения нерестилищ поздней неркой на оз. Начикинском по выделенным районам в 2018 г. (обозначения — см. Материал и методика)
Fig. 26. Density of late sockeye salmon on the spawning grounds of Nachikinskoe Lake by marked plots in 2018 (see the legend in Materials and methods)

Таблица 7. Плотность нереста производителей поздней нерки на озерных нерестилищах в пиковый период (вторая половина сентября – начало октября) по выделенным районам оз. Начикинского в 2018 г., вычисленная по фотографиям (обозначения — см. Материалы и методы)
Table 7. The spawning density of late sockeye salmon on the lake spawning grounds during the peak period (second half of September – early October) by marked plots of Nachikinskoe Lake in 2018, identified by photographs (see the marks in Materials and methods)

Плотность нереста, экз./100 м ² Spawning density, ind./100 m ²	Районы прибрежной литорали / Plots of littoral zone						
	CCB NNE	CB NE	BCB ENE	B E	C3 NW	Ю3 SW	ЮЮ3 SSW
Минимальная /Minimum	0,07	0,20	1,42	0,17	0,38	0,24	0,46
Максимальная /Maximum	6,17	36,07	450,30	11,94	74,59	199,27	28,64
Средняя /Average	1,26	12,32	37,28	2,71	16,25	9,46	5,29

(рис. 26), построенным по данным, приведенным выше (таблицы 4 и 6), на котором видно, что в пик нереста (во второй половине сентября) плотность заполнения нерестилищ на востоке-северо-востоке озера превышала 64 экз./100 м² (или 0,64 экз./м²), а на северо-западе достигала всего 16 экз./100 м².

В свою очередь, таблица 7 демонстрирует, что величина другой характеристики, плотности нереста, на юго-западе, где в целом плотность заполнения нерестилищ достаточно низкая, в отдельных местах (на глубине среди водорослей) доходит до 199 экз./100 м² (см. рис. 15), а на востоке-северо-востоке — до 450 экз./100 м² (см. рис. 13, А).

Заинтересовавшись нерестовой поляной на глубине 3–5 м, окруженной лесом водорослей (см. рис. 15), мы нашли спутниковую фотографию

в программе Google Earth Pro, датированную 26.09.2012, на которой хорошо видно это нерестилище, а также сходные с ним на северо-западе озера. Это подтверждает, что нерест нерки в таких специфических местах происходит в течение многих лет, как и на оз. Курильском, где в бух. Северной нерка нерестовала на глубинах 4–6 м не один год (Остроумов, 1970). Похожее явление (нерест нерки на глубине 2–6 м) отмечали и на Аляске в оз. Илиамна, причем его плотность достигала 6 экз./м², или 600 экз./100 м² и более (Kerns, Donaldson, 1968).

Максимальная из определенных нами плотностей в озерном прибрежье составила 4,5 экз./м² (см. рис. 13, А). Средняя же плотность нереста на озерных нерестилищах составила 12 экз./100 м² (или 0,12 экз./м²), колеблясь по разным районам в пределах 1–37 экз./100 м² (таблица 7).

В связи с этим уместно обсудить еще одну проблему, обусловленную высокой численностью заходов и плотностью нереста: последствия переполнения нерестилищ, и начать надо с оценок его порогов.

Так, например, Е.М. Крохин и Ф.В. Крогиус (1937а) посчитали, что при нересте в ключах на оз. Курильском одной самки на 1 м² (вместе с одним самцом это 2 экз./м²) происходит переполнение и, как следствие, значительная гибель икры (39–40%), в основном из-за перекапывания гнезд позже пришедшими производителями.

А.В. Подлесных (1995), исследуя гормональную регуляцию нереста нерки в ключевых субизолятах в условиях эксперимента, определил, что увеличение плотности нерестовых скоплений выше оптимальной (0,35–0,5 экз./м²) приводит к их стрессированию, увеличению внутригрупповой дифференциации по содержанию в крови кортизола и уменьшению выброса половых продуктов у производителей. С угасанием отдельных элементов нерестового поведения снижается репродуктивный успех слабострессоустойчивых самцов и самок (а это в основном крупные рыбы), в результате преимущество получают мелкие, что, в свою очередь, ведет к снижению гетерогенности потомства. Кроме того, стресс из-за высокой плотности «сопровождается изменением интенсивности основного обмена, ломкой сложившейся иерархической структуры доминантно-соподчиненных отношений, уменьшением количества одновременно нерестующих пар, повышенной смертностью производителей» (Ардашев, Подлесных, 2005, с. 93), снижается и выжива-

емость потомства. В.А. Паренский и А.В. Подлесных (2005) показали, что при плотности нереста в ключе свыше ~0,8 экз./м² пары уже не образуются.

Е.В. Есин с коллегами (2012), изучая последствия высокочисленного подхода горбуши к северо-восточному побережью Камчатки, обнаружили, что при плотности самок на речных нерестилищах в 1,7–1,8 экз./м² гнезда начинали сливаться и частично подвергаться повторным перекапываниям, а при плотности более 2 экз./м² перекапывание было сплошным и нерест — абортным.

Казалось бы, в условиях озерной литорали описанные явления маловероятны, поскольку значительная площадь этих нерестилищ способна обеспечить место для очень большого количества производителей, и к тому же может увеличиваться за счет очистки самими производителями дна от растительности и ила в местах выхода грунтовых вод. Однако наши данные показывают, во-первых, что в естественных условиях в озере наблюдается очень высокая плотность нереста, а во-вторых, даже при плотностях свыше 1,6 экз./м² (см. рис. 15) репродуктивное поведение не разрушается и нерест происходит вполне нормально. В.А. Паренский предположил (личное сообщение), что это может быть связано с трехмерной структурой озерного нерестилища на глубине, в отличие от двухмерного заполнения нерестилищ в ключах и озерном мелководье.

Другую причину успешного нереста нерки при высоких плотностях (до 6 и более экз./м²) на глубинах до 6 м в прибрежье оз. Илиамна назвали американские исследователи (Kerns, Donaldson, 1968) — интенсивную циркуляцию воды за счет ветровых течений и сейш. Наличие подобных явлений в оз. Начикинском показали И.И. Куренков с соавторами (1987).

Что касается положительных последствий высокой плотности производителей на нерестилищах, то, кроме выше перечисленных, обычно упоминают о влиянии перекапывания грунта на гидрологический режим последних и улучшении кормовой базы молоди за счет удобрения снеткой (Леванидов, 1964; *Physiological Ecology of Pacific Salmon*, 1995; Quinn, 2018); кроме того, увеличивается стрейнг производителей и их распространение в соседние водотоки (Walters et al., 2004).

Последствия этого экстремально высокого захода поздней нерки в оз. Начикинское можно будет понять не ранее, чем через 4–6 лет. Во всяком случае, умеренный оптимизм внушает тот факт,

что через пять лет после чрезвычайно высокого пропуска нерки в р. Квитчат на Аляске (более 24 млн экз.) численность вернувшихся рыб была на уровне средних значений для поколений этих циклов (Young, Woody, 2006).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в 2018 г. впервые подробно обследован весь периметр Начикинского озера и его притоки с помощью беспилотного летательного аппарата Phantom-4 Pro в течение нерестового хода как ранней, так и поздней рас нерки (с июня по октябрь). Использование квадрокоптера позволило получить детальную информацию о нересте обеих рас нерки и сохранить ее в цифровом формате.

В результате проделанной работы получены количественные оценки заполнения производителями разных участков озерных притоков и его побережья. Так, численность ранней нерки, зашедшей на нерест в оз. Начикинское в 2018 г., была близка к 30 тыс. экз. и незначительно отличалась от среднего значения за последние 19 лет. В то же время количество производителей поздней нерки, принимавших участие в нересте, было экстремально высоким из зафиксированных за период наблюдений с 1957 г. Рассчитанная разными методами (1 — суммированием количества рыб, стоящих на гнездах с периодичностью около двух недель; и 2 — с помощью имитационного моделирования) численность поздней расы составила: в первом случае ~145 тыс. экз., во втором — 140 тыс. экз. (127–153 тыс. рыб — 95%-й доверительный интервал). Пик нереста пришелся на вторую половину сентября.

На основе результатов многочисленных исследований продолжительности жизни лососей на нерестовых гнездах было определено, что среднее время жизни лососей у гнезда в естественных условиях составляет не более 15 дней, и это подтверждается результатами имитационного моделирования полученных нами данных. Поэтому для оценки итоговой численности зашедших на нерестилища производителей следует либо суммировать количество рыб, приступивших к нересту, через определенные промежутки времени (в среднем ~2 недели), либо строить имитационные модели динамики численности нерестящихся особей по данным нескольких учетных съемок, принимая во внимание уменьшение продолжительности жизни рыб от начала к концу нереста.

Соотнося изображения нерестующих рыб и их гнезд на фотографиях, сделанных с помощью квадрокоптера в течение всего сезона, со спутниковым снимком оз. Начикинского в масштабе 1:1000, определили границы нерестилищ поздней нерки в 2018 г. и оценили их площадь, которая составила 307 тыс. м².

С учетом численности поздней нерки на разных участках литорали и их площади, определена плотность заполнения нерестилищ, которая была максимальна на восточном берегу озера (>64 экз./100 м²). Расчеты плотности нереста, проведенные по фотографиям производителей на локальных нерестилищах (без учета неиспользуемых в данный момент нерестовых площадей), показали, что этот параметр колеблется от 0,07 экз./100 м² (на северо-северо-востоке озера) до 450 экз./100 м² (на востоке-северо-востоке).

БЛАГОДАРНОСТИ

Приносим искреннюю благодарность за плодотворную совместную работу на съемках нереста нерки с помощью квадрокоптера инженеру С.Ю. Губанову и госинспектору СВТУ ФАР А.В. Акулееву. Выражаем также благодарность вед. науч. сотр. КамчатНИРО, к. ф.-м. н. О.И. Ильину за консультации в области статистических методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ардашев А.А., Подлесных А.В.* 2005. Факторы нерестового периода в формировании численности тихоокеанских лососей // Вестник ДВО РАН. № 3. С. 92–98.
- Бараненкова А.С.* 1932. Отчет о работе на Начикинском озере осенью 1932 г. Рукопись. Цит. по: Крохин Е.М., Крогиус Ф.В. 1937б.
- Бараненкова А.С., Семко Р.С.* 1934. Отчет о работе на Начикинском озере весной 1934 г. Архив Камчат. отд. ТИНРО: Петропавловск-Камчатский. 26 с.
- Бугаев В.Ф., Остроумов А.Г., Непомнящий Е.Ю., Маслов А.В.* 2002. Некоторые особенности биологии нерки *Oncorhynchus nerka* р. Большой (Западная Камчатка) и факторы, влияющие на ее биологические показатели // Изв. ТИНРО. Т. 130. Ч. 2. С. 758–776.
- Есин Е.В., Леман В.Н., Сорокин Ю.В., Чалов С.Р.* 2012. Популяционные последствия высокочисленного подхода горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* к северо-восточному побережью Камчатки в 2009 году // Вопр. ихтиологии. Т. 52, № 4. С. 446–455.

- Запорожец О.М., Запорожец Г.В.* 2015. Оценка запасов кеты, нерки и кижуча в бассейне р. Большой (Западная Камчатка) в 2015 г. // Бюлл. изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке, № 10. С. 62–66.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В.* 2017. Использование фото- и видеофиксации для оценки количества производителей лососей на нерестилищах и путях их миграций: некоторые методические подходы // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 47. С. 77–90.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Зорбиди Ж.Х.* 2013. Динамика численности и биологические характеристики тихоокеанских лососей реки Большой (Западная Камчатка) // Изв. ТИНРО. Т. 174. С. 38–67.
- Золотухин С.Ф.* 2009. Методические указания по учету тихоокеанских лососей на нерестилищах. Хабаровск: Хф ТИНРО-Центр. 9 с.
- Золотухин С.Ф., Ходжер Л.Ч.* 2007. Расчеты площади нерестового фонда лососей основных рек юга Амурского лимана // Изв. ТИНРО. Т. 148. С. 130–142.
- Крогиус Ф.В.* 1955. Опыт применения самолета для обследования состояния и оценки заполнения нерестилищ камчатских лососей // Рыбное хозяйство. № 11. С. 32–34.
- Крогиус Ф.В., Крохин Е.М.* 1948. Об урожайности молоди красной // Изв. ТИНРО. Т. 28. С. 3–27.
- Крохин Е.М., Крогиус Ф.В.* 1937а. Очерк Курильского озера и биологии красной (*Oncorhynchus nerka* Walb.) в его бассейне // Тр. Тихоок. комитета. Т. IV. М.-Л.: АН СССР. С. 3–165. (Изв. ТИНРО. Т. XXVIII.)
- Крохин Е.М., Крогиус Ф.В.* 1937б. Очерк бассейна р. Большой и нерестилищ лососевых, расположенных в нем (из работ Камчатского отделения ТИНРО) // Изв. ТИНРО. Т. 9. С. 1–157.
- Кузнецов И.И.* 1928. Некоторые наблюдения над размножением амурских и камчатских лососей // Изв. ТИНРО. Т. 2. Вып. 3. 195 с.
- Куренков И.И., Николаев А.С., Остроумов А.Г., Свириденко В.Д.* 1987. Лимнологические особенности Начикинского озера (Камчатка) и возможность его фертилизации. Архив КоТИНРО. 52 с.
- Леванидов В.Я.* 1964. О связи между плотностью заполнения нерестилищ и эффективностью нереста амурских лососей // Изв. ТИНРО. Т. 55. С. 65–74.
- Макеев С.С.* 2011. Новые подходы к оценке нерестового фонда рек Сахалина // Чтения памяти В.Я. Леванидова, 2011. Вып. 5. С. 329–345.
- Остроумов А.Г.* 1962. Опыт применения аэрометодов учета тихоокеанских лососей в реках Камчат-ки. Петропавловск-Камчатский: Книжн. редакция «Камчатской правды». 45 с.
- Остроумов А.Г.* 1970. Результаты аэровизуального учета и аэрофотосъемки красной и ее нерестилищ в бассейне озера Курильского // Изв. ТИНРО. Т. 78. С. 17–31.
- Остроумов А.Г.* 1975. Нерестовый фонд и состояние запасов дальневосточных лососей в водоемах п-ова Камчатка и Корякского нагорья в 1957–1971 гг. (по материалам авиаучетов и аэрофотосъемок) // Тр. ВНИРО. Т. 106. С. 21–23.
- Остроумов А.Г.* 1989. Нерестовый фонд лососей Юго-Западной Камчатки (от р. Большой до р. Кехты). Петропавловск-Камчатский: Архив КоТИНРО. 70 с.
- Остроумов А.Г.* 1999. Нерестовое значение рек и озер Камчатской области и Корякского автономного округа (западное побережье). Петропавловск-Камчатский: Архив КамчатНИРО. 122 с.
- Паренский В.А.* 1992. Этология нереста нерки. Рос. АН, Дальневост. отд-е, Ин-т биологии моря. Владивосток: Дальнаука. 113 с.
- Паренский В.А., Подлесных А.В.* 2005. Факторы нерестового периода, формирующие численность и разнокачественность потомства у нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) // Вопр. рыболовства. Т. 6, № 1 (21). С. 154–165.
- Подлесных А.В.* 1995. Гормональные механизмы регуляции нереста в субизолятах нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. ИБМ. 20 с.
- Семко Р.С.* 1935. Расовый состав красной Начикинского озера (бассейн р. Большой). Петропавловск-Камчатский: КоТИРХ. 100 с.
- Семко Р.С.* 1954. Запасы западнокамчатских лососей и их промысловое использование // Изв. ТИНРО. Т. 41. С. 3–109.
- Сувьрина Р.И.* 1972. Состояние естественного размножения и искусственного разведения горбуши в бассейне Амура: Отчет о НИР / ХфТИНРО. № 711. Хабаровск. 121 с.
- Шевляков Е.А., Маслов А.В.* 2011. Реки, определяющие воспроизводство тихоокеанских лососей на Камчатке, как реперы для оценки заполнения нерестового фонда // Изв. ТИНРО. Т. 164. С. 114–139.
- English K.K., Bocking R.C., Irvine J.R.* 1992. A robust procedure for estimating salmon escapement based on the area-under-the-curve method // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 1982–1989.
- Groves P.A., Alcorn B., Wiest M.M., Maselko J.M., Connor W.P.* 2016. Testing unmanned aircraft systems

- for salmon spawning surveys // FACETS 1: 187–204. Doi:10.1139/facets-2016-0019.
- Hartman W.F. 1959. Red salmon spawning behavior. *Sci. Alaska Proc.* // *Alaska Sci. Conf.* 9 (1958). P. 48–49.
- Jones G.P., Pearlstine L.G., Percival H.F. 2006. An Assessment of Small Unmanned Aerial Vehicles for Wildlife Research. *Wildlife Society Bulletin* 34 (3):750–758. Doi: 10.2307/3784704.
- Kerns O.E., Donaldson J.R. 1968. Behavior and Distribution of Spawning Sockeye Salmon on Island Beaches in Iliamna Lake, Alaska, 1965 // *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. Vol. 25, No. 3: P. 485–494. Doi.org/10.1139/f68-042.
- Korman J., Ahrens R.N.M., Higgins P.S., Walters C.J. 2002. Effects of observer efficiency, arrival timing, and survey life on estimates of escapement for steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) derived from repeat mark–recapture experiments // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 59: 1116–1131.
- Koski K.V. 1975. The survival and fitness of two stocks of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) from egg deposition to emergence in a controlled-stream environment at Big Beef Creek. Ph.D. thesis. University of Washington, Seattle, WA. 212 p.
- Kudo H., Koshino Y., Eto A., Ichimura M., Kaeriyama M. 2012. Cost-effective accurate estimates of adult chum salmon, *Oncorhynchus keta*, abundance in a Japanese river using a radio-controlled helicopter // *Fisheries Research*, 119–120: 94–98. Doi:10.1016/j.fishres.2011.12.010.
- Mathisen O.A. 1962. The effect of altered sex ratios on the spawning of red salmon // *Studies of Alaska red salmon*. Univ. Wash. Publ. Fish. New Ser. 1. P. 137–248.
- McPhee M.V., Quinn T.P. 1998. Factors affecting the duration of nest defense and reproductive lifespan of female sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka* // *Environmental Biology of Fishes*. 51: 369–375.
- Neilson J.D., Banford C.E. 1983. Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) spawner characteristics in relation to redd physical features. *Can. J. Zool.* 61: 1524–1531.
- Neilson J.D., Geen G.H. 1981. Enumeration of spawning salmon from spawner residence time and aerial counts. *Trans. Am. Fish. Soc.* 110: 554–556.
- Perrin C.J., Irvine J.R. 1990. A review of survey life estimates as they apply to the area-under-the-curve method for estimating the spawning escapement of Pacific salmon // *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1733: 49 p.
- Physiological ecology of Pacific salmon. 1995. Ed. by C. Groot L. Margolis and W.C. Clarke. Vancouver: UBC Press, 510 p.
- Quinn T.P. 2018. *The Behavior and Ecology of Pacific Salmon and Trout*. University of Washington Press, Seattle, WA. 562 p.
- Sparkman M.D. 2010. Using Telemetry Techniques to Determine Multiple Redd Formation, Redd Residence Time, and Survey Life of Adult Coho and Chinook Salmon in Spawning Streams // PNAMP Special Publication: Tagging, Telemetry and Marking Measures for Monitoring Fish Populations. P. 95–104.
- Tsunoda S. 1967. Movements of spawning sockeye salmon in Hidden Creek, Brooks Lake, Alaska. M. Sc. thesis. Oregon State University, Corvallis, OR. 52 p.
- Walters C., LeBlond P., Riddell B. 2004. Does over-escapement cause salmon stock collapse? Technical Paper. Vancouver, BC: Pacific Fisheries Resource Conservation Council, 31 p.
- Whitehead K., Hugenholtz C.H., Myshak S., Brown O., LeClair A., Tamminga A., Barchyn T.E., Moorman B., Eaton B. 2014. Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: Scientific and commercial applications // *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 2 (3): 86–102. Doi:10.1139/juvs-2014-0007.
- Young D.B., Woody C.A. 2006. Lake Clark sockeye salmon escapement and population monitoring. Annual Report for Study FIS 05-402. The U.S. Fish and Wildlife Service. 28 p.

REFERENCES

- Ardashev A.A., Podlesnykh A.V. The influence of factors associated with the spawning period on the abundance of the Pacific salmon. *Vestnik DVO RAN*, 2005, no. 3, pp. 92–98. (In Russian)
- Baranenkova A.S., Semko R.S. *Otchet o rabote na Nachikinskoy ozere vesnoy 1934 g.* [Report about activities on Nachikinskoye Lake in spring of 1934]. Arhiv KamchatNIRO: Petropavlovsk-Kamchatsky, 1934, 26 p.
- Bugaev V.F., Ostroumov A.G., Nepomnyaschiy E.Y., Maslov A.V. Some features of the sockeye biology *Oncorhynchus nerka* p. Large (Western Kamchatka) and factors influencing its biological indicators. *Izvestiya TINRO*, 2002, vol. 130, part 2, pp. 758–776. (In Russian)
- Esin E.V., Leman V.N., Sorokin Yu.V., Chalov S.R. Population consequences of mass coming of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* to the Northeastern Coast

- of Kamchatka in 2009. *Journal of Ichthyology*, 2012, vol. 52, no. 4, pp. 446–455. (In Russian)
- Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V. Assessment of chum, sockeye and coho salmon stocks in the basin of Bolshaya River (West Kamchatka) in 2015. *Bulleten Konceptii Dal'nevostochnoj bassejnovoj programmy izuchenija tihookeanskih lososej* [Bulletin of Pacific salmon studies in Far East, Vladivostok], 2015, vol. 10, pp. 62–66. (In Russian)
- Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V. Using the photo- and video records for assessment of pacific salmon escapement on migration routes and spawning grounds: some of methodical approaches. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2017, vol. 47, pp. 77–90. (In Russian with English abstracts)
- Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V., Zorbidi Z.K. Stock dynamics and biological parameters of pacific salmon in the Bolshaya River (West Kamchatka). *Izvestiya TINRO*, 2013, vol. 174, part 2, pp. 38–67. (In Russian)
- Zolotukhin S.F. *Metodicheskie ukazaniya po uchetu tihookeanskikh lososey na nerestilishchakh* [Guidelines for the treatment of Pacific salmon in spawning grounds Khabarovsk]. Khabarovsk: KhfTINRO, 2009. 9 p.
- Zolotukhin S.F., Khodzher L.Ch. Calculation of the spawning area for pacific salmon in the main rivers of the southwestern part of the Amur estuary. *Izvestiya TINRO*, 2007, vol. 148, pp. 130–142. (In Russian)
- Krogus F.V. Experience of the use of airplane for assessment of Pacific salmon in the rivers of Kamchatka. *Rybnoe hozyajstvo*, 1955, no. 11, pp. 32–34. (In Russian)
- Krogus F.V., Krokhin E.M. On the production of young sockeye Salmon. *Izvestiya TINRO*, 1948, vol. 28, pp. 3–27. (In Russian)
- Krokhin E.M., Krogus F.V. Sketch of Kuril Lake and red biology (*Oncorhynchus nerka* Walb.) in its basin. *Izvestiya TINRO*, 1937, vol. 28, pp. 3–165 (In Russian)
- Krokhin E.M., Krogus F.V. A survey of the Bolshaya River system and the salmon-spawning grounds located in it. *Izvestiya TINRO*, 1937, vol. 9, pp. 1–157. (In Russian)
- Kuznetsov I.I. Some observations on the spawning of Amur and Kamchatka salmon. *Izvestiya TINRO*, 1928, vol. 2 (3), pp. 1–195. (In Russian)
- Kurenkov I.I., Nikolaev A.S., Ostroumov A.G., Sviridenko V.D. *Limnologicheskiye osobennosti Nachikinskogo ozera (Kamchatka) i vozmozhnost ego fertilizatsii* [Limnological features of Nachikinskoye Lake (Kamchatka) and the possibility of its fertilization]. Arhiv KamchatNIRO: Petropavlovsk-Kamchatsky, 1987, 52 p.
- Levanidov V.Y. On the relationship between the density of spawning grounds and the efficiency of spawning of Amur salmon. *Izvestiya TINRO*, 1964, vol. 55, pp. 65–74. (In Russian)
- Makeev S.S. New approaches to the estimation of spawning fund of the Sakhalin rivers. *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova*, 2011, vol. 5, pp. 329–345. (In Russian)
- Ostroumov A.G. *Opyt primeneniya aerometodov ucheta tihookeanskikh lososey v rekakh Kamchatki* [The experience of using Pacific salmon aerial methods in Kamchatka rivers]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 1962, 45 p.
- Ostroumov A.G. Results of aerial visualization and aerial photography of red and its spawning grounds in the basin of Lake Kurilsky. *Izvestiya TINRO*, 1970, vol. 78, pp. 17–31. (In Russian)
- Ostroumov A.G. Spawning fund and stock status of Far Eastern salmon in water bodies of the Kamchatka Peninsula and Koryak Upland in 1957–1971 (based on aerial surveys and aerial photographs). *Trudy VNIRO*, vol. 106, pp. 21–23. (In Russian)
- Ostroumov A.G. *Nerestovyy fond lososey yugo-zapadnoy Kamchatki (ot r. Bolshoy do r. Kekhty)* [Spawning fund for salmon in South-Western Kamchatka (from the Bolshoi to the Kekhty)]. Arhiv KamchatNIRO: Petropavlovsk-Kamchatsky, 1989, 70 p.
- Ostroumov A.G. *Nerestovoye znachenie rek i ozer Kamchatskoy oblasti i Koryakskogo avtonomnogo okruga (zapadnoye poberezhie)* [Spawning significance of rivers and lakes of the Kamchatka Region and the Koryak autonomous region (western coast)]. Arhiv KamchatNIRO: Petropavlovsk-Kamchatsky, 1999, 122 p.
- Parensky V.A., Podlesnykh A.V. Population factors in formation of abundance and differentiation of sockeye salmon offspring during spawning. *Problem of Fishery*, 2005, vol. 6, no. 1 (21), pp. 154–165. (In Russian)
- Podlesnykh A.V. *Gormonalnyye mekhanizmy regulyatsii neresta v subizolyatakh nerki Avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Hormonal mechanisms of spawning regulation in sub-isolates of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (Walbaum). Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Vladivostok: Institute of Marine Biology, 1995, 20 p.
- Semko R.S. *Rasovyy sostav krasnoy Nachikinskogo ozera (basseyn r. Bolshoy)* [The racial composition of red Nachikinskoye Lake (basin of the Bolshoi River)]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KoTIRKH, 1935, 100 p.

- Semko R.S. Stocks of Western Kamchatka Salmon and Their Commercial Use. *Izvestiya TINRO*, 1954, vol. 41, pp. 3–109. (In Russian)
- Suvyrina R.I. *Sostoyaniye estestvennogo razmnozheniya i iskusstvennogo razvedeniya gorbushi v bassejne Amura: Otchet o NIR* [The state of natural breeding and artificial breeding of pink salmon in the Amur basin: report about research]. Khabarovsk: KhfTINRO, 1972, 121 p.
- Shevlyakov E.A., Maslov A.V. The rivers determining reproduction of pacific salmon in Kamchatka as indicators of spawning grounds filling. *Izvestiya TINRO*, 2011, vol. 164, pp. 114–139. (In Russian)
- English K.K., Bocking R.C., Irvine J.R. A robust procedure for estimating salmon escapement based on the area-under-the-curve method. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1992, 49: 1982–1989.
- Groves P.A., Alcorn B., Wiest M.M., Maselko J.M., Connor W.P. Testing unmanned aircraft systems for salmon spawning surveys. *FACETS 1*: 187–204, 2016. Doi:10.1139/facets-2016-0019.
- Hartman W.F. Red salmon spawning behavior. *Sci. Alaska Proc. Alaska Sci. Conf.*, 1959, 9 (1958), pp. 48–49.
- Jones G.P., Pearlstine L.G., Percival H.F. An Assessment of Small Unmanned Aerial Vehicles for Wildlife Research. *Wildlife Society Bulletin*, 2006, 34 (3): 750–758. Doi: 10.2307/3784704.
- Kerns O.E., Donaldson J.R. Behavior and Distribution of Spawning Sockeye Salmon on Island Beaches in Iliamna Lake, Alaska, 1965. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1968, vol. 25, no. 3, pp. 485–494. Doi.org/10.1139/f68-042.
- Korman J., Ahrens R.N.M., Higgins P.S., Walters C.J. Effects of observer efficiency, arrival timing, and survey life on estimates of escapement for steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) derived from repeat mark-recapture experiments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 2002, 59: 1116–1131.
- Koski K.V. The survival and fitness of two stocks of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) from egg deposition to emergence in a controlled-stream environment at Big Beef Creek. Ph.D. thesis. University of Washington, Seattle, WA, 1975, 212 p.
- Kudo H., Koshino Y., Eto A., Ichimura M., Kaeriyama M. Cost-effective accurate estimates of adult chum salmon, *Oncorhynchus keta*, abundance in a Japanese river using a radio-controlled helicopter. *Fisheries Research*, 2012, 119–120: 94–98. Doi:10.1016/j.fishres.2011.12.010.
- Mathisen O.A. The effect of altered sex ratios on the spawning of red salmon // *Studies of Alaska red salmon*. Univ. Wash. Publ. Fish. New Ser. 1, 1962. Pp. 137–248.
- McPhee M.V., Quinn T.P. Factors affecting the duration of nest defense and reproductive lifespan of female sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. *Environmental Biology of Fishes*, 1998, 51: 369–375.
- Neilson J.D., Banford C.E. Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) spawner characteristics in relation to redd physical features. *Can. J. Zool.*, 1983, 61: 1524–1531.
- Neilson J.D., Geen G.H. Enumeration of spawning salmon from spawner residence time and aerial counts. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1981, 110: 554–556.
- Perrin C.J., Irvine J.R. A review of survey life estimates as they apply to the area-under-the-curve method for estimating the spawning escapement of Pacific salmon. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 1990, 1733: 49 p.
- Physiological ecology of Pacific salmon. Ed. by C. Groot, L. Margolis and W.C. Clarke. Vancouver: UBC Press, 1995, 510 p.
- Quinn T.P. *The Behavior and Ecology of Pacific Salmon and Trout*. University of Washington Press, Seattle, WA, 2018, 562 p.
- Sparkman M.D. Using Telemetry Techniques to Determine Multiple Redd Formation, Redd Residence Time, and Survey Life of Adult Coho and Chinook Salmon in Spawning Streams. *PNAMP Special Publication: Tagging, Telemetry and Marking Measures for Monitoring Fish Populations*, 2010, pp. 95–104.
- Tsunoda S. Movements of spawning sockeye salmon in Hidden Creek, Brooks Lake, Alaska. M. Sc. thesis. Oregon State University, Corvallis, OR, 1967, 52 p.
- Walters C., LeBlond P., Riddell B. Does over-escapement cause salmon stock collapse? Technical Paper. Vancouver, BC: Pacific Fisheries Resource Conservation Council, 2004, 31 p.
- Whitehead K., Hugenholtz C.H., Myshak S., Brown O., LeClair A., Tamminga A., Barchyn T.E., Moorman B., Eaton B. Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: Scientific and commercial applications. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 2014, 2 (3): 86–102. Doi:10.1139/juvs-2014-0007.
- Young D.B., Woody C.A. Lake Clark sockeye salmon escapement and population monitoring. Annual Report for Study FIS 05-402. The U.S. Fish and Wildlife Service, 2006, 28 p.

Статья поступила в редакцию: 03.04.2019

Статья принята после рецензии: 11.12.2019

УДК 597.553.2:534

DOI: 10.15853/2072-8212.2020.56.63-73

ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ МИГРИРУЮЩИХ НА НЕРЕСТ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НЕРКИ (*ONCORHYNCHUS NERKA*) СТАДА Р. ОЗЕРНОЙ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

К.М. Малых, Д.В. Демченко, В.А. Дубынин, М.Н. Коваленко



Зав. лаб.; вед. инж.-иссл.; вед. н. с.; зам. директора., к. т. н.; Камчатский филиал

Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО»)
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18. Тел./факс: 8 (4152) 20-16-10, 41-27-01

E-mail: malykh@kamniro.ru; demchenko.d.v@kamniro.ru; dubynin.v.a@kamniro.ru; vkovalenko.m.n@kamniro.ru

УЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ, Р. ОЗЕРНАЯ, ОЗ. КУРИЛЬСКОЕ, НЕРКА, НЕРЕСТИЛИЩА, ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, BIOSONICS DT-X, DIDSON

Представлены результаты натурных испытаний гидроакустических комплексов BioSonics DT-X и Didson, установленных на пути нерестовой миграции производителей нерки стада р. Озерной. За весь период работ гидроакустических систем зарегистрировано 2 млн 374 тыс. рыб, в т. ч. эхолотом BioSonics DT-X — 1 млн 276 тыс. рыб, звуковизором Didson — 1 млн 98 тыс. рыб. Полученные данные по эхорегистрации и количественной оценке тихоокеанских лососей р. Озерной позволили дать рекомендации по использованию комплексов BioSonics DT-X и Didson для количественного учета тихоокеанских лососей в реках Камчатки.

THE ASSESSMENT OF THE ADULT ESCAPEMENT OF THE OZERNAYA RIVER SOCKEYE SALMON (*ONCORHYNCHUS NERKA*) WITH THE HYDROACUSTIC METHOD

Kirill M. Malykh, Dmitriy V. Demchenko, Vladimir A. Dubynin, Mikhail N. Kovalenko

Head of Laboratory; Leading Research Engineer; Leading Scientist; Deputy Director, Ph. D. (Engineering);

Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("KamchatNIRO")

683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18. Tel., fax: +7 (4152) 20-16-10, 41-27-01

E-mail: malykh@kamniro.ru; demchenko.d.v@kamniro.ru; dubynin.v.a@kamniro.ru; vkovalenko.m.n@kamniro.ru

PACIFIC SALMON ADULT ESCAPEMENT ASSESSMENT, OZERNAYA RIVER, KURILSKOYE LAKE, SOCKEYE SALMON, SPAWNING GROUNDS, HYDROACUSTIC SYSTEM, BIOSONICS DT-X, DIDSON

Results of in situ testing of BioSonics DT-X and Didson hydroacoustic systems set on migrating path to spawning grounds of adult sockeye salmon in the Ozernaya River are presented. Two million 374 thousand fishes was recognized and counted for the whole working period of the systems, including one million 276 thousand individuals registered by BioSonics DT-X echo-sounder and 1 million 98 thousand – by Didson imaging sonar. The data on the assessment of Pacific salmon escapement in the Ozernaya River allow to make recommendations on the use of the BioSonics DT-X and Didson hydroacoustic systems as a tool for assessment of Pacific salmon escapement in rivers of Kamchatka.

В настоящее время получение информации по численности производителей нерки *Oncorhynchus nerka*, прошедших в оз. Курильское по р. Озерной, осуществляется на рыбоучетном заграждении (РУЗ), оборудованном в истоке реки. При этом время с момента захода производителей в реку и до достижения ими РУЗ, где они могут быть учтены визуально, может составлять от двух до семи и более суток. Столь протяженный промежуток времени сильно ограничивает возможности оперативного регулирования промысла в условиях кратковременного рунного хода, характерного для тихоокеанских лососей в целом, и значительно снижает эффективность мер, связанных с регулированием промысла.

Для получения оперативной информации о численности производителей нерки в 2017 г. были проведены работы по освоению гидроакустической системы BioSonics DT-X в нижнем течении р. Озерной (Малых и др., 2017). В 2018 г. работы по этому направлению продолжили. Целью работы является повышение эффективности количественной оценки пропуска производителей тихоокеанских лососей на нерестилища. Объект исследований — технология учета производителей тихоокеанских лососей гидроакустическим методом в период нерестовых миграций в реках Камчатки.

При проведении работ проведен комплекс технических и визуальных исследований, в результате которых дополнен банк данных эхорегистрации производителей нерки стада р. Озерной и полу-

чена их количественная оценка в период нерестовой миграции, что в дальнейшем позволит усовершенствовать методику использования гидроакустических комплексов для количественного учета тихоокеанских лососей в реках Камчатского края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Научно-исследовательские работы проведены на полигоне, расположенном на левом берегу р. Озерной, в 13 км от устья, на территории Южно-Камчатского заказника (рис. 1) в период с 10 июня по 7 сентября. Общая продолжительность работ составила 90 суток.

В качестве рыбоучетных систем на р. Озерной в 2018 г. были использованы: гидроакустический комплекс BioSonics DT-X (BioSonics Inc., США) в модификации AMS (Automated monitoring system, система автоматического мониторинга, рис. 2А), приобретенный в 2017 г. Ассоциацией рыбопромышленников Озерновского региона для сбора оперативной информации о численности прошедших на нерест производителей нерки, и аналоговый 2D-звуковизор Didson (Sound Metrics Corp.,

США, рис. 2Б), полученный ФГБНУ «КамчатНИРО» в составе подводного аппарата S5N Swordfish в качестве технической помощи по межправительственному соглашению России с Японией.

Гидроакустический комплекс BioSonics DT-X является цифровым однолучевым эхолотом с технологией расщепленного луча, что позволяет регистрировать перемещение одиночных подводных целей на расстоянии до 248 м. Основные характеристики системы BioSonics DT-X:

- рабочая частота — 120 кГц;
- частота следования посылок — 0,01–30 Гц;
- длительность посылки — 0,1–1,0 мсек;
- сектор обзора — $7,3^\circ \times 7,3^\circ$;
- дальность регистрации одиночной рыбы — 248 м;
- электрическая мощность на антенне — 100–1000 Вт;
- интегрированный датчик ориентации (направление, крен, дифферент);
- интерфейс — Ethernet;
- напряжение электропитания — 85–264 В AC или 10–14 В DC;



Рис. 1. Расположение полигона для проведения исследований на р. Озерной в 2018 г.
Fig. 1. Location of the sites of testing on the Ozernaya River in 2018

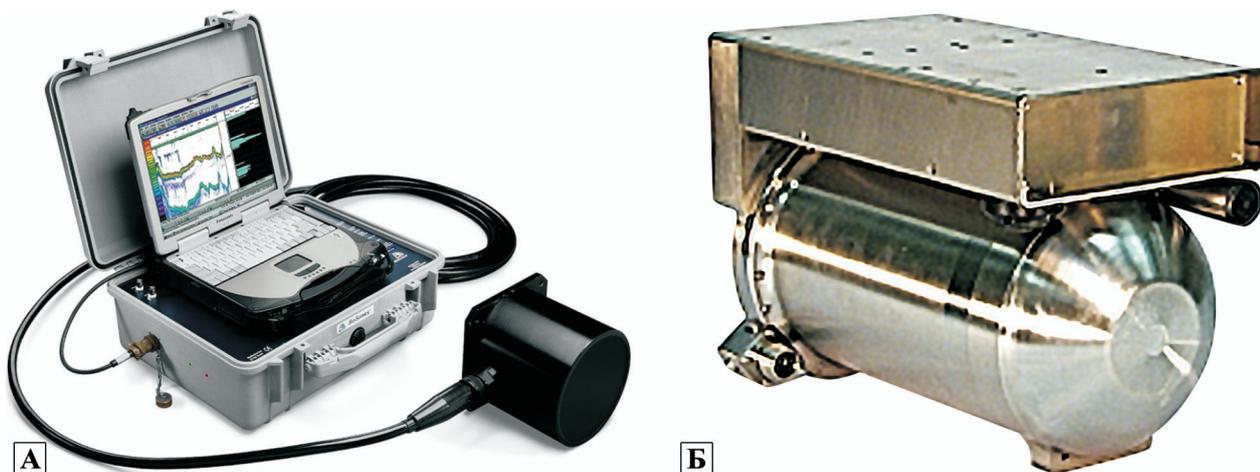


Рис. 2. Цифровой однолучевой эхолот DT-X (А) и аналоговый звуковизор Didson (Б)
Fig. 2. Digital split-beam echo sounder DT-X (A) and analog imaging sonar Didson (B)

- потребляемая мощность — 30 Вт.

Звуковизор Didson представляет собой устройство для получения изображения объектов при помощи ультразвуковых волн с использованием электронного преобразователя, позволяющего акустическое изображение в форме пространственного распределения звукового давления представить в виде оптического изображения и выделить не только отметку о направлении объекта, но и его форму (Терминологический словарь-справочник..., 1989).

Обнаружение целей звуковизором ведется на частоте 1100 кГц на дистанции до 40 м, идентификация объектов происходит на частоте 1800 кГц, в этом режиме дальность работы ограничена 10 м. Технические характеристики звуковизора Didson:

- размерность — 2D;
- рабочая частота — 1100/1800 кГц;
- сектор обзора — $29^\circ \times 14^\circ$;
- ширина луча — $0,4^\circ \times 14^\circ / 0,3^\circ \times 14^\circ$;
- разрешение по дистанции — 1–8 / 0,25–2 см;
- макс. шкала дистанций — 40/10 м;
- частота кадров — 4–21 Гц;
- потребляемая мощность — 30 Вт;
- напряжение питания — 220 В АС или 8 В DC;
- вес в воздухе — 7,9 кгс;
- вес в воде — 1 кгс;
- размеры — 31×21×17 см;
- макс. глубина погружения — 3000 м;

- интерфейс — Ethernet;

- макс. длина кабеля — 61 м (1220 м при доп. питании прибора).

НИР проводились методом натуральных испытаний, путем установки гидроакустических комплексов на пути миграции производителей на нерест. Ширина реки на выбранном полигоне (рис. 1) составляет 45 м, дно имеет пологий уклон, что является наиболее подходящими условиями для размещения гидроакустических устройств. Размещение наблюдательного пункта и гидроакустических приборов на полигоне в 2018 г. состоялось 16 июня, с 17 июня начали проводить сбор и обработку эхограмм. На берегу реки, в непосредственной близости от полигона, был оборудован автономный наблюдательный пункт, где размещались операторы, система электропитания (генератор 2 кВт) и компьютеризированные системы сбора и обработки информации (рис. 3).

Излучатели приборов были установлены в 0,5 м от реки в трехстенном «котле», оборудованном на берегу (рис. 4), для предотвращения осыпания берега и выноса грунта течением реки. Близкое расположение излучателей не оказывало взаимного влияния на работу рыбоучетных систем вследствие 10-кратной разницы в рабочей частоте (120 кГц и 1800 кГц). Техническими условиями эксплуатации приборов запрещается их работа в воздухе, в связи с чем при падении уровня реки



Рис. 3. Наблюдательный пункт для проведения исследований на р. Озерной в 2018 г.
Fig. 3. The observation point for the research on the Ozernaya River in 2018



Рис. 4. Расположение излучателей гидроакустических приборов в «котле»
 Fig. 4. The transducer set point

в месте установки излучателей своевременно проводилось их углубление. По мере наноса на приборы илистых отложений проводилось отключение электропитания для очистки излучающих поверхностей. Продолжительность отключения не превышала 15 мин, в среднем очистка проводилась 1 раз в 5–7 дней и сопровождалась обслуживанием генератора.

Калибровка эхолота BioSonics DT-X эталонной сферой проводилась каждый месяц работы по рекомендуемой разработчиком прибора методике. Частота калибровки вызвана изменчивостью гидрологического режима нижнего течения р. Озерной вследствие влияния природных факторов. Во второй декаде июня на полигоне наблюдался паводок с подъемом уровня реки на 1,5 м (рис. 5). В этот период, а также во время продолжительных осадков, повсеместный вынос грунта рекой вызывал взмучивание воды и значительно снижал чувствительность системы BioSonics DT-X к регистрации гидробионтов, что и послужило поводом для неоднократного определения поправочных коэффициентов силы цели, в пике достигающих значения 6,02 дБ. В настройках системы BioSonics DT-X чувствительность приема можно изменить только путем повышения мощности излучаемого сигнала, что приводит к искажению эхограмм на малых дистанциях (0–15 м). На работу высокочастотного звуковизора Didson взмучивание воды сильного влияния не оказывает. Чувствительность



Рис. 5. Подъем уровня воды в месте установки излучателей на р. Озерной (23.06.2018)
 Fig. 5. The rise of water level at the transducer set point on the Ozernaya River (23.06.2018)

приема, при постоянной мощности излучаемых импульсов, можно изменять в реальном времени в пределах 0–40 дБ, что снижает потерю полезного сигнала от рыб на фоне илистой или песчаной взвеси в воде.

Основные пути миграции гидробионтов проходят под левым берегом, в связи с чем регистрация и учет гидробионтов на дистанции 0–10 м от берега велась при помощи звуковизора Didson, обладающего высокой разрешающей способностью по сравнению с однолучевыми системами (Holmes et al., 2006), а начиная с 10 м и до правого берега — при помощи системы BioSonics DT-X. Сбор данных этой системой проводился в штатном программном обеспечении Visual Acquisition ver. 6.3.1.10972 (BioSonics Inc., США).

По результатам экспериментальных работ в 2017 г., а также по согласованию со специалистами фабрики BioSonics (разработчиками эхолота), в настройках программы (рис. 6) были отключены опции Bottom Detection, Echo Detection и AutoTrack Detection, что позволило значительно снизить нагрузку на процессор системы сбора, объем данных, занимающих дисковое пространство, и энергопотребление.

Обработку накопленных данных за каждые 12 часов работы эхолота осуществляли в пакетном режиме в программном продукте Echoview ver. 8.0.73 (Echoview Software Pty Ltd, Австралия). Для

этого в программе создается проект, в который заносится информация о расположении файлов эхограмм (рис. 7), настраиваются фильтры движущихся объектов и регистрации рыб (рис. 8). После фильтрации помех и выделения полезного сигнала от движущихся через сканируемое сечение реки рыб, на фоне реверберации акустического сигнала от поверхности воды, дна и неоднородностей водной среды на расстоянии 10–45 м, проводили экспорт результатов в текстовый файл с данными о каждом зарегистрированном гидробионте.

Основная нагрузка во время работы программного продукта EchoView ложится на оперативную память задействованного компьютера (до 95% ОЗУ), продолжительность обработки данных за сутки в среднем составляет 5,2 ч. Разработанный алгоритм достаточно прост и не вызывает затруднений у сотрудников, впервые занятых учетом гидробионтов данным прибором.

Звуковизор Didson и его штатные программные средства на количественном учете тихоокеанских лососей в России применяли впервые. Поиск оптимального режима работы данного прибора на р. Озерной занял 33 дня. За это время были обследованы подводная часть берега и дно реки до 10 м от места погружения излучателей и отработаны несколько схем установки звуковизора, в том числе на плавучей платформе (Enzenhofer, 2005). С его помощью было зафиксировано, что на

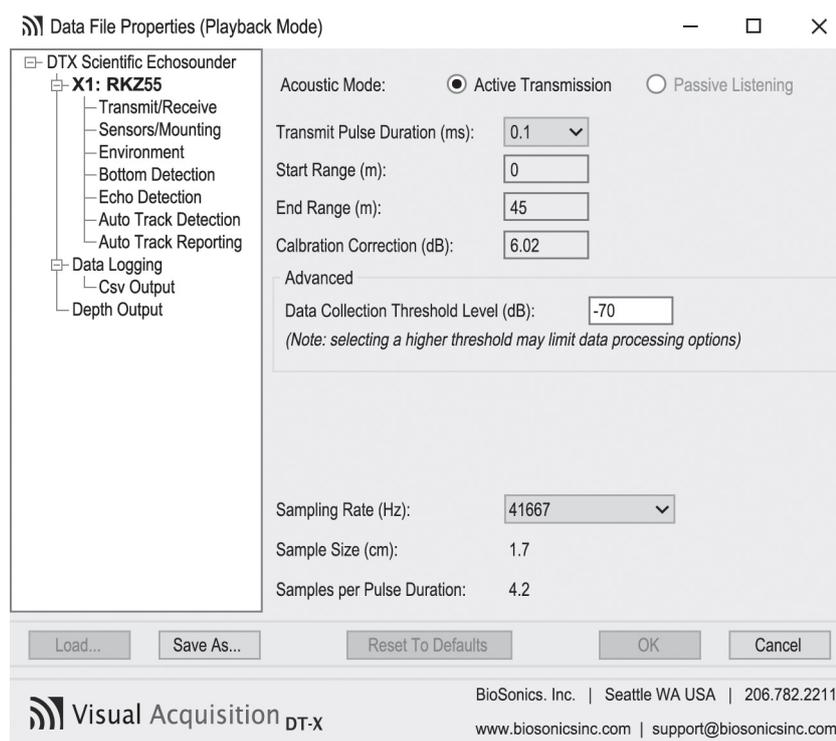


Рис. 6. Настройки работы эхолота BioSonics в 2018 г.
Fig. 6. Settings of the BioSonics echo sounder in 2018

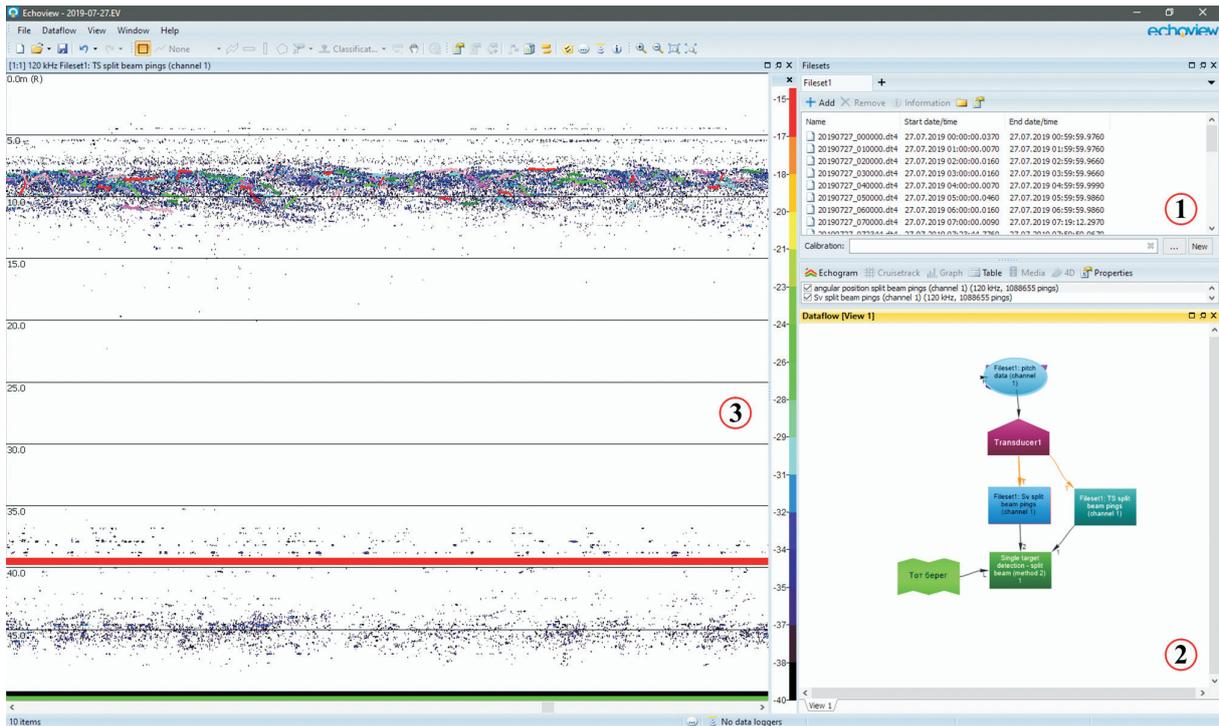


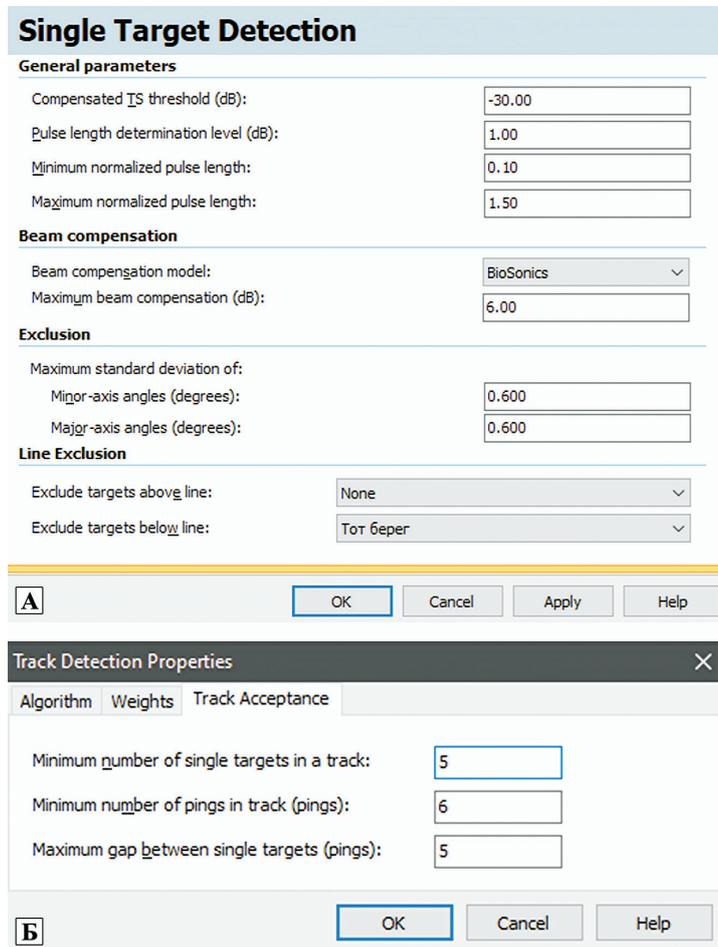
Рис. 7. Общий вид программы EchoView. 1 — информация о расположении файлов эхограмм; 2 — древовидная структура переменных и параметров обработки эхограмм; 3 — отображение на экране эхограммы зарегистрированных целей в виде отдельных регионов
 Fig. 7. General view of the EchoView program. 1 – information about location of echograms; 2 – the dendral structure of the variables and processing parameters of the echograms; 3 – the display on the screen of echogram of the targets registered as separate regions

расстоянии 0–2 м от левого берега происходит постоянный вынос кварцевого песка и мелкой фракции пемзы, создающий плотные потоки взвеси, неравномерно рассредоточенные в толще воды. Этим объясняется низкая чувствительность приема полезного сигнала от рыб, проходящих сканируемое сечение, и наличие слепой зоны у эхолота BioSonics DT-X на этой дистанции.

Сбор и обработка данных звуковизора осуществляли в программном продукте Didson Control and Display вер. 5.26.24 (Sound Metrics Corp., США), внутреннее программное обеспечение звуковизора обновлено до вер. 6.20.

Программный продукт Didson Control and Display позволяет просматривать текущую подводную обстановку и накопленные данные в режиме эхограммы

Рис. 8. Настройки программы EchoView для регистрации движущихся объектов (А) и регистрации рыб (Б)
 Fig. 8. Settings of the EchoView program for registration of moving objects (A) and registration of fish (Б)



(рис. 9) или видеозображения (рис. 10). Настройки сбора и обработки данных приведены на рисунке 11. При загрузке первого из списка файлов,

находящихся в одной директории, в программе в пакетном режиме (Batch mode) запускается кластерный анализ эхограмм, по окончании которого

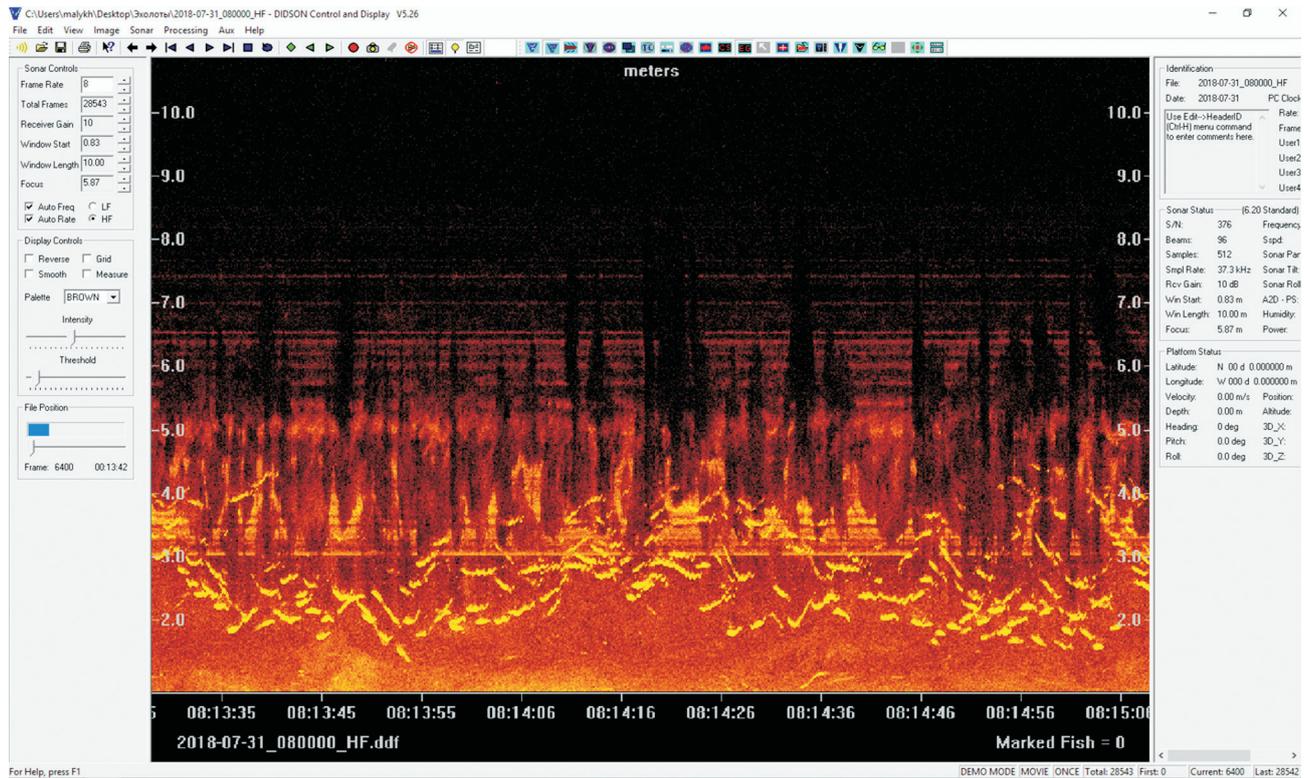


Рис. 9. Просмотр подводной обстановки в виде эхограммы
Fig. 9. The underwater environment view in the form of an echogram

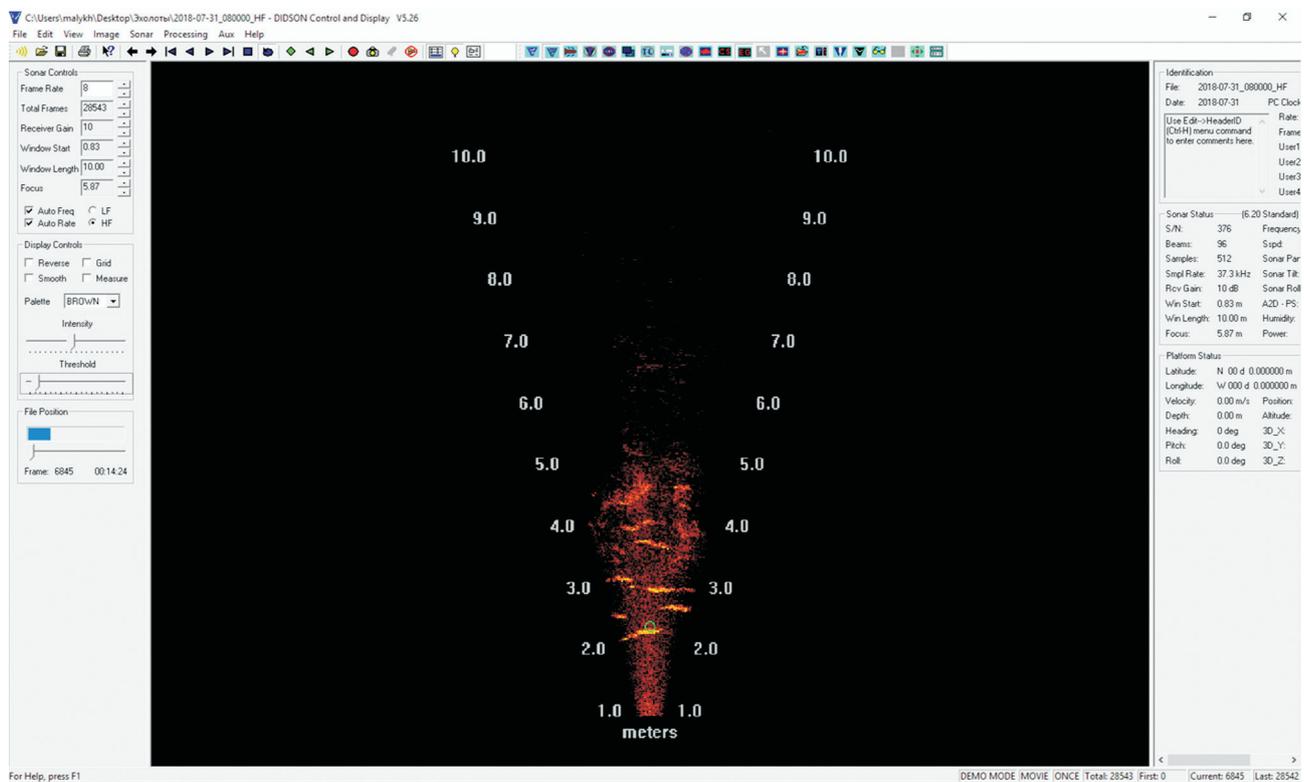


Рис. 10. Идентификация движущихся объектов в режиме видеозображения
Fig. 10. Identification of moving objects in the video mode

формируется текстовый файл с описанием каждого зарегистрированного движущегося объекта.

Результаты обработки в виде текстовых файлов объединяли в табличном процессоре Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, США) в сводные таблицы, получая динамику хода лососей в сканируемом сечении реки за каждый час работы рыбоучетных систем. Поскольку гидроакустическим методом в настоящее время сложно идентифицировать вид зарегистрированных рыб, отношение количества нерки к остальным видам лососей, прошедших через сканируемое сечение реки в 2018 г., определялось по уловам речных закидных неводов специалистами лаборатории динамики численности и совершенствования прогнозов лососевых рыб ФГБНУ «КамчатНИРО».

Для сравнительного анализа использовались данные визуального счета с РУЗ, расположенного на расстоянии 34 км выше по течению, где ежегодно осуществляются работы по визуальному учету производителей нерки. Визуальный счет нерки на рыбоучетном заграждении в 2018 г. был начат 11 июля и проводился в течение 39 дней, что позволило сравнить результаты учета пропуска производителей нерки только в период рунного хода.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Продолжительность работы рыбоучетных систем в летний сезон в 2018 г. составила 3000 ч, из них

1896 ч (79 сут) непрерывной работы рыбоучетной системы BioSonics DT-X, 1104 ч (46 сут) — звуковизора Didson. За весь период исследований сбоев в работе гидроакустических систем не возникало. За сутки работы системы BioSonics DT-X объем эхограмм в среднем составил 11,6 Гб, звуковизора Didson — 31,25 Гб. Общий объем собранных данных за весь период работ составил 2,3 Тб. За весь период работ зарегистрировано 2 374 663 рыб, в т. ч. эхолотом BioSonics DT-X — 1 млн 276 тыс. рыб, или 54% от общей регистрации гидроакустическим методом, звуковизором Didson учтено 1 млн 98 тыс. рыб (46%).

До начала визуального учета на РУЗ (с 17 июня по 10 июля) гидроакустическим методом зарегистрировано 41 375 рыб (рис. 12). С 11 июля по 18 августа на РУЗ пропущено 1 млн 511 тыс. особей нерки, за этот же период гидроакустическим методом учтено 2 млн 197 тыс. рыб, из них особей нерки — 1 млн 664 тыс. После окончания визуального учета на РУЗ (19 августа) работу на полигоне гидроакустическим методом продолжили до 3 сентября, и было дополнительно учтено 176 тыс. рыб, из них нерки — 114 тыс.

Динамика хода производителей нерки, зарегистрированной на полигоне р. Озерной гидроакустическими приборами, представлена на рисунке 13. Массовая миграция производителей, избе-

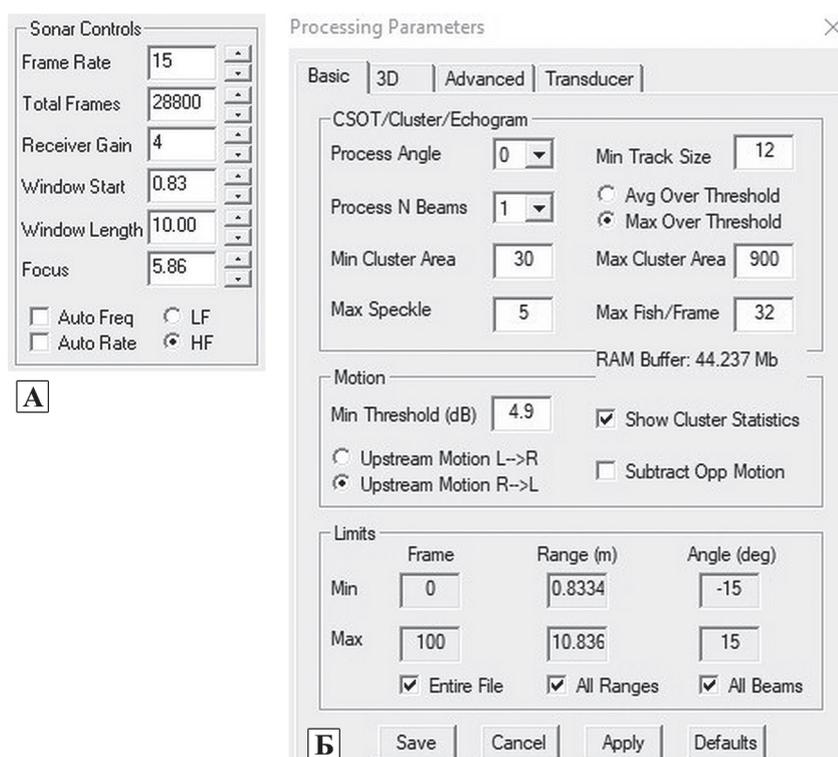


Рис. 11. Настройки звуковизора Didson для сбора (А) и обработки (Б) данных Fig. 11. Settings of Didson imaging sonar for collecting (A) and processing (B) the data

жавших пресса промысла, наблюдалась на полигоне с 15 июля по 6 августа. В рунном ходе нерки в р. Озерной, в месте расположения полигона, было выделено два периода: в первом в течение 14 суток (с 15 по 28 июля) через сканируемое сечение реки прошло 756 тыс. особей, при максимальном количестве в сутки 109,9 тыс. особей (20 июля); во втором в течение 9 суток (с 29 июля по 6 августа) зарегистрировано 669 тыс. особей с максимумом 171,6 тыс. особей в сутки (30 июля).

Результаты гидроакустического и визуального учета производителей тихоокеанских лососей в 2018 г. (рис. 12) позволяют говорить о сходимости результатов учета различными методами на р. Озерной, разнесенными по времени и расстоянию прохождения лососей через зоны регистрации.

Для сравнения данных, полученных при помощи гидроакустических приборов и визуального

учета, а также для определения временного лага на преодоление неркой дистанции между наблюдаемыми сечениями реки, был проведен анализ величины пропуска за сутки работы гидроакустических рыбоучетных систем с лагом от 0 до 6 суток по отношению к визуальному учету (рис. 14). Была выявлена линейная связь высокого уровня статистической значимости ($r = 0,982 \pm 0,998$), а также зависимость между гидроакустическим методом и результатами визуального учета (табл. 1). Графическое представление распределения коэффициента линейной корреляции каждой полученной зависимости показано на рис. 15. По результатам анализа можно заключить, что время на преодоление неркой дистанции от полигона до рыбоучетного заграждения (рис. 1) составляет от 2 до 4 дней, что согласуется с результатами исследований, проведенных в 1961 и 1985 гг. (Бугаев и др., 2009).

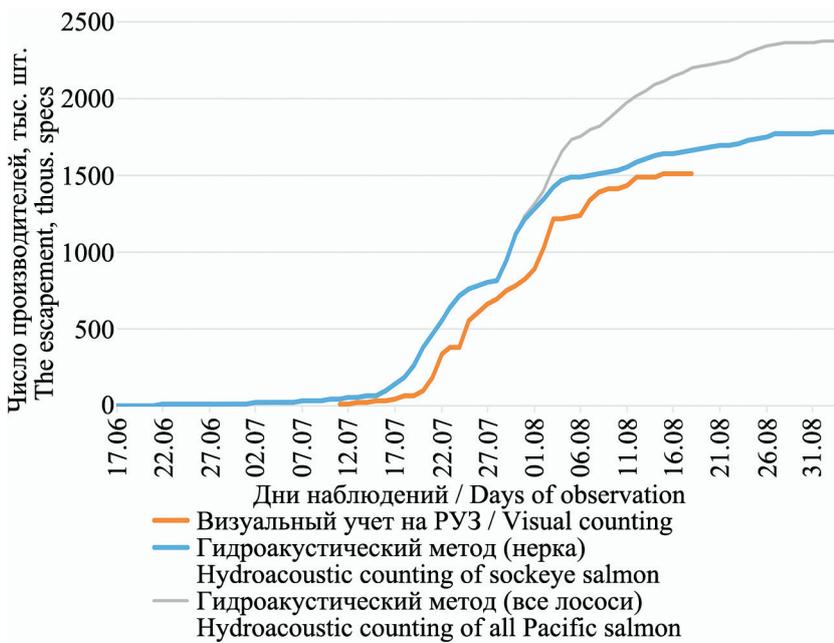


Рис. 12. Результаты гидроакустического и визуального учета производителей тихоокеанских лососей в 2018 г. (с накоплением итога)
Fig. 12. Results of the hydroacoustic and visual counting of adult Pacific salmon in 2018 (with accumulation of the total)



Рис. 13. Динамика хода производителей нерки на полигоне р. Озерной по гидроакустическим данным
Fig. 13. The dynamics of the sockeye salmon spawning run in the transducer set point on the Ozernaya River according the hydroacoustic data

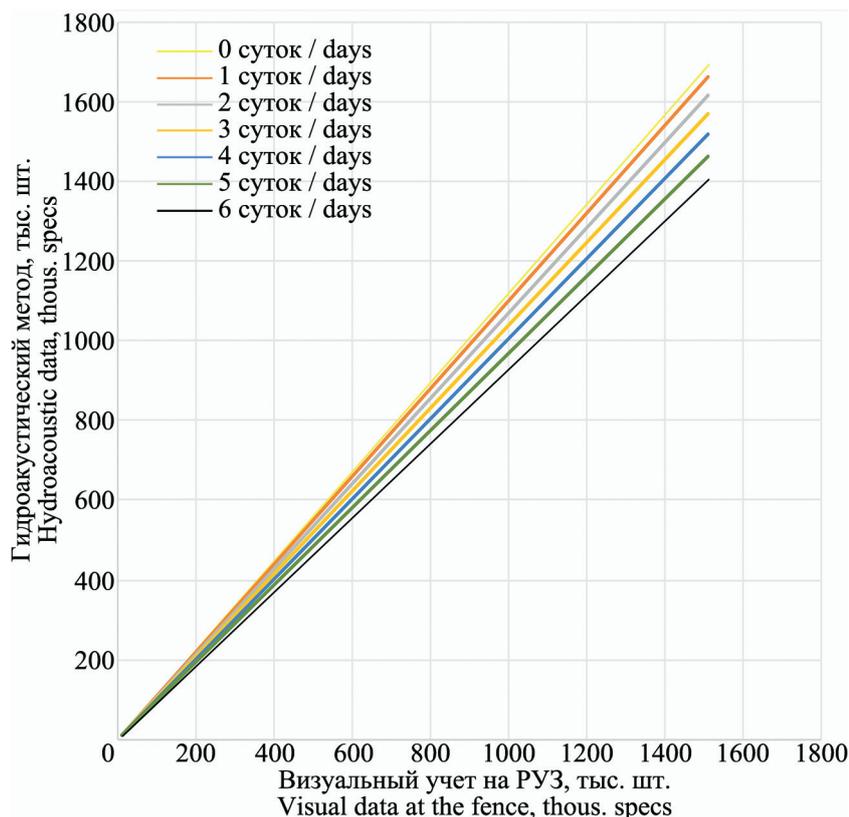


Рис. 14. Линейная связь между гидроакустическим методом и результатами визуального учета для определения временного лага между полигоном и РУЗ

Fig. 14. The linear regression between the hydroacoustic and visual data for estimation of the time lag between the transducer set point and fish count fence point

Таблица 1. Результаты статистической обработки данных
Table 1. Results of statistical data processing

Временной лаг Time lag (days)	Линейная зависимость Linear correlation	Коэффициент линейной корреляции r Linear correlation coefficient r
0 суток	$y = 1,1199x$	0,987
-1 сутки	$y = 1,0994x$	0,993
-2 суток	$y = 1,0699x$	0,997
-3 суток	$y = 1,039x$	0,998
-4 суток	$y = 1,0047x$	0,996
-5 суток	$y = 0,9681x$	0,990
-6 суток	$y = 0,9681x$	0,982

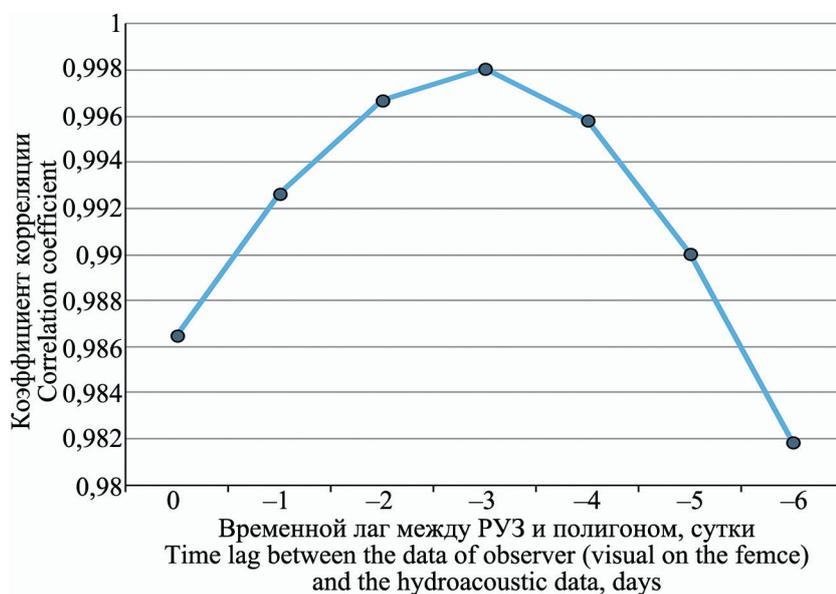


Рис. 15. График распределения коэффициента линейной корреляции r по данным табл. 1

Fig. 15. The linear correlation coefficient (r) distribution diagram on the data in the Table 1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работ в 2018 г. освоены аппаратная и программная части аналогового 2D-звуковизора Didson, выявлены его положительные и отрицательные качества и определены направления для дальнейшего использования прибора на количественной оценке тихоокеанских лососей в реках Камчатки. В 2019 г. работы по этому направлению планируется продолжить.

При существующем уровне интенсивности промысла тихоокеанских лососей основной угрозой стабильности их естественного запаса является возможность «перелова», приводящая к дефициту производителей на нерестилищах. Система управления промыслом в настоящее время основывается на оценках величины нерестовых подходов и принятии оперативных управленческих решений для реализации основополагающего принципа — приоритета пропуска перед промыслом. Внедрение гидроакустических систем для учета производителей тихоокеанских лососей позволяет оперативно решать задачи управления промыслом в части обеспечения оптимального пропуска на нерестилища производителей нерки стада р. Озерной.

Использование приборов, работающих в разных диапазонах частот и дальности обнаружения целей, позволило осуществлять сканирование всего сечения реки без потерь регистрации гидробионтов в «слепой зоне» излучателей, что дало возможность провести количественную оценку производителей тихоокеанских лососей, избежавших пресса промысла в р. Озерной, на высоком уровне статистической значимости.

Обслуживание гидроакустических рыбоучетных комплексов, применяемых для количественной оценки производителей тихоокеанских лососей на р. Озерной, не требует большого числа квалифицированных сотрудников: вполне достаточно одного–двух операторов, обеспечивающих бесперебойное электропитание и обработку получаемых материалов. Оба комплекса вполне возможно использовать на любом водотоке Камчатского края, в местах, где рельеф дна будет идентичен полигону р. Озерной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

Малых К.М., Демченко Д.В., Кондрашенков Е.Л., Коваленко М.Н. 2017. Опыт использования гидроакустических комплексов в качестве средств учета производителей тихоокеанских лососей во внутренних водоемах Камчатского края / Матер. I Нац. заоч. науч.-техн. конф. «Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации». Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 61–67.

Терминологический словарь-справочник по гидроакустике. 1989. Р.Х. Бальян, Э.В. Батаногов, А.В. Богородский и др. Л.: Судостроение. 368 с.

Enzenhofer H.J., Cronkite G. 2005. A simple adjustable pole mount for deploying Didson and split-beam transducers. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 2570. 14 p.

Holmes J.A., Cronkite G., Enzenhofer H., Mulligan T. 2006. Accuracy and precision of fish-count data from a “dual-frequency identification sonar” (DIDSON) imaging system // *ICES Journal of Marine Science*. Vol. 63. P. 543–555.

REFERENCES

Bugaev V.F., Maslov A.V., Dubynin V.A. *Ozernovskaya nerka (biology, abundance, fishery)* [Sockeye Salmon of the Ozernaya River (Life history, abundance, utilization)]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2009, 156 p.

Malykh K.M., Demchenko D.V., Kondrashenkov E.L., Kovalenko M.N. Experience of using hydroacoustic systems for stock assessment of Pacific Salmons in the rivers of Kamchatka. Abstracts of I scientific and technical conference “Innovative development of the fish industry In the context of food security Security of the Russian Federation”. Vladivostok: Dalrybvtuz, 2017, pp. 61–67. (In Russian)

Terminologicheskii slovar-spravochnik po gidroakustike (sost. Balyan R.K. i dr.) [Hydroacoustic Terminology Dictionary Shipbuilding (comp. Balyan R.K. etc.)]. Leningrad: Sudostroyeniye, 1989, 368 p.

Enzenhofer H.J., Cronkite G. A simple adjustable pole mount for deploying Didson and split-beam transducers. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 2005, vol. 2570, 14 p.

Holmes J.A., Cronkite G., Enzenhofer H., Mulligan T. Accuracy and precision of fish-count data from a “dual-frequency identification sonar” (DIDSON) imaging system. *ICES Journal of Marine Science*, 2006, vol. 63, pp. 543–555.

Статья поступила в редакцию: 29.10.2018

Статья принята после рецензии: 06.02.2019

УДК 597.553.2:556.53(265.53)

DOI: 10.15853/2072-8212.2020.56.74-83

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ И ПРОМЫСЛОВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИЖУЧА *ONCORHYNCHUS KISUTCH* (WALBAUM) В МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

В.В. Волобуев, М.Н. Горохов, А.М. Коршукова, Д.В. Макаров



Советник, к. б. н.; рук. филиала; н. с.; н. с.; Магаданский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («МагаданНИРО») 685000 Магадан, Портовая, 36/10. Тел./факс: 8 (4132) 607-415
E-mail: volobuev@magadanniro.ru; Salmon_magniro@mail.ru

КИЖУЧ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА, СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ, НЕРЕСТОВЫЕ ПОДХОДЫ, ПРОМЫСЕЛ, ПРОПУСК НА НЕРЕСТИЛИЩА

Приведены сведения об особенностях биологической структуры кижуча, рассмотрены вопросы динамики численности подходов, промыслового использования и пропуска производителей на нерестилища. Показана роль кижуча как объекта промысла и рекреационного рыболовства.

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS, STOCK CONDITION AND COMMERCIAL USE OF COHO SALMON *ONCORHYNCHUS KISUTCH* (WALBAUM) IN MAGADAN REGION AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY

Vladimir V. Volobuev, Maksim N. Gorokhov, Anna M. Korshukova, Daniil V. Makarov

Advisor, Ph. D. (Biology); Head of Branch; Researcher; Researcher; Magadan Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography "MagadanNIRO" 685000 Magadan, Portovaya, 36/10. Tel.: +7 (4132) 607-415
E-mail: volobuev@magadanniro.ru; Salmon_magniro@mail.ru

COHO SALMON, BIOLOGICAL STRUCTURE, STATE OF STOCKS, SPAWNING RETURNS, FISHING, ESCAPEMENT TO SPAWNING GROUNDS

The information about of the features of the biological structure of coho salmon is provided, the issues of the dynamics of spawning runs, commercial use and adult escapement for spawning grounds are considered. The importance of coho salmon as commercial or recreational fishery object is demonstrated.

Кижуч в Магаданской области является второстепенным объектом промысла. Добывается он в основном в качестве прилова при промысле поздней формы кеты. Его доля в общих уловах тихоокеанских лососей в 2001–2018 гг. колебалась от 0,4 до 6,5, в среднем составила 2,7%. Однако, несмотря на сравнительно небольшую долю в общих уловах лососей, кижуч является важным объектом промысла и особую популярность имеет в рекреационном рыболовстве. Отмечен рост запасов североохотоморского кижуча после 2005 г. с максимумом нерестовых подходов в 2014 г.

В отношении изучения биологии кижуча Магаданской области имеется сравнительно немного публикаций. По сравнению с другими видами, кижуч начал исследоваться гораздо позднее более массовых видов лососей — горбуши и кеты. Первые публикации были посвящены изучению морфоэкологических особенностей, биологической структуры популяций и условий воспроизводства (Волобуев, Рогатных, 1982а, б, 1997). В нескольких работах дана характеристика биологии мо-

лоди, запасов, динамики численности и биологической структуры взрослого кижуча уже в начале второго десятилетия XXI века (Макаров, 2011, 2012; Волобуев и др., 2012а; Марченко и др., 2013). В последние годы публикации по кижучу Магаданского региона отсутствовали. Цель настоящей публикации — представить данные об изменениях биологических показателей и динамики численности кижуча, произошедших в первые два десятилетия XXI века, и его современном состоянии запасов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для работы использован материал, собранный в 2001–2018 гг. Сбор осуществлялся на реках Гижига, Наяхан, Б. Гарманда, Яма, Ола, Армань, Яна, Тауй, Улукан. Ежегодно проводились полные биологические анализы (ПБА) кижуча в период его анадромной миграции. Объем одной стандартной выборки ПБА составлял 100 экз., всего за сезон на каждой из рек выполнялось от 1 до 5–6 выборок (Правдин, 1966). Всего анализу подвергнуто более

17,5 тыс. экз. проходного кижуча. Сведения о вылове кижуча по Магаданской области получены из Охотского территориального управления Росрыболовства. Данные об уловах кижуча по Охотскому району Хабаровского края взяты из сводок об уловах, представленных ФГБНУ «ТИНРО-Центр». Оценку пропусков кижуча на нерестилища выполняли методом авиамониторинга (Евзоров, 1970; Мордовин, 2009; Волобуев и др., 2012б). Авиачеты численности производителей лососей проводили на самолетах типа Ан-2 и «Альбатрос» Л-42. Численность подходов определяли в результате суммирования данных о вылове и пропуске рыб на нерестилища.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Биологическая характеристика

После выхода из нерестовых бугров кижуч от одного до трех лет обитает в реках, затем скатывается в море. Основная масса молоди кижуча скатывается в море в возрасте после 1 и 2 лет жизни в реках. Период морской жизни длится в основном один год, затем кижуч возвращается во взрослом состоянии в реки на нерест. Однако часть особей в поколениях может скатываться в море в возрасте сеголетка (0+) (Волобуев, Рогатных, 1982а), и небольшая доля рыб может задерживаться на нагуле в море до 2 лет (2.2) (табл. 1).

Рыбы возрастной группы 1.0+ представлены скороспелыми самцами, так называемыми каюрками. Численность их в популяциях кижуча Магаданской области невелика, менее 2%; такие рыбы встречаются в уловах единично, обычно во второй половине нерестового хода. Так, в 2018 г. в р. Тауй доля каюрок составила 1,0% (5 экз. на выборку из 467 рыб). В уловах они стали встречаться с 30 августа по 8 сентября. В р. Ола доля каюрок составила 1,8% (15 экз. на выборку из 817 рыб). В уловах они встречались с 21 августа по 12 сентября. После годичного пребывания в реке рыбы, развивающиеся по типу каюрок, на несколько летних месяцев выходят в морское побережье и затем в зрелом состоянии возвращаются в реку на нерест. Все каюрки имели стадию зрелости гонад III или III–IV. Длина их колебалась от 33 до 54 см, масса тела — от 495 до 2015 г. Минимальные длина и масса каюрок отмечены в 2013 г.: 28 см и 320 г. Все каюрки имели возраст 1.0+.

В некоторых реках на Камчатке доля каюрок может достигать 22% (Мешкова и др., 2004), на Северных Курилах — до 8,7% (Гриценко и др., 2000). На североамериканском побережье Тихого океана такие мелкие скороспелые особи также встречаются в популяциях кижуча, их называют джеками (Foerster, Ricker, 1953; Anderson, Narver,

Таблица 1. Возрастной состав кижуча Магаданской области в 2001–2018 гг., %
Table 1. The age composition of coho salmon in the Magadan Region in 2001–2018, %

Годы подходов Year of run	Возрастные группы / The age groups					n
	1.0+	1.1+	2.1+	2.2+	3.1+	
2001	0,1	26,6	68,9	1,2	3,0	1159
2002	4,8	30,7	61,3	0,2	3,0	589
2003	–	16,5	78,3	–	5,2	1204
2004	–	8,8	80,0	–	11,2	1008
2005	–	13,1	80,2	–	6,7	1414
2006	–	19,9	75,1	–	5,0	413
2007	–	18,7	71,6	–	9,7	412
2008	–	15,9	76,7	–	7,4	646
2009	–	19,0	74,2	–	6,8	678
2010	–	3,8	93,8	–	2,4	634
2011	–	9,9	88,0	–	2,1	1002
2012	–	35,5	63,3	–	1,2	1288
2013	0,4	27,0	70,6	0,3	1,7	1927
2014	–	27,5	71,6	–	0,8	1659
2015	–	26,0	70,4	–	3,6	800
2016	–	42,1	57,5	–	0,4	544
2017	–	22,3	73,2	–	4,5	731
2018	1,7	37,0	59,9	–	1,4	1428
Среднее / Mean	0,4	22,2	73,0	0,1	4,3	17 536

1975; Fraser et al., 1983). В некоторых реках штата Вашингтон их доля может достигать 27% (Salo, Bayliff, 1958), в штате Орегон — до 46% (Morgan, Henry, 1959).

Основная масса проходного кижуча в Магаданской области созревает в возрасте 2.1+ (до 80%), к субдоминантной группе относятся рыбы возрастной группы 1.1+, к редким возрастным группам — двухлетки (1.0+) и пятилетки (2.2+, 3.1+) (табл. 1). То есть преобладают рыбы, проводящие в реках до ската в море 2 года. В популяциях кижуча материкового побережья Охотского моря число возрастных групп может достигать 9. У камчатского кижуча их встречается до 8 (Зорбиди, 1990).

Рассмотрим основные биологические параметры кижуча, обитающего в Магаданской области.

С 2001 по 2018 гг. длина кижуча колебалась от 28 до 82 см, среднегодовые показатели длины изменялись от 61,0 до 68,2 см, среднемноголетняя длина составила 64,0 см. Масса тела варьировала от 0,32 до 8,55 кг, среднегодовые показатели колебались в пределах 3,04–4,35 кг, среднемноголетняя масса составила 3,48 кг (табл. 2). Абсолютная плодовитость варьировала от 1265 до 9056 икр. По отдельным годам ее величина изменялась от 3272 до 5244 икр. В среднемноголетнем аспекте ее величина составила 4312 икр. Доля самок по годам изменялась в широком диапазоне (39,3–52,4%), составив в среднем 47,1%.

На охотоморском побережье Магаданской области существует только ранняя (летняя) форма кижуча. Сроки нерестовой миграции североохотоморского кижуча совпадают со сроками хода

Таблица 2. Основные биологические показатели кижуча Магаданской области в 2001–2018 гг.
Table 2. The major biological characteristics of coho salmon in the Magadan Region in 2001–2018

Год Year	Биологические показатели Biological characteristics				n
	Длина по Смитту, см AC body length, cm	Масса тела, кг Body weight, kg	Абсол. плод-ть, икр. Absolute fecundity, eggs	Доля самок, % Part of females, %	
2001	67,6±0,1	4,24±0,03	5244±43	51,8	1141
	36,0–80,0	0,67–7,35	1740–8579		
2002	68,2±0,2	4,35±0,05	4909±64	42,5	654
	31,0–82,1	0,37–8,55	1988–8184		
2003	67,0±0,2	4,13±0,04	4280±55	46,8	716
	47,5–81,0	1,33–7,42	1980–7159		
2004	63,5±0,2	3,54±0,03	4633±40	43,3	1008
	44,0–77,5	1,12–6,21	1778–7812		
2005	64,0±0,1	3,52±0,02	4810±39	48,9	1424
	42,0–76,0	0,90–5,94	1593–9056		
2006	65,4±0,2	3,64±0,05	4724±91	48,9	403
	52,0–79,0	1,65–7,11	2090–9044		
2007	62,3±0,2	3,26±0,03	3645±77	52,4	412
	48,0–74,0	1,46–5,53	1284–7359		
2008	62,9±0,2	3,19±0,04	4349±54	41,5	646
	42,5–79,0	0,87–6,79	1960–7903		
2009	65,9±0,2	3,58±0,03	4041±49	44,4	865
	43,0–78,0	0,99–7,03	1565–8510		
2010	63,7±0,2	3,08±0,03	3272±57	39,3	634
	45,0–75,0	1,04–5,71	1668–6138		
2011	65,0±0,1	3,49±0,02	4499±50	47,2	1002
	42,0–76,0	0,90–5,79	1476–8800		
2012	62,1±0,2	3,11±0,03	3740±46	51,2	1289
	40,5–77,5	0,79–7,24	1287–7740		
2013	63,9±0,1	3,55±0,02	4544±37	45,0	1924
	28,0–77,5	0,32–6,38	1279–7668		
2014	63,7±0,1	3,29±0,02	4006±43	44,3	1659
	32,0–78,0	0,54–6,30	1310–7769		
2015	62,4±0,1	3,18±0,02	4183±61	48,1	800
	39,5–75,5	1,11–5,36	2436–7755		
2016	61,0±0,2	3,04±0,03	3890±87	48,3	544
	38,5–72,0	0,75–5,45	1471–7758		
2017	63,8±0,2	3,45±0,03	3687±58	50,1	728
	43,0–77,0	1,05–6,59	1265–7178		
2018	61,7±0,1	3,12±0,02	4186±39	51,8	1428
	33,5–77,5	0,59–6,23	1791–6834		
Среднее за (mean for) 2001–2018 гг.	64,0±0,01 28,0–82,1	3,48±0,01 0,32–8,55	4312±13 1265–9056	47,1	17277

кижуча летней формы, воспроизводящейся в других районах нативного ареала. На Чукотке, Камчатке и Сахалине имеется и поздняя форма (раса) кижуча с осенним и даже зимним нерестовым ходом на нерест и нерестом (табл. 3).

При рассмотрении изменения размерно-весовых показателей кижуча в широтном направлении, в пределах Магаданской области, прослеживается клинальная изменчивость этих показателей: размер и масса кижуча увеличиваются в направлении с севера-востока на юго-запад (табл. 4).

При рассмотрении размерно-весовых показателей кижуча из разных участков азиатского ареала можно отметить, что происходит их увеличение с севера на юг (табл. 5). Наиболее крупный кижуч обитает в Охотском районе Хабаровского края (р. Кухтуй) и в р. Тымь на Сахалине. Кижуч Магаданской области характеризуется средними размерно-весовыми показателями на фоне аналогичных показателей остальных регионов Дальнего Востока. Наименьшими размерно-весовыми показателями характеризуется кижуч Чукотки и Северо-Западной Камчатки.

Таблица 3. Сроки анадромной миграции кижуча разных районов воспроизводства
Table 3. The time of the anadromous migration of coho salmon in different areas of reproduction

Регион Region	Сроки нерестового хода / Spawning run			Источники Sources
	Начало хода Beginning	Рунный ход Peak	Конец хода End	
Летний ход / Summer run				
Северное побережье Охотского моря The northern coast of the Sea of Okhotsk	Конец июля – начало августа Late July – early August	Конец августа – I декада сентября Late August – the 1 st decade of September	Конец сентября – начало октября Late September – early October	Рогатных, Волобуев, 1987; Черешнев и др., 2002
Восточное побережье Камчатки Eastern Kamchatka	Середина июля Mid July	III декада июля – начало августа The 3 rd decade of July – early August	Конец сентября Late September	Грибанов, 1948; Зорбиди, 1990
Западное побережье Камчатки Western Kamchatka	Конец июля Late July	Вторая половина августа The last half of August	Начало октября Early October	Грибанов, 1948; Зорбиди, 1990
Сахалин Sakhalin	Середина июля – начало августа Mid July – early August	Конец августа – I декада сентября Late August – the 1 st decade of September	Конец сентября – начало октября Late September – early October	Грибанов, 1948
Юго-Восточная Аляска South-Eastern Alaska	Начало июля Early July	Начало августа – начало сентября Early August – early September	–	Sandercock, 1991
Британская Колумбия British Columbia	Начало июля Early July	Начало августа – начало сентября Early August – early September	–	Sandercock, 1991
Осенний ход / Autumn run				
Чукотка Chukotka	I декада сентября The 1 st decade of September	II–III декада сентября The 2 nd and the 3 rd decades of September	Начало октября Early October	Черешнев и др., 2002
Камчатка Kamchatka	I декада сентября The 1 st decade of September	Середина октября Mid October	Декабрь, январь December, January	Зорбиди, 1990; Шевляков и др., 2015
Сахалин Sakhalin	I декада сентября The 1 st decade of September	Середина октября Mid October	Декабрь December	Грибанов, 1948; Смирнов, 1960; Гриценко, 1973

Таблица 4. Изменение средних размерно-весовых характеристик кижуча в Магаданской области в широтном направлении, 2003 г.
Table 4. The changes in the average body length and weight of coho salmon in the Magadan Region in the latitude consequence, 2003

Река / River	Длина по Смитту, см / AC body length, cm	Масса тела, кг / Body weight, kg	n
Гижига / Gizhiga	64,3	3,63	13
Б. Гарманда / B. Garmanda	62,8	3,39	11
Яма / Yama	64,1	3,65	331
Ола / Ola	65,7	3,73	284
Яна / Yana	68,5	4,31	180
Тауй / Taui	69,5	4,54	385

Подходы, вылов и пропуск на нерест

Динамика нерестовых подходов кижуча в Магаданскую область представлена на рис. 1. Можно заметить, что до 2006 г. численность его подходов не превышала 80 тыс. рыб. Начиная с 2006 г., наблюдается рост численности возвратов по 2008 г. с подходами до 160 тыс., затем некоторое снижение уровня до 100–130 тыс. рыб. С 2014 г. начался очередной подъем численности нерестовых возвратов с максимумом 223 тыс. рыб (2014 г.). При рассмотрении динамики подходов по районам промысла видно, что основная масса кижуча подходит к рекам Тауйской губы, его подходы к рекам Ямской губы в последние годы составили порядка 15–20% от общей величины подходов.

На материковом побережье Охотского моря численность кижуча снижается в направлении с юго-запада на северо-восток. Судить об этом можно по уловам кижуча на северо-восточном и юго-западном участках материкового побережья Охотского моря. В Охотском районе Хабаровского края вылов кижуча в начале 2000-х годов был в среднем в 2,5 раза выше, чем в Магаданской области (табл. 6).

В целом следует отметить, что за рассматриваемый период рост запасов кижуча наблюдается как в Магаданской области, так и в Охотском районе Хабаровского края, начиная с 2007 г. По отношению к началу 2000-х годов (2003–2004), вылов кижуча на материковом побережье в 2015–

Таблица 5. Средние размерно-весовые характеристики азиатского кижуча
Table 5. The average body length and weight of Asian coho salmon

Район обитания / Reproduction area	Длина по Смитту, см AC body length, cm	Масса тела, кг Body weight, kg	Источник / Source
Восточная Чукотка Eastern Chukotka	60,6	2,73	Черешнев, Агапов, 1992
Центральная Чукотка, р. Анадырь Central Chukotka, Anadyr R.	59,3	2,75	Агапов, 1941
Северо-Восточная Камчатка Northeastern Kamchatka	60,6	3,34	Зорбиди, 2010
Северо-Западная Камчатка Northwestern Kamchatka	58,3	2,75	Зорбиди, 2010
Северные Курилы, о. Уруп, оз. Токотан Northern Kuriles, Urup Isl., Tokotan L.	64,7	3,51	Ведищева, 2012
Магаданская область Magadan Region	64,0	3,48	Наши данные Author's data
Хабаровский край, Охотский район, р. Кухтуй Khabarovsk Territory, Okhotsky district, Kukhtuy R.	65,0	4,05	Зорбиди, 2010
О. Сахалин, р. Тымь Sakhalin Isl., Tym R.	70,1–75,3	4,33–4,87	Гриценко, 2002

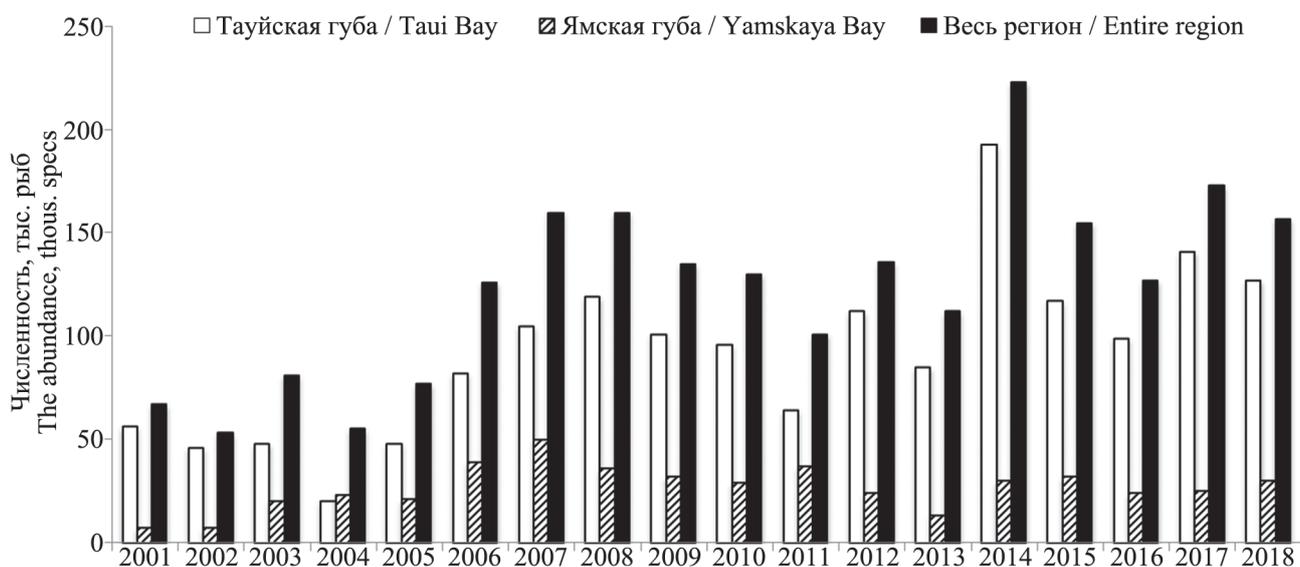


Рис. 1. Подходы кижуча в Магаданской области в 2001–2018 гг.
Fig. 1. The runs of coho salmon in the Magadan Region in 2001–2018

2018 гг. увеличился в 3,1–5,2 раза. В Магаданской области вылов кижуча по отношению к 2003–2004 гг. возрос в последние годы (2014–2018) в 2,5–3,8 раза.

Для спортивно-любительского лова в Магаданской области ежегодно выделяется от 28 до 64 т, в среднем 44,8 т. Фактическое освоение ресурса этой категорией пользователей достигает

98,5%, в среднем 76,5%. Доля рекреационного рыболовства от общего вылова кижуча по региону в отдельные годы достигает 55%, но в среднем эта величина составляет около четверти от общих объемов — 25,6% (табл. 7).

Динамика промысловых уловов кижуча в целом показывает рост с 2005 г. с максимумом добычи в 2014 г. до 83 тыс. рыб, или 272 т (рис. 2).

Таблица 6. Вылов кижуча на материковом побережье Охотского моря в 2003–2018 гг., т
Table 6. The catch of coho salmon on the continental coast of the Sea of Okhotsk in 2003–2018, t

Регион Region	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Средне- многолетняя Average annual
Магаданская область Magadan	83	60	70	83	135	103	165	141	150	197	109	272	242	182	204	197	149,6
Хабаровский край, Охотский район Khabarovsk Territory, Okhotsky district	164	211	80	130	406	209	306	204	330	171	249	384	604	645	1157	773	376,4
Все побережье The coast in the whole	247	271	150	213	541	312	471	345	480	368	358	656	846	827	1361	970	526,0

Таблица 7. Вылов кижуча в Магаданской области в рекреационных целях
Table 7. The catch of coho salmon in the Magadan Region for the recreational purposes

Квоты, освоение Quotas, realized	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Средн. Mean
Выделенная квота, т Allocated quota, t	28,0	39,5	48,0	57,0	55,0	64,0	47,7	52,5	46,0	38,0	52,0	47,0	37,5	29,0	31,0	44,8
Фактический вылов, т In-fact catch, t	25,0	38,9	24,8	49,8	45,0	44,0	28,9	40,3	26,6	33,3	42,2	40,3	26,7	21,7	23,1	34,0
Освоение, % Realized, %	89,3	98,5	51,7	87,4	81,8	68,8	60,6	76,8	57,8	87,6	81,2	85,7	71,2	74,8	74,5	76,5
Доля от общего вылова, % Part in the total catch, %	30,1	55,6	29,9	36,9	43,7	26,7	20,5	26,9	13,5	30,5	15,5	16,7	14,7	10,6	11,7	25,6

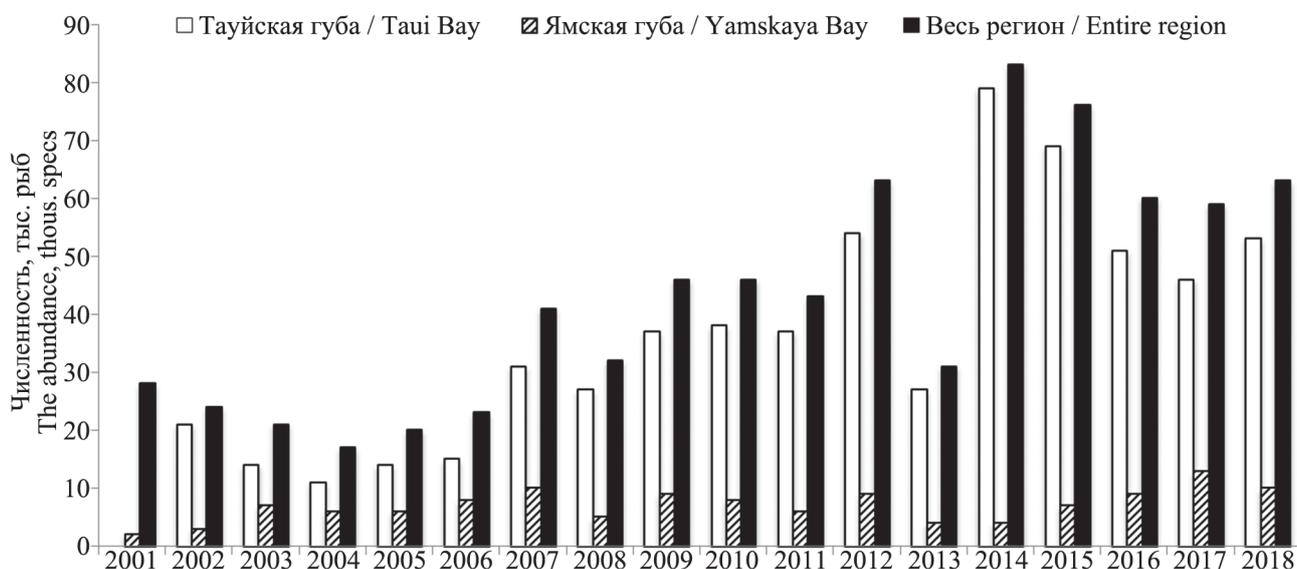


Рис. 2. Вылов кижуча в Магаданской области в 2001–2018 гг.
Fig. 2. The catch of coho salmon in the Magadan Region in 2001–2018

Основной вылов кижуча приходится на Тауйскую губу — до 80–90%.

Пропуск производителей кижуча на нерест показан на рис. 3. Оптимум пропуска производителей на нерестилища определен в 90 тыс. рыб. Учитывая погрешности определений численности и пропуска, за период 2001–2018 гг. эта величина была достигнута в пяти случаях из восемнадцати, в двух случаях (2009 и 2010 гг.) она вплотную приблизилась к этому уровню: соответственно 85 и 87 тыс. рыб. То есть можно сказать, что оптимальные уровни пропуска рыб на нерест составили около 40% в рассматриваемый отрезок времени, что, по-видимому, недостаточно для осуществления расширенного воспроизводства вида. За 2014–2018 гг. средняя численность пропущенных на нерест производителей кижуча достигла 89,4 тыс. рыб.

Если сравнить вклад в воспроизводство каждого из районов промысла, то можно заметить, что наименьший вклад в естественное воспроизводство кижуча (по количеству пропущенных на нерестилища производителей) в Магаданской области вносят реки Гижигинской губы, максималь-

ный — Тауйской губы (Ольский и Тауйский районы): около 69% (табл. 8).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кижуч в Магаданской области имеет значение как промысловый вид: он прилавливается при добыче поздней формы кеты и является популярным объектом рекреационного рыболовства. Отмечена клинальная изменчивость размерно-весовых характеристик охотоморского кижуча: эти показатели возрастают в направлении с северо-востока на юго-запад. По основным биологическим характеристикам кижуч Магаданской области занимает промежуточное положение между северными и южными популяциями на азиатском участке ареала. В возрастной структуре преобладают рыбы с двумя пресноводными годами жизни. Отмечен устойчивый рост запасов кижуча с 2005 г. К концу второго десятилетия XXI века подходы его достигли 160–170 тыс. рыб. Основные запасы кижуча сосредоточены в реках Тауйской губы, где добывается до 80% от его общего вылова в регионе. Вылов кижуча по сравнению с 2003–2004 гг. в последние годы возрос в 2,5–3,8 раза. За 2014–

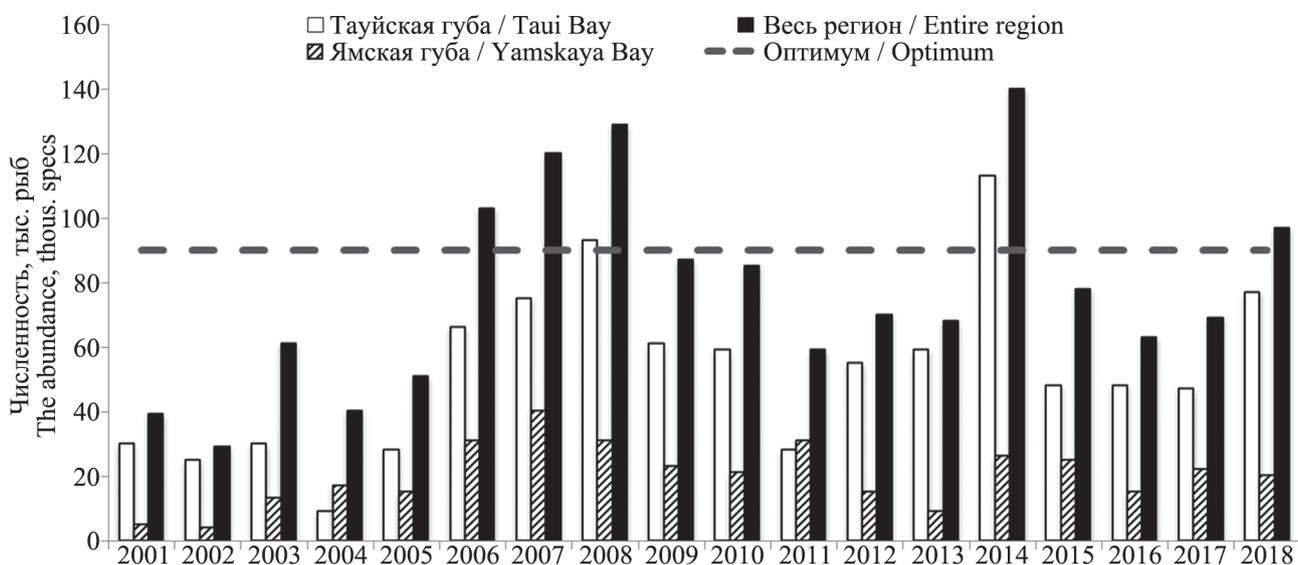


Рис. 3. Пропуск кижуча на нерестилища в реки Магаданской области в 2001–2018 гг.

Fig. 3. The escapement of coho salmon for the spawning grounds in the rivers of the Magadan Region in 2001–2018

Таблица 8. Вклад в воспроизводство кижуча отдельных районов промысла, тыс. рыб, %

Table 8. The contribution into the coho salmon reproduction stock by districts of commercial fishing, thous. specs

Район воспроизводства Reproduction district	Годы наблюдений Years of observations	Всего учтено производителей, тыс. рыб Adult stock recorded, thous. specs	Вклад в воспроизводство каждого района, % Contribution, %
Гижигинский / Gizhiginsky	2001–2018	94	6,6
Ямский / Yamsky	2001–2018	344	24,2
Ольский / Olsky	2001–2018	255	18,0
Тауйский / Tauisky	2001–2018	726	51,2
Все районы / All districts	2001–2018	1419	100

2018 гг. средняя численность пропущенных на нерест производителей кижуча составила 89,4 тыс. рыб, однако оптимум достигнут только в двух случаях из пяти. Главным районом естественного воспроизводства кижуча в Магаданской области является Тауйская губа, где воспроизводится более 69% кижуча. Численность подходов кижуча в Магаданскую область за рассматриваемый промежуток времени возросла в 2,5–3,0 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агапов И.Д. 1941. Рыбы и рыбный промысел Анадырского лимана // Тр. науч.-исслед. ин-та полярного земледелия, животноводства и пром. хоз-ва. Сер. «Пром. хоз-во». Вып. 16. С. 73–113.
- Ведищева Е.В. 2012. Рыбы Курильских островов. Род *Oncorhynchus* — тихоокеанские лососи Северных Курильских островов. М.: ВНИРО. 384 с.
- Волобуев В.В., Марченко С.Л., Волобуев М.В., Макаров Д.В. 2012а. Тихоокеанские лососи в экосистемах лососевых рек государственного заповедника «Магаданский» // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 26. Ч. 1. С. 75–89.
- Волобуев В.В., Мордовин А.И., Голованов И.С. 2012б. О методах количественного учета тихоокеанских лососей, применяемых в Магаданской области / Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление: матер. Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО». С. 296–301.
- Волобуев В.В., Рогатных А.Ю. 1982а. Некоторые данные о структуре популяций кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря / В сб.: Биология пресноводных животных Дальнего Востока. Владивосток. С. 64–68.
- Волобуев В.В., Рогатных А.Ю. 1982б. Эколого-морфологическая характеристика кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря // Вопр. ихтиологии. Т. 22. Вып. 6. С. 974–980.
- Волобуев В.В., Рогатных А.Ю. 1997. Условия воспроизводства лососей рода *Oncorhynchus* материкового побережья Охотского моря // Вопр. ихтиологии. Т. 37. № 5. С. 612–618.
- Грибанов В.И. Кижуч (*Oncorhynchus kisutch* (Walb.)) (биологический очерк) // Изв. ТИНРО. 1948. Т. 28. С. 43–101.
- Гриценко О.Ф. 1973. Биология симы и кижуча Северного Сахалина. М.: ВНИРО. 40 с.
- Гриценко О.Ф. 2002. Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел). М.: ВНИРО. 248 с.
- Гриценко О.Ф., Богданов М.А., Стыгар В.М., Ковнат Л.С. 2000. Водные биологические ресурсы Северных Курильских островов. М.: ВНИРО. 163 с.
- Евзеров А.В. 1970. К методике аэровизуального учета // Изв. ТИНРО. Т. 71. С. 199–204.
- Зорбиди Ж.Х. 1990. Сезонные расы у кижуча *Oncorhynchus kisutch* // Вопр. ихтиологии. Т. 30. Вып. 1. С. 31–40.
- Зорбиди Ж.Х. 2010. Кижуч азиатских стад. Изд-во КамчатНИРО. 306 с.
- Макаров Д.В. 2011. Динамика численности и биологическая структура популяций североохотоморского кижуча в 2000–2010 гг. // Бюлл. № 6 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 97–103.
- Макаров Д.В. 2012. Биология молоди кижуча реки Яма (северное побережье Охотского моря) / Матер. докл. отчетной сессии ФГУП «МагаданНИРО» по рез. науч. исслед. 2011 г. Магадан: МагаданНИРО. С. 47–53.
- Марченко С.Л., Волобуев В.В., Макаров Д.В. 2013. Биологическая структура кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 29. С. 70–83.
- Мешкова М.Г., Смирнов Б.П., Введенская Т.Л., Зорбиди Ж.Х. 2004. Особенности биологии кижуча *Oncorhynchus kisutch* Walbaum (Salmonidae) озера Большой Виллой // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 7. С. 171–180.
- Мордовин А.И. 2009. О методах учета водных биологических объектов: история вопроса, применяемые и перспективные методы // Сб. науч. тр. МагаданНИРО. Вып. 3. С. 182–191.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть. 376 с.
- Рогатных А.Ю., Волобуев В.В. 1987. О распределении кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) в связи с особенностями формирования его ареала // Биол. науки. № 7. С. 53–61.
- Смирнов А.И. 1960. К характеристике биологии размножения и развития кижуча *Oncorhynchus*

kisutch (Walb.) // Вестник Моск. ун-та. Сер. 6. № 1. С. 9–20.

Черешнев И.А., Агапов А.С. 1992. Новые данные по биологии малоизученных популяций и видов тихоокеанских лососей Северо-Востока Азии / Популяционная биология лососей Северо-Востока Азии. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 5–41.

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

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

Anderson D.C., Narver D.W. 1975. Fish populations of Carnation Creek and other Barkley Sound streams. Fish. Res. Board Can. Ms. Rep. Ser. No. 1351. 73 p.

Foerster R.E., Ricker W.E. 1953. The coho salmon of Cultus Lake and Sweltzer Creek // J. Fish. Res. Board Can. No. 10. P. 293–319.

Fraser F.J., Perry E.A., Lightly D.T. 1983. Big Qualicum River salmon development project // Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. Vol. 1. P. 1189–1198.

Morgan A.R., Henry K.A. 1959. The 1955-56 silver salmon run into the Ten miles Lakes system // Res. Briefs Fish. Comm. Oreg. Vol. 7 (1). P. 57–77.

Salo E.O., Bayliff W.H. 1958. Artificial and natural production of silver (*Oncorhynchus kisutch*) at Minter Creek, Washington // Res. Bull. Wash. Deep Fish. No. 4. 76 p.

Sandercock F.K. 1991. Life History of Coco Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Pacific Salmon Life Histories. UBC Press. Vancouver. P. 397–445.

REFERENCES

Agapov I.D. Fish and fishery of the Anadyr estuary. *Trudy nauch. in-ta of Polar agriculture, animal husbandry and prom. households, Ser. "Prom. Host."*, 1941, issue 16, pp. 73–113. (In Russian)

Vedischeva E.V. *Ryby Kuril'skikh ostrovov. Rod Oncorhynchus – tikhookeanskiye lososi severnykh Kuril'skikh ostrovov* [Fishes of the Kuril Islands. The genus *Oncorhynchus* – Pacific salmon of the Northern Kuril Islands]. Moscow, VNIRO, 2012, 384 p. (In Russian)

Volobuev V.V., Rogatnykh A.Y. Some data on the structure of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) populations of the Continental Coast of the Sea of Okhotsk. *Biologiya presnovodnykh zhivotnykh*

Dalnego Vostoka [Biology of freshwater animals of the Far East]. Vladivostok, 1982, pp. 64–68. (In Russian)

Volobuev V.V., Rogatnykh A.Y. Ecological and morphological characteristics of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) of the Continental Coast of the Sea of Okhotsk. *Voprosy Ichthyologii*, 1982, vol. 22, no. 6, pp. 974–980. (In Russian)

Volobuev V.V., Rogatnykh A.Y. Reproduction conditions of salmon of the genus *Oncorhynchus* on the Continental Coast of the Sea of Okhotsk. *Voprosy Ichthyologii*, 1997, vol. 37, no. 5, pp. 612–618. (In Russian)

Volobuev V.V., Marchenko S.L., Volobuev M.V., Makarov D.V. Pacific salmon in the ecosystems of Salmon Rivers of the “Magadansky” state reserve. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific*, 2012, no. 26, Part 1, pp. 75–89. (In Russian)

Volobuev V.V., Mordovin A.I., Golovanov I.S. About methods of quantitative accounting of Pacific Salmon used in the Magadan Region. “Aquatic biological resources of the northern part of the Pacific Ocean: state, monitoring, management”. Materials of the All-Russian scientific conference dedicated to the 80th anniversary of KamchatNIRO. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2012, pp. 296–301. (In Russian)

Gribanov V.I. Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch* (Walb.)) (biological sketch). *Izvestiya TINRO*, 1948, vol. 28, pp. 43–101. (In Russian)

Gritsenko O.F. *Biologiya simy i kizhucha Severnogo Sakhalina* [Biology of masou salmon and coho salmon of Northern Sakhalin]. Moscow: VNIRO, 1973, 40 p. (In Russian)

Gritsenko O.F. *Prokhodnyye ryby ostrova Sakhalin (sistematika, ekologiya, promysel)* [Anadromous fishes of Sakhalin Island (taxonomy, ecology, fishing)]. Moscow: VNIRO, 2002, 248 p. (In Russian)

Gritsenko O.F., Bogdanov M.A., Stygar V.M., Kovnat L.S. *Vodnyye biologicheskiye resursy Severnykh Kuril'skikh ostrovov* [Aquatic biological resources of the Northern Kuril Islands]. Moscow: VNIRO, 2000, 163 p. (In Russian)

Evzerov A.V. To the method of aero-visual accounting. *Izvestiya TINRO*, 1970, vol. 71, pp. 199–204. (In Russian)

Zorbidi J.H. Seasonal races of coho salmon *Oncorhynchus kisutch*. *Voprosy Ichthyologii*, 1990, vol. 30, no. 1, pp. 31–40. (In Russian)

- Zorbidi J.H. *Kizhuch aziatskikh stad* [Coho salmon of Asian stocks]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2010, 306 p. (In Russian)
- Makarov D.V. Population dynamics and biological structure of North Okhotsk Sea coho salmon populations in 2000–2010. *Bulleten of exploring of Pacific Salmon in the Far East*, 2011, vol. 6, pp. 97–103. (In Russian)
- Makarov D.V. Biology of juvenile coho salmon in the Yama River (Northern Coast of the Sea of Okhotsk). Mater. report Reporting session of FGBNU “MagadanNIRO” on the results scientific research 2011. Magadan: MagadanNIRO, 2012, pp. 47–53. (In Russian)
- Marchenko S.L., Volobuev V.V., Makarov D.V. The biological structure of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) of the Continental Coast of the Sea of Okhotsk. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific*, 2013, no. 29, pp. 70–83. (In Russian)
- Meshkova M.G., Smirnov B.P., Vvedenskaya T.L., Zorbidi J.H. Features of biology of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* Walbaum (Salmonidae) of Big Viluy Lake. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific*, 2004, no. 7, Part 1, pp. 171–180. (In Russian)
- Mordovin A.I. On the methods of accounting for aquatic biological objects: background, applied and perspective methods, Status and prospects of fisheries research in the basin of the Northern Sea of Okhotsk. *Collected scientific works of MagadanNIRO*, 2009, vol. 3, pp. 182–191. (In Russian)
- Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* [Guide to the study of fish]. Moscow, 1966, 376 p. (In Russian)
- Rogatnykh A.Y., Volobuev V.V. On the distribution of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) in connection with the peculiarities of the formation of its area. *Biological science*, 1987, no. 7, pp. 53–61. (In Russian)
- Smirnov A.I. On the characteristics of the biology of reproduction and development of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walb.). *Vestnik of Moscow University*, 1960, Ser. 6, no. 1, pp. 9–20. (In Russian)
- Chereshnev I.A., Agapov A.S. New data on the biology of poorly studied populations and species of Pacific Salmon in North-Eastern Asia. *Population biology of salmon in North-Eastern Asia, Vladivostok*, Far East Academy of Sciences of the USSR, 1992, pp. 5–41. (In Russian)
- Chereshnev I.A., Volobuev V.V., Shestakov A.V., Frolov S.V. *Lososevidnyye ryby Severo-Vostoka Rossii* [Salmonid fish of the North-East of Russia]. Vladivostok: Dalnauka, 2002, 496 p. (In Russian)
- Shevlyakov E.A., Shubkin S.V., Kireev I.N., Yanchenko I.N. Data on spawning of a winter silver salmon in the basin of the Kamchatka River in January, 2015. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2015, no. 36, pp. 67–71. (In Russian)
- Anderson D.C., Narver D.W. Fish populations of Carnation Creek and other Barkley Sound streams. *Fish. Res. Board Can. Ms. Rep. Ser.*, 1975, no. 1351, 73 p.
- Foerster R.E., Ricker W.E. The coho salmon of Cultus Lake and Sweltzer Creek. *J. Fish. Res. Board Can.*, 1953, no. 10, pp. 293–319.
- Fraser F.J., Perry E.A., Lightly D.T. Big Qualicum River salmon development project. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 1983, vol. 1, pp. 1189–1198.
- Morgan A.R., Henry K.A. The 1955-56 silver salmon run into the Ten miles Lakes system. *Res. Briefs Fish. Comm. Oreg.*, 1959, vol. 7 (1), pp. 57–77.
- Salo E.O., Bayliff W.H. Artificial and natural production of silver (*Oncorhynchus kisutch*) at Minter Creek. *Washington. Res. Bull. Wash. Deep Fish.*, 1958, no. 4, 76 p.
- Sandercock F.K. Life History of Coco Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Pacific Salmon Life Histories*. UBC Press, 1991, Vancouver, p. 397–445.

Статья поступила в редакцию: 22.03.2019

Статья принята после рецензии: 26.11.2019

УДК 597.553.2.574.91

DOI: 10.15853/2072-8212.2020.56.84-92

СКАТ МОЛОДИ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (WALBAUM) В Р. МАЛАЯ ХУЗИ (СЕВЕРО-ВОСТОК О. САХАЛИН) В 2018 Г.

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



Ст. н. с., к. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; науч. рук. института, д. б. н., академик РАН;
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН)
119071 Москва, Ленинский пр-т, 33
Тел.: 8 (495) 954-7553. E-mail: ekirillova@sevin.ru

ГОРБУША, МОЛОДЬ, СКАТ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ МИГРАЦИИ, САХАЛИН

В результате учета покатной молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в р. Малая Хузи (северо-восточное побережье Сахалина) установлено, что общий объем ската в 2018 г. составил 0,5 млн особей. Формирование такой численности потомства от крайне малого числа производителей, зашедших в реку в 2017 г., было возможным благодаря высокой выживаемости в нерестовых буграх. Миграция в море длилась около 1,5 месяцев и завершилась на 7–10 суток раньше, чем в предыдущие годы. Основная часть молоди скатилась в I декаде июня. Плотные скопления льда в морском прибрежье в период массового ската могли оказать негативное влияние на выживаемость молоди. Миграция происходила в ночные часы. Дневной скат отмечали при снижении прозрачности воды в паводок. Покатная молодь в большинстве своем не имела остатка желточного мешка. Средние значения длины тела и массы покатников значимо не изменились в течение периода миграции.

SEAWARD MIGRATION OF PINK SALMON *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (WALBAUM) FRY IN THE MALAYA KHUZI RIVER (NORTH-EASTERN SAKHALIN) IN 2018

Elizaveta A. Kirillova, Pavel I. Kirillov, Dmitrii S. Pavlov

Senior Scientist; Ph. D. (Biology); Senior Scientist; Ph. D. (Biology); Scientific Coordinator of the Institute, Sc. Dr. (Biology), RAS academician; A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS
119071 Moscow, Leninskii prosp., 33
Tel.: +7 (495) 954-7553. E-mail: ekirillova@sevin.ru

PINK SALMON, FRY, SEAWARD MIGRATION, PATTERNS OF MIGRATION, SAKHALIN

Counting pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* fry, migrating seaward in the Malaya Khuzi River (North-Eastern Sakhalin), revealed the total half-million stock of the migrants in 2018. Forming such generation from extremely poor parental stock, entered the river in 2017 had been possible due to a high survival rate in the course of incubation. Seaward migration was about 1.5 month long and finished 7–10 days earlier than in previous years. Major part of the fry stock emigrated during the I decade of June. Dense aggregations of ice on the seashores during the mass seaward migration could bring negative effects on survival of the fry. Migration occurred at night. Day time migration was observed in case of decreasing water transparency on flooding. The migrants in most cases did not have yolk sack residuals. Mean values of the body length and weight of the migrants did not exhibit extensive changes for the period of migration.

Учет численности покатной молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* является неотъемлемой составляющей рыбохозяйственного мониторинга. Результаты наблюдений используют при прогнозировании численности ее возврата, главным образом, основанном на зависимости численности потомков от численности родителей (Ricker, 1954). Соотношение численности скатившейся молоди и численности производителей, прошедших на нерестилища, позволяет определить эффективность воспроизводства вида в реперной реке и экстраполировать полученные величины на другие реки района (Каев и др., 2017).

Несмотря на возрастающее с начала 2000-х гг. промысловое значение северо-востока Сахалина,

располагавшиеся здесь пункты, на которых проводили учеты покатной молоди горбуши, были упразднены. Единственный пункт в южной части северо-восточного побережья на р. Мелкой был закрыт в 2003 г. (Каев, 2011; Каев и др., 2017). Однако в связи с интенсивным развитием промысла горбуши на данном участке побережья в последние два десятилетия остро встал вопрос о его научном обеспечении (Каев, 2011) и сборе репрезентативных первичных данных, необходимых для корректной оценки запаса и прогнозирования возможного объема вылова.

По инициативе Ассоциации рыбопромышленников Смирныховского района в 2014 г. был организован мониторинг рек восточной части указан-

ного района, который, в том числе, включает в себя учет численности покатной молоди горбуши. Реперным водотоком для учета молоди была выбрана р. Малая Хузи (Павлов и др., 2015; Кириллов и др., 2018). Наблюдения проводятся ежегодно по настоящее время. В 2017 и 2018 гг. специалисты СахНИРО проводили количественный учет молоди на другом водотоке Смирныховского района — р. Хой (Каев и др., 2017, 2018).

В данной работе представлены результаты учета покатной молоди горбуши в р. Малая Хузи в 2018 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Малая Хузи — река горного типа в южной части северо-восточного побережья о-ва Сахалин. Длина ее составляет 32 км, площадь водного бассейна — 129 км² (Государственный водный реестр., 2019). В реке воспроизводятся горбуша и кета *O. keta* (Перечень., 1997). Также в реке нерестится сима *O. masou* и единично заходят на нерест производители кижуча *O. kisutch* (наши данные). Площадь нерестилищ горбуши, по разным оценкам, составляет от 15 000 м² (Перечень., 1997) до 30 000 м² (наши данные).

Учет покатной молоди горбуши проводили с 27 мая по 01 июля 2018 г. на участке прямого плеса в нижнем течении р. Малая Хузи, не подвержен-

ном влиянию приливов, в 1,2 км выше границы основного русла и эстуария (рис. 1). Ширина реки в месте проведения работ, в зависимости от уровня воды, варьировала от 13 до 17 м.

Учетные работы проводили согласно методике количественного учета покатной молоди горбуши и кеты (Каев, 2010; Методическое руководство., 2011), основанной на методе выборочных обловов для малых водотоков Сахалина и Курильских о-вов (Таранец, 1939; Воловик, 1967).

Для отлова покатников использовали стандартную ловушку конусообразной формы (Методическое руководство., 2011) длиной 2,5 м, выполненную из мельничного сита (№ 10) с прямоугольным входным отверстием 0,5×0,5 м. К нижнему концу ловушки была прикреплена пластиковая банка со съемной крышкой для предотвращения травмирования рыб при извлечении улова. Ловушку крепили к тросу, натянутому поперек русла с помощью фала-«поводка», — такой способ постановки ловушки позволяет проводить обловы при более высоких значениях уровня воды и скорости течения, чем удержание на потоке вручную, предусмотренное методикой.

Учетные ловы проводили в режиме «ночь через ночь». По мере снижения уровня воды периодически проводили обловы по всей ширине учетного



Рис. 1. Район проведения работ в 2018 г. Стрелкой обозначено местоположение учетного створа в нижнем течении р. Малая Хузи
Fig. 1. Survey area in 2018. Arrow points on the sampling site in the lower reaches of Malaya Khuzi River

створа, необходимые для уточнения распределения молоди в потоке и внесения соответствующей поправки в расчет общей численности покатников (Методическое руководство., 2011). Экспозиция ловушки составляла 1–5 минут в зависимости от числа покатников в улове и степени загрязнения сита частицами, влекомыми потоком.

Во время учетных работ измеряли основные гидрологические параметры среды: уровень воды (стационарная мерная рейка) и ее температуру (термограф Vemco Minilog-II, автоматическая запись показаний круглосуточно с частотой 1 час), скорость течения (доплерометрический измеритель потока ADV FlowTracker). Показателем температурных условий в морском прибрежье были спутниковые данные по температуре поверхности моря, размещенные на сайте Национального управления океанических и атмосферных исследований при Министерстве торговли США (NOAA, <https://www.nodc.noaa.gov/OC5/SELECT/dbsearch/dbsearch.html>). Освещенность над поверхностью воды измеряли люксметром PCE-174.

Всего за период работ проведено 18 учетных ловов, совершено 296 постановок ловушки. Выловлено 1752 экз. покатников горбуши. Отловленную молодь просчитывали и выпускали в реку ниже места постановки ловушки. С интервалом 10 суток из уловов изымали репрезентативные выборки молоди горбуши для определения биометрических показателей. Проведен биологический анализ 381 экз. молоди горбуши.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первые обловы 27 мая показали, что к дате начала учетных работ скат горбуши уже осуществлялся, что соответствует данным о сроках ската в р. Малая Хузи, полученным в предыдущие годы (Павлов и др., 2015; Кириллов и др., 2018). Известно, что массовый скат горбуши начинается, когда среднесуточная температура воды достигает 4–7 °С (Енютина, 1972; Гриценко и др., 1987; Гриценко, 2002). В конце третьей декады мая среднесуточная температура воды превышала 6 °С. Таким образом, к началу учетных работ скат горбуши длился около 7–10 дней. Более раннее начало ската представляется маловероятным, т. к. река освободилась ото льда и снега в первой декаде мая.

Покатная миграция горбуши проходила на фоне снижения уровня воды после слабо выраженного паводка, вызванного таянием снега (рис. 2).

К началу учетных работ река вошла в коренное русло. Скорость потока на месте постановки мальковой ловушки составляла 1,5 м/с. Относительно низкая температура воздуха и преимущественно пасмурная погода (архив погоды <http://rp5.in>) во II–III декадах мая препятствовали интенсивному таянию снега и залповому подъему уровня воды до экстремально высоких значений. Кратковременное повышение уровня воды и увеличение скорости течения вследствие притока талых вод отмечены 29 мая – 01 июня. Скорость потока в этот период достигала 2,6 м/с. Повышение уровня воды и ее прогрев способствовали возрастанию интенсивности миграции в первых числах июня (рис. 2). Как правило, скат большей части молоди горбуши в море приходится на период весеннего половодья и последующего снижения уровня воды (Гриценко и др., 1987; Гриценко, 2002). Это имеет определенное адаптивное значение: используя транспортную силу потока, пассивно мигрирующая молодь, не питающаяся в реке, достигает морских нагульных акваторий в более короткие сроки. Кроме того, повышенная мутность воды в паводки за счет влекомых взвешенных частиц делает молодь менее уязвимой для хищников (рыб и птиц).

Большая часть молоди горбуши скатилась в море в первой декаде июня. Максимум за период наблюдений зарегистрирован 3 июня, когда в течение суток через учетный створ прошло наибольшее число (30 тыс.) покатников. После этой даты интенсивность покатной миграции начала последовательно снижаться. Последний учетный облов проведен в ночь с 30 июня на 1 июля (улов составил 3 экз. горбуши). Скат горбуши завершился на 7–10 суток раньше, чем в предыдущие годы наблюдений. Более раннее завершение миграции из рек свойственно малочисленным поколениям горбуши (Гриценко, 2002), к которым относится потомство от нереста 2017 г.

Миграция происходила в основном в темный период суток, при освещенности менее 1 лк (рис. 3). Дневной скат отмечен только в короткий период повышения уровня воды 29 мая – 01 июня вследствие интенсивного таяния снега в верховьях рек и сопутствующего снижения прозрачности воды (рис. 3А). Повышение концентрации влекомых частиц в воде во время паводков ухудшает условия для зрительной ориентации, а турбулентность потока — для тактильной реакции, которые в совокупности обеспечивают сохранение положения

рыб в пространстве, что приводит к вовлечению молоди горбуши в поток в светлое время суток. Интенсивность «дневного» ската была невелика: за 5 минут экспозиции в ловушку попадало не более 3 экз. горбуши.

Распределение покатников в потоке было неравномерным. Основная их часть концентрировалась на участках русла с наибольшими скоростями течения (рис. 4). В мелководном слабопроточном прибрежье молодь горбуши попадала в ловушку единично либо вовсе отсутствовала. Смещения относительно стрежня (рис. 4А) обусловлены турбулентностью потока, модифицирующей распределение рыб в потоке, особенно при высоких скоростях течения (Павлов, Штаф, 1981). На структуру потока и распределение в нем покатной молоди

оказывали влияние крупные предметы, расположенные выше места постановки ловушки, затопленные при повышенном уровне воды. Наблюдения в предыдущие годы, а также данные других исследователей также указывают на то, что миграция преимущественно в стрежневой части потока закономерна для молоди горбуши (Гриценко и др., 1987; Каев, 2010; Каев, Игнатъев, 2015; Кириллов и др., 2018).

В период, когда основная часть (более 70% общего объема ската) молоди мигрировала из реки, условия в морском прибрежье были неблагоприятны, что могло привести к ее повышенной смертности. В первой декаде июня в морском прибрежье и в приустьевых участках рек были плотные скопления льда, сформировавшиеся под воздействием

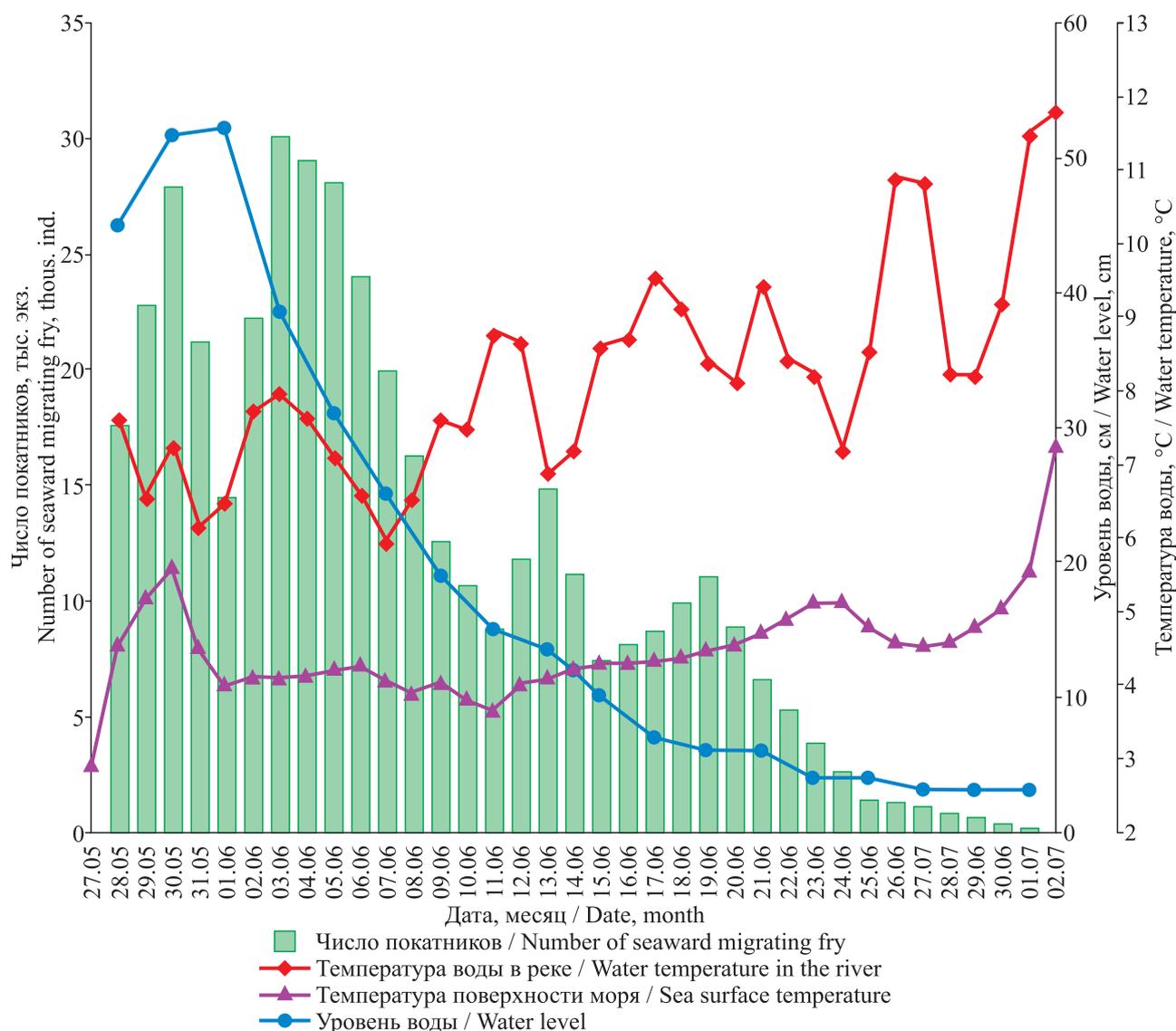


Рис. 2. Число скатившейся молоди горбуши (посуточно), тыс. экз.; сезонный ход температуры (°C) и уровня воды (см) в р. Малая Хузи и температуры воды (°C) в морском прибрежье в 2018 г.
 Fig. 2. Daily number seaward migrating pink salmon fry (thous. ind.), seasonal variation of water temperature (°C) and level (cm) in the Malaya Khuzi River and sea surface temperature in 2018

нагонных ветров восточного и северо-восточного направлений (архив погоды gr5.in; наши наблюдения). Смена среды обитания (выход из рек в море) и начало морского нагула — один из наиболее критических периодов в жизненном цикле лососевых, характеризующийся повышенной смертностью молоди (Гриценко и др., 1987; Карпенко, 1998; Гриценко, 2002; Волобуев, Марченко, 2011). Именно в этот период формируется численность поколения и, соответственно, величина возврата.

Низкая температура воды в море, 2,5–5 °С (рис. 2), существенная разница между значениями температуры речной и морской воды (3–6 °С), а также наличие плотных скоплений льда оказывают негативное воздействие на выживаемость молоди при выходе в море не только напрямую (термический шок, механическое травмирование), но и опосредованно: в условиях пониженной температуры задерживается развитие зоопланктона, составляющего кормовую базу горбуши в началь-

ный период морского нагула (Карпенко, 1998; Гриценко, 2002; Волобуев, Марченко, 2011).

Следует отметить, что хищничество не оказывало значимого влияния на выживаемость молоди горбуши в силу крайне низкой ее численности. Покатники не образовывали плотных и многочисленных скоплений в низовьях рек, как это происходит во время ската поколений высокой численности. Снижение выедания молоди горбуши хищниками при низкой ее численности («плотности ската») показано специальными исследованиями (Добрынина и др., 1988). Проведенный нами качественный анализ питания молоди кунджи *Salvelinus leucomaenis*, основного потребителя молоди горбуши в низовьях рек (Хоревин и др., 1981; Добрынина и др., 1988), выявил лишь единичные случаи хищничества, причем доля рыбы составляла не более 20% объема пищевого комка.

Основная часть покатной молоди не имела остатка желточного мешка. Доля рыб с частично

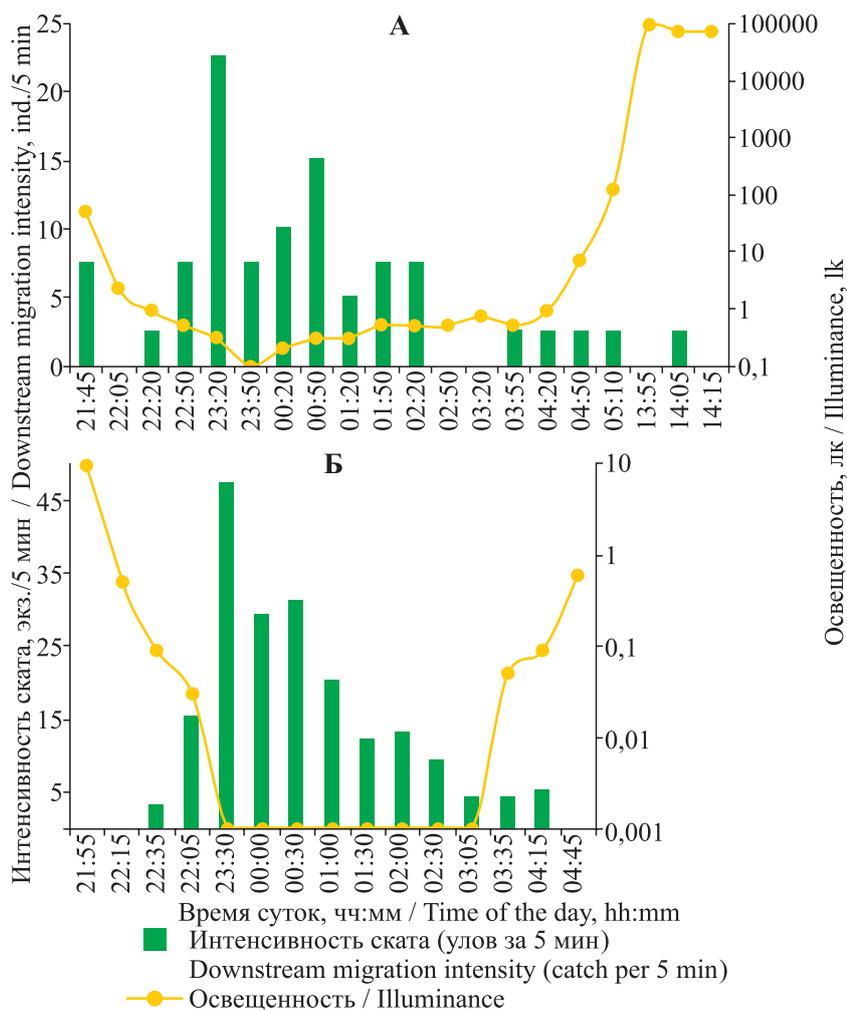


Рис. 3. Суточная динамика покатной миграции молоди горбуши в р. Малая Хузи в мутной (А, 29–30.05.2018) и в прозрачной воде (Б, 06–07.06.2018)
 Fig. 3. Diurnal patterns of seaward migration of pink salmon fry in turbid (А, 29–30.05.2018) and transparent water (Б, 06–07.06.2018)

резорбировавшимся желточным мешком в начале наблюдений (III декада мая) составляла 13%, в I–II декаде июня — 6%, в III декаде июня такие особи в уловах не встречались. Средние значения длины тела и массы покатников составляли $32,6 \pm 1,21$ мм и $202,6 \pm 25,4$ мг соответственно. В течение периода миграции средние значения длины тела и массы молоди горбуши не претерпели значимых изменений (табл. 1).

Общее число скатившейся молоди, согласно расчетам, составляет 0,423 млн экз. Предпола-

гая, что в силу фенологических условий весной 2018 г. скат начался не раньше середины II декады мая, число фактически учтенной молоди целесообразно увеличить на 0,05–0,08 млн экз. Таким образом, итоговый объем ската молоди горбуши из реки Малая Хузи в 2018 г. составил 0,5 млн экз.

Согласно полученным нами данным об интенсивности захода производителей горбуши в реку Малая Хузи и о заполнении нерестилищ (10%, исходя из общего числа рыб, или 3,3% в пересчете на

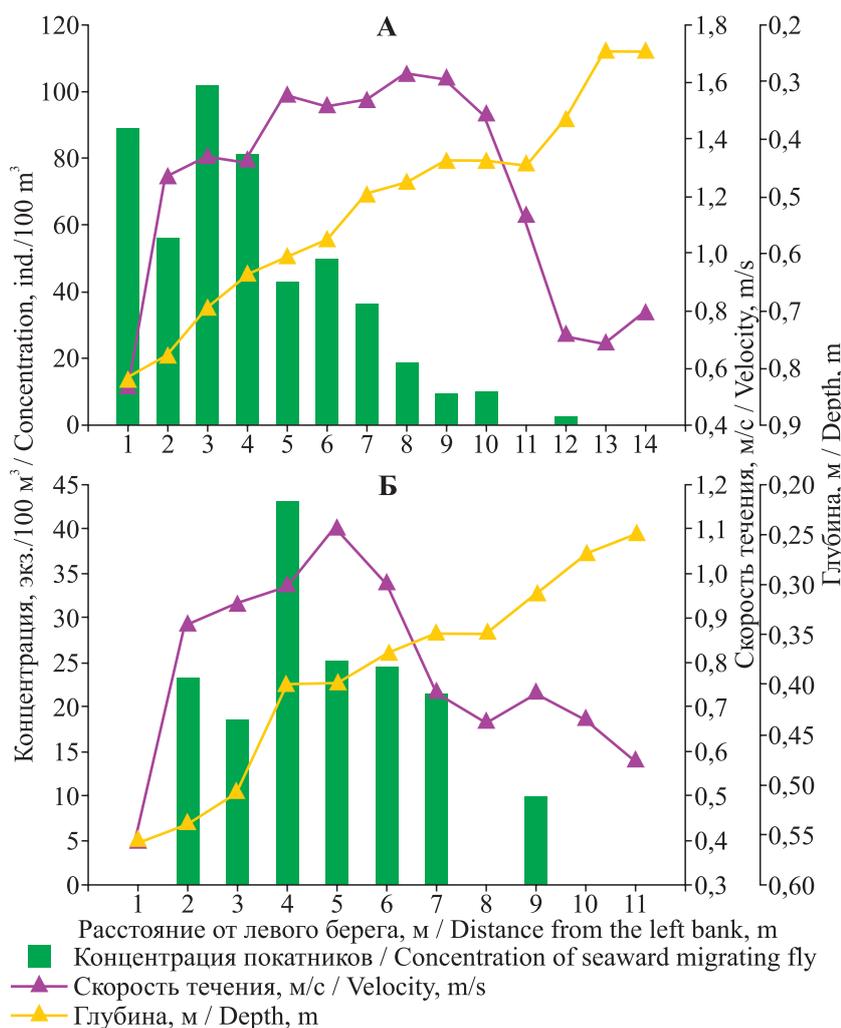


Рис. 4. Распределение покатной молоди горбуши в потоке при различном уровне воды в р. Малая Хузи в 2018 г. А: уровень воды 31 см, средняя скорость течения 1,36 м/с, максимальная 1,64 м/с; Б: уровень воды 7 см, средняя скорость течения 0,89 м/с, максимальная 1,1 м/с
 Fig. 4. Distribution of seaward migrating pink salmon fry in the current at different water level. A: water level 31 cm, mean velocity 1,36 m/s, max velocity 1,64 m/s; B: water level 7 cm, mean velocity 0,89 m/s, max velocity 1,1 m/s

Таблица 1. Длина и масса покатной молоди горбуши в р. Малая Хузи в 2018 г.
 Table 1. Fork length and body weight of seaward migrating pink salmon fry in the Malaya Khuzi River in 2018

Месяц_декада / Month_ten-day period	N	m	σ	min	max	CV
5_III	111	32,5	1,16	30,0	35,0	3,6
		201,5	22,06	147,1	257,6	10,9
6_I	94	32,6	1,16	30,0	35,0	3,6
		206,0	25,13	148,5	259,2	12,2
6_II	99	32,6	1,29	29,0	35,0	4,0
		200,4	27,73	133,7	260,2	13,8
6_III	77	32,6	1,26	30,0	36,0	3,9
		202,7	27,30	146,5	266,6	13,5

Примечание. Над чертой — длина FL (мм), под чертой — масса тела (мг). N — объем выборки (экз.); m — среднее; σ — стандартное отклонение; min, max — пределы варьирования; CV — коэффициент вариации.
 Note. Over the line — fork length (mm), under the line — body weight (mg). N — sample volume (ind.); m — mean value; σ — standard deviation; min, max — limits of variation; CV — coefficient of variation.

1 самку на 1 м²), в 2017 г. в реке отнерестилось 1000–1200 самок горбуши. Соответственно, количество скатившейся молоди горбуши на 1 самку составляет 417–500 экз. Этот показатель соответствует максимальному известному для региона (Гриценко, 2002), что указывает на очень хорошую выживаемость в инкубационный период и период выхода из грунта. Допуская, что икра, отложенная в бугры, составляет 20–30% абсолютной плодовитости (Гриценко, 2002), при средней абсолютной индивидуальной плодовитости 1559 шт. (наши данные), возможная выживаемость составила 78–93% от отложенной икры или 27–32% от абсолютной плодовитости. Высокую выживаемость, несомненно, предопределили условия в период нереста и развития в буграх, сложившиеся в августе–октябре 2017 г. В силу малой численности производителей в 2017 г. нерестующие пары избирали наиболее соответствующие видовым требованиям участки для постройки гнезд (охвостья плесов в основном русле реки). Нерест прошел в межень при минимальном уровне воды, что исключило возможность обсыхания гнезд. Разгрузка многочисленных ключей в основном русле реки в ее среднем течении, где располагались занятые нерестилища, предотвратила прогрев воды до критических значений в условиях длительной засушливой и жаркой погоды. В осенний период не произошло ни одного значимого дождевого паводка, при котором могла быть нарушена целостность гнезд. Высокий снежный покров в зимний период обеспечил защиту нерестовых гнезд от промерзания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов учета покатной молоди горбуши в р. Малая Хузи в 2018 г. можно сделать вывод, что миграция в море в целом прошла в сроки, соответствующие среднемуголетним для данного района. Наибольшее число молоди скатилось в I декаде июня. Отмечено более раннее окончание миграции, характерное для потомства малочисленных подходов. Общие закономерности миграции — приуроченность к темному времени суток в прозрачной воде и миграция в дневное время при снижении прозрачности воды в паводки — являются видоспецифичными. Общее число покатной молоди (0,5 млн), с учетом крайне низкой численности производителей, отнерестившихся в 2017 году, указывает на высокую выживаемость горбуши в период эмбрионально-личиночного развития и после выхода из грунта в 2018 г.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность председателю правления НКО «Ассоциация устойчивого рыболовства Северо-Востока Сахалина» (до 2018 г. — «Ассоциация рыбопромышленников Смирныховского района») В.В. Смирнову за организацию, всестороннюю поддержку и техническое обеспечение исследований. Полевые работы выполнены при финансовой поддержке предприятий, ведущих промысел в Смирныховском районе Сахалинской области: ООО «Плавник», «Садко», «Энрей», «Сатурн». Аналитическая обработка материала и подготовка рукописи проведены за счет средств гранта РНФ № 19-14-00015.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Волобуев В.В., Марченко С.Л.* 2011. Тихоокеанские лососи континентального побережья Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. 303 с.
- Воловик С.П.* 1967. Методы учета и некоторые особенности поведения покатной молоди горбуши в реках Сахалина // Изв. ТИНРО. Т. 61. С. 104–117.
- Государственный водный реестр РФ. 2019. [http://textual.ru/gvr/index.php?card=298170&bo=20&rb=128&subb=0&hep=0&wot=21&name=малая хузи&loc=](http://textual.ru/gvr/index.php?card=298170&bo=20&rb=128&subb=0&hep=0&wot=21&name=малая_хузи&loc=) (Дата обращения 15.12.2019).
- Гриценко О.Ф.* 2002. Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел). М.: ВНИРО. 248 с.
- Гриценко О.Ф., Ковтун А.А., Косткин В.К.* 1987. Экология и воспроизводство кеты и горбуши. М.: ВО «Агропромиздат». 166 с.
- Добрынина М.В., Горшков С.А., Кинас Н.М.* 1988. Влияние плотности концентрации скатывающейся молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* на выедание ее хищными рыбами в р. Утка (Камчатка) // Вопр. ихтиологии. Т. 28. № 6. С. 971–977.
- Енютина Р.И.* 1972. Амурская горбуша // Изв. ТИНРО. Т. 77. С. 3–126.
- Каев А.М.* 2010. Методические аспекты количественного учета покатной молоди лососей в реках Сахалино-Курильского региона // Изв. ТИНРО. Т. 162. С. 194–206.
- Каев А.М.* 2011. Оценка эффективности прогнозирования и управления промыслом горбуши в Сахалино-Курильском регионе // Изв. ТИНРО. Т. 167. С. 32–53.
- Каев А.М., Авдеев Д.В., Дзен Г.Н., Захаров А.В., Никитин В.Д.* 2017. Результаты количественного учета покатной молоди горбуши в реках Сахалин-

ской области в 2017 г. // Бюллетень № 12 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 74–81.

Каев А.М., Авдеев Д.В., Дзен Г.Н., Захаров А.В., Ромасенко Л.В., Середва В.В., Сухонос П.С. 2018. Результаты количественного учета покатной молоди горбуши в реках островов Сахалин и Итуруп в 2018 г. // Изучение тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО. Бюл. № 13. С. 80–87.

Каев А.М., Игнатъев Ю.И. 2015. О распределении покатной молоди горбуши в потоке небольшой сахалинской реки // Изв. ТИНРО. Т. 180. С. 93–98.

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

Кириллов П.И., Кириллова Е.А., Павлов Д.С. 2018. Закономерности покатной миграции молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в р. Малая Хузи (Сахалинская область) // Вопр. ихтиологии. Т. 58. № 6. С. 710–723.

Методическое руководство по количественному учету покатной молоди горбуши и кеты в малых реках методом выборочных обловов. 2011. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 15 с.

Павлов Д.С., Кириллов П.И., Кириллова Е.А., Черешкевич Ф.Г. 2015. Покатная миграция молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в реке Малая Хузи (Северо-Восток острова Сахалин) // Биология внутренних вод. № 4. С. 64–75.

Павлов Д.С., Штаф Л.Г. 1981. Распределение покатной молоди рыб в реоградиентном потоке // Докл. АН СССР. Т. 260. № 2. С. 509–512.

Перечень нерестовых водоемов Сахалинской области. 1997. Науч. архив СахНИРО. Арх. № 7603. 42 с.

Таранец А.Я. 1939. Исследования нерестилищ кеты и горбуши // Рыбное хозяйство. № 12. С. 14–18.

Хоревин Л.Д., Руднев В.А., Шеринев А.П. 1981. Выедание хищными рыбами молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в период ската из небольшой нерестовой реки о. Сахалин // Вопр. ихтиологии. Т. 21. № 6. С. 1016–1022.

Ricker W.E. 1954. Stock and Recruitment // J. Fish. Res. Board of Canada. Vol. 11. P. 559–623.

REFERENCES

Volobuev V.V., Marchenko S.L. Tikhookeanskies lososi kontinental'nogo poberezh'ya Okhotskogo morya [The pacific salmon of continental coast of the sea of Okhotsk]. Magadan: MagadanNIRO publishing, 2011, 303 p. (In Russian with English abstract and contents)

Volovik S.P. Methods of count and some behavioral patterns of seaward migrating pink salmon fry in the rivers of Sakhalin Island. *Izvestiya TINRO*, 1967, vol. 61, pp. 104–117. (In Russian with English abstract)

Gosudarstvenniy vodniy reestr RF [State water resources register of Russian Federation]. 2019. <http://textual.ru/gvr/index.php?card=298170&bo=20&r-b=128&subb=0&hep=0&wot=21&name=малая хузи&loc=> (Дата обращения 15.05.2020).

Gritsenko O.F. *Prokhodnye ryby ostrova Sakhalin (sistematika, ekologiya, promysel)*. [Diadromous fish of Sakhalin (systematics, ecology, fisheries)]. Moscow: VNIRO publishing, 2002, 190 p. (In Russian)

Gritsenko O.F., Kovtun A.A., Kostkin V.K. *Ekologiya i vosproizvodstvo kety i gorbushi*. [Ecology and reproduction of pink salmon and chum salmon.] Moscow: VO "Agropromizdat", 1987, 166 p. (In Russian)

Dobrynina M.V., Gorshkov S.A., Kinas N.M. Influence of density of concentration of seaward migrating pink salmon fry *Oncorhynchus gorbuscha* on its consumption by predatory fish in the Utka River (Kamchatka). *Voprosy Ikhtiologii*, 1988, vol. 28, issue 6, pp. 971–977. (In Russian)

Eniutina R.I. Pink salmon of Amur. *Izvestiya TINRO*, 1972, vol. 77, pp. 3–126. (In Russian)

Kaev A.M. Methodic aspects for quantitative count of fry salmon downstream migrants in the rivers of Sakhalin-Kuril Region. *Izvestiya TINRO*, 2010, vol. 162, pp. 194–206. (In Russian with English abstract)

Kaev A.M. Testing of forecasting and managing efficiency for pink salmon fishery in Sakhalin-Kuril Region. *Izvestiya TINRO*, 2011, vol. 167, pp. 32–53. (In Russian with English abstract)

Kaev A.M., Avdeev D.V., Dzen G.N., Zakharov A.V., Nikitin V.D. Results of quantitative count of seaward migrating pink salmon fry in the rivers of Sakhalin region in 2017. *Bulletin of the implementation of the "Concept of the Far Eastern Basin Program of Pacific Salmon Research"*. Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2018, vol. 12, pp. 74–81. (In Russian)

Kaev A.M., Avdeev D.V., Dzen G.N., Zakharov A.V., Romasenko L.V., Sereda V.V., Sukhonos P.S. Results of quantitative count of seaward migrating pink salmon fry in the rivers of Sakhalin and Iturup Islands in 2018. *Bulletin of the implementation of the "Concept of the Far Eastern Basin Program of Pacific Salmon Research"*. Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2019, vol. 13, pp. 80–87. (In Russian)

Kaev A.M., Ignatyev Yu.I. On distribution of migratory fry of pink salmon in the stream of a small Sakhalin

river. *Izvestiya TINRO*, 2015, vol. 180, pp. 93–98. (In Russian)

Karpenko V.I. *Rannij morskoy period zhizni tikho-okeanskikh lososej* [Early marine life period of pacific salmon]. Moscow.: VNIRO publishing, 1998, 165 p. (In Russian)

Kirillov P.I., Kirillova E.A., Pavlov D.S. Patterns of downstream migration of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* in the Malaya Khuzi River (Sakhalin oblast). *J. Ichthyol.*, 2018, vol. 58, no. 6, pp. 889–901. *Metodicheskoe rukovodstvo po kolichestvennomu uchetu pokatnoj molodi gorbushi i kety v malyh rekah metodom vyborochnyh oblovov* [Procedure guidance for quantitative count of seaward migrating pink salmon and chum salmon fry by means of selective catches]. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO publishing, 2011, 15 p. (In Russian)

Pavlov D.S., Kirillov P.I., Kirillova E.A., Chereshevich F.G. Downstream migration of fry of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) in the Malaya Khuzi River (Northeastern Sakhalin), *Inland Water Biol.*, 2015, vol. 8, no. 4, pp. 384–394.

Pavlov D.S., Shtaf L.G. Distribution of downstream migrating fish juveniles in rheogradient flow. *Doklady AN SSSR*, 1981, vol. 260, issue 2, pp. 509–512. (In Russian)

Perechen' nerestovykh vodoemov Sakhalinskoj oblasti [Check list of spawning water bodies of Sakhalin region]. SakhNIRO archival repository, 1997, № 7603, 42 p. (In Russian)

Taranets A.Ya. Investigation of spawning grounds of chum salmon and pink salmon. *Rybnoe Khozyajstvo*, 1939, issue 12, pp. 14–18. (In Russian)

Horevin L.D., Rudnev V.A., Shershnev A.P. Consumption of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) fry by predatory fish in a small spawning river at Sakhalin Island. *Voprosy Ikhtiologii*, 1981, vol. 21, issue 6, pp. 1016–1022. (In Russian)

Ricker W.E. Stock and Recruitment // *J. Fish. Res. Board of Canada*, 1954, vol. 11, pp. 559–623.

Статья поступила в редакцию: 25.02.2020

Статья принята после рецензии: 18.03.2020

УДК 595.371(265.51)

DOI: 10.15853/2072-8212.2020.56.93-106

АМФИПОДЫ (AMPHIPODA: GAMMARIDEA, CAPRELLIDEA) СУБЛИТОРАЛИ КОРЯКСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ (БЕРИНГОВО МОРЕ)

Л.Л. Будникова, Р.Г. Безруков



Ст. н. с., к. б. н.; мл. н. с.; Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ТИНРО»)
690091 Владивосток, пер. Шевченко, 4. Тел., факс: 8 (4232) 300-751, 400-833
E-mail: ludmila.budnikova@tinro-center.ru; bezrukov@tinro.ru

АМФИПОДЫ, ВИДОВОЙ СОСТАВ, ЗООГЕОГРАФИЯ, БИОМАССА, ПЛОТНОСТЬ ПОСЕЛЕНИЯ

В 2005 г. в сублиторальной зоне Корякского побережья обнаружено 79 видов бентосных амфипод, относящихся к 43 родам, 20 семействам и двум подотрядам. Основное ядро фауны составляли эндемы Тихоокеанской бореальной области. Величина биомассы варьировала от нескольких сотых долей грамма до 15,6 г/м². Максимальная биомасса амфипод при плотности поселения 230 экз./м² обнаружена в прибрежье м. Хайтырка. Средняя биомасса составляла 2,0 ± 0,6 г/м², или 0,4% от общей средней биомассы бентоса, однако на отдельных станциях вклад амфипод в общую биомассу бентоса был больше, достигая 56,9%. Количественные показатели амфипод на шельфе Корякского побережья выше, чем в Анадырском заливе. В разных местах исследованной акватории доминирующие виды разные (*Atylus bruggeni*, *Pontogeneia rostrata*, *Anisogammarus pugettensis*, *Caprella paulina*). Поскольку на большей части акватории узкого геосинклинального шельфа Корякии распространены жесткие грунты, подвижные сестонофаги, строящие домики-трубки в толще грунта (*Byblis erythroops*, *Ampelisca macrocephala* и некоторые другие), не получили такого широкого развития, как в Анадырском заливе. Корякский шельф отличает от других районов дальневосточных морей малое видовое (в основном, не более пяти) богатство амфипод на станциях.

AMPHIPODS (AMPHIPODA: GAMMARIDEA, CAPRELLIDEA) OF THE SUBLITTORAL OF KORYAK COAST (BERING SEA)

Ludmila L. Budnikova, Roman G. Bezrukov

Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Researcher; Pacific Branch of Russian Research
Institute of Fisheries and Oceanography ("TINRO")
690091 Vladivostok, per. Shevchenko, 4. Tel.: +7 (4232) 300-751, 400-833
E-mail: ludmila.budnikova@tinro-center.ru; bezrukov@tinro.ru

AMPHIPODS, TAXONOMICAL COMPOSITION, ZOOGEOGRAPHY, BIOMASS, DENSITY OF SETTLEMENTS

In 2005 in sublittoral zone of Koryak coast 79 species of amphipods belonged to 43 genera, 20 families and two suborders are revealed. The main part of the fauna was endemics of Pacific boreal area. The biomass varied from the several 100-th shares of gram to 15.6 g/m². The maximum biomass of amphipods at population density 230 ind./m² was registered at Cape Hajtyrka. The average biomass was 2.0 ± 0.6 g/m² or 0.4% from the total biomass of a benthos. In places of amphipods accumulations their part in the total biomass of a benthos could reach 56.9%. Quantity indicators of amphipods on a shelf of Koryak coast above, than in Anadyr Bay. In different places of the investigated water area dominating species was different (*Atylus bruggeni*, *Pontogeneia rostrata*, *Anisogammarus pugettensis*, *Caprella paulina*). Rigid soil are extended on main parts of water area of narrow geosynclinal shelf of Koryak coast, mobile filter feeder, building small houses-tubes in thickness of a soil (*Byblis erythroops*, *Ampelisca macrocephala* and some other) had here no such wide development as in of Anadyr Bay. The shelf of Koryak coast distinguishes from the other areas of the Far East seas by small species wealth of amphipods at the stations – basically no more than five species.

Работы по изучению бентоса северо-западной части Берингова моря большей частью относятся к Анадырскому заливу. Корякское побережье (иначе называемое Олюторско-Наваринским) изучено значительно слабее, хотя исследования были начаты более 80 лет тому назад и периодически возобновлялись (Макаров, 1937; Дерюгин, Иванова, 1937; Виноградова, 1954; Зенкевич, Филатова, 1958; Беляев, 1960; Нейман, 1961; Филатова, Нейман, 1963; Филатова, Барсанова, 1964). Отдельные сведения об амфиподах этого района

можно было узнать лишь у нескольких авторов (Беляев, 1960; Нейман, 1961; Филатова, Барсанова, 1964), причем последняя работа выполнена на очень небольшом количестве станций. Спустя два десятка лет после нее, на основании материалов комплексной экспедиции ТИНРО-Центра, проведенной в сентябре–октябре 1985 г., было описано количественное распределение бентоса Корякского шельфа (в числе других районов северо-западной части Берингова моря) в диапазоне глубин 20–200 м (Кобликов, Надточий, 2002) и

получены некоторые данные о биопродуктивности (Шунтов, Дулепова, 1995). Еще через 20 лет подобные исследования были вновь выполнены сотрудниками этого института (Надточий и др., 2008), в результате чего стало возможным сравнение новых и ранее полученных данных о распределении количественных показателей массовых таксономических групп бентоса.

Специальных исследований амфипод Корякского шельфа до настоящего времени не было.

Целью нашей работы являлось определение видового состава, уточнение зоогеографической принадлежности видов, выяснение закономерностей распределения биомассы и плотности поселения амфипод, а также роли амфипод в общей биомассе бентоса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

На Корякском шельфе (от м. Наварина до м. Олюторского) (рис. 1) в ходе экспедиции ТИНРО-Центра на НИС «ТИНРО» в сентябре–октябре 2005 г. было выполнено 53 станции в диапазоне глубин 19–201 м (в основном 30–100 м). Взято 76 количественных проб дночерпателем «Океан-50», с площадью раскрытия 0,25 м², и 42 качественные пробы гребешковой драгой. Материал собирали по стандартной методике (Нейман, 1983). Грунт промывали через систему сит с ячейей нижнего 1 мм, одновременно проводили визуальную оценку и описание донных отложений по классификации А.С. Константинова (1972), после чего была сделана карта грунтов (рис. 2). Для каждой станции проводили взвешивание и подсчет числа экземпляров животных, фиксированных 4%-м формалином и высушенных на фильтровальной бумаге до такого состояния, когда они переставали оставлять на ней мокрые пятна. Сырую массу тела животных взвешивали на торсионных весах с точностью до 1 мг, а затем делали пересчет общей биомассы и плотности поселения особей на 1 м² поверхности дна. Величина средней биомассы и плотности поселения макрозообентоса и амфипод всей обследованной акватории подсчитана как средняя арифметическая этих показателей на всех станциях. Карты распределения биомассы и плотности поселения построены с помощью графической программы Surfer методом Kriging, таблицы и вычисления сделаны в программе Excel.

Зонально-географические характеристики видов приведены по литературным (Гурьянова, 1951,

1962; Василенко, 1974; и др.) и собственным данным, а зонально-географические типы ареалов — по А.Н. Голикову (1982).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой и зоогеографический состав амфипод

В результате определения материала, собранного в 2005 г. в сублиторальной зоне Корякского побережья, обнаружено 79 видов амфипод, относящихся к 43 родам, 20 семействам и двум подотрядам (табл. 1). Впервые в Беринговом море зарегистрированы 6 видов: *Byblis setosus* Kudrjaschov, 1965, *Neohela pacifica* Gurjanova, 1953, *Eyakia calcarata* (?) (Gurjanova, 1938), *Harpinia serrata* G. Sars, 1879, *Anonyx oculatus* Gurjanova, 1962, *Synchelidium gurjanovae* (Kudrjaschov et Tzvetkova, 1975). У некоторых экземпляров видовой или родовой статус вызывает сомнение, такие виды в таблице 1 стоят под знаком вопроса. Виды, обозначенные в таблице как “sp.», скорее всего, являются новыми для науки.

За основу нами принята классификация Дж. Барнара и Г. Карамана (Barnard, Karaman, 1991), свою точку зрения относительно последующих работ по систематике амфипод мы высказали ранее (Будникова, Безруков, 2018).

В фауне амфипод сублиторали Корякского побережья установлено наличие только трех зоогеографических комплексов (табл. 2). Почти половину фауны (46,8%) составляют эндемы Тихоокеанской бореальной области, из которых 40,3% распространены у азиатского побережья и отсутствуют у берегов Северной Америки. На втором месте бореально-арктические виды (40,3%), из которых 9,7% циркумполярны в Арктике. Амфибореальных видов относительно немного — всего 12,9%. Таким образом, в фауне амфипод шельфа Корякского побережья, также как и в фауне амфипод большинства акваторий дальневосточных морей, основное ядро составляют эндемы Тихоокеанской бореальной области, в отличие от сублиторальной фауны амфипод залива Шелихова, Анадырского и Мечигменского заливов, где преобладают холодноводные элементы бореально-арктического комплекса.

Распределение биомассы амфипод

Амфиподы распространены по всему Корякскому шельфу практически повсеместно, отсутствовали они только на семи станциях: 66, 67, 69, 76, 81,

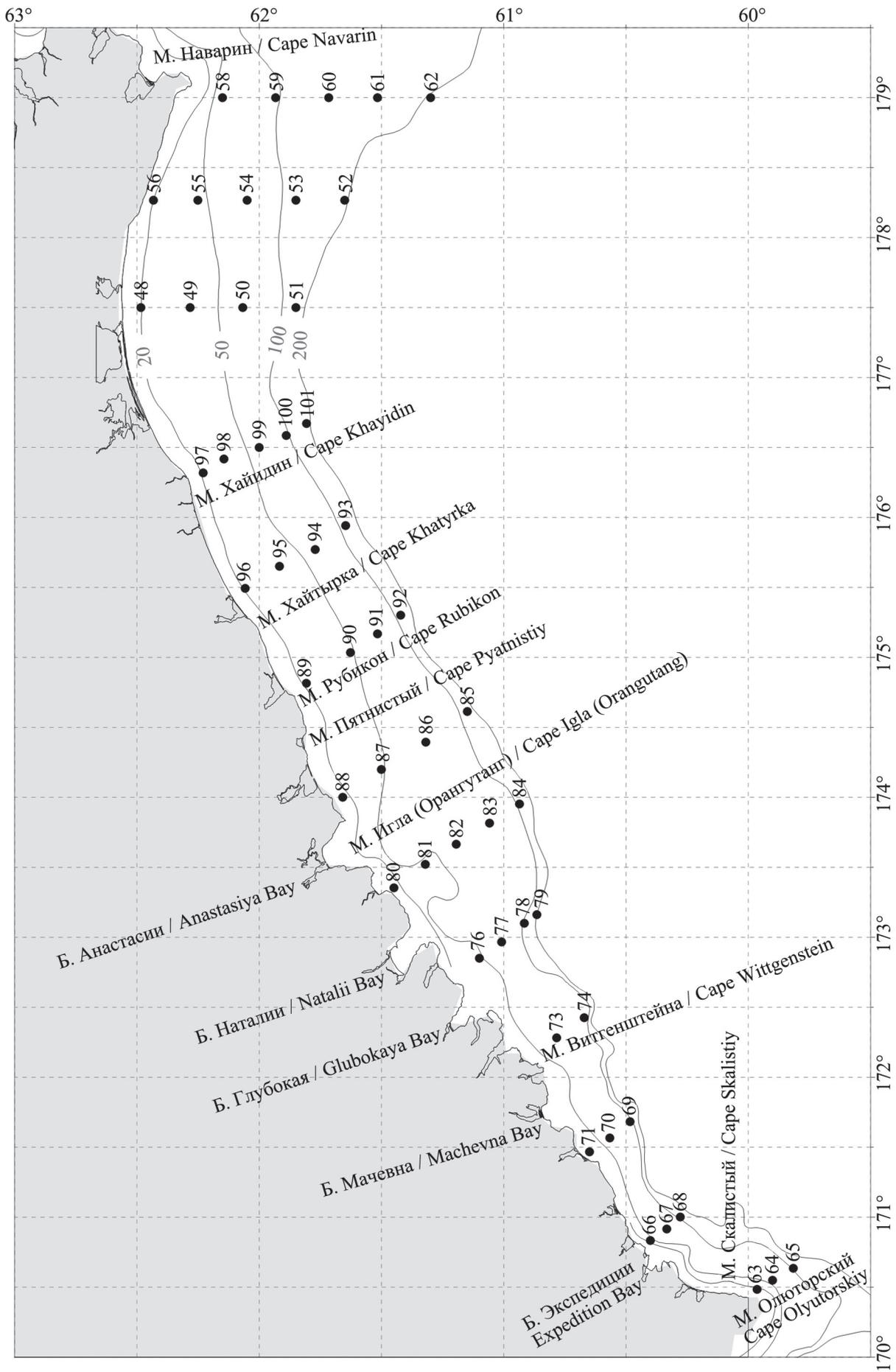


Рис. 1. Карта-схема шельфа Корякского побережья в 2005 г. с обозначением номеров станций
 Fig. 1. The schematic map of the shelf of the Koryak coast in 2005

86, 92. Величина их биомассы варьировала от нескольких сотых долей грамма до 15,6 г/м². Средняя биомасса составляла $2,0 \pm 0,6$ г/м², или 0,4% от общей средней биомассы бентоса. В нескольких районах шельфа они образовывали скопления с

биомассой более 5 г/м² (рис. 3). Максимальная биомасса амфипод (15,6 г/м² при плотности поселения 230 экз./м²) обнаружена в прибрежье м. Хайтырка (ст. 96) на глубине 25 м на гравийно-галечном грунте. Резко доминировал крупный *Atylus bruggeni*

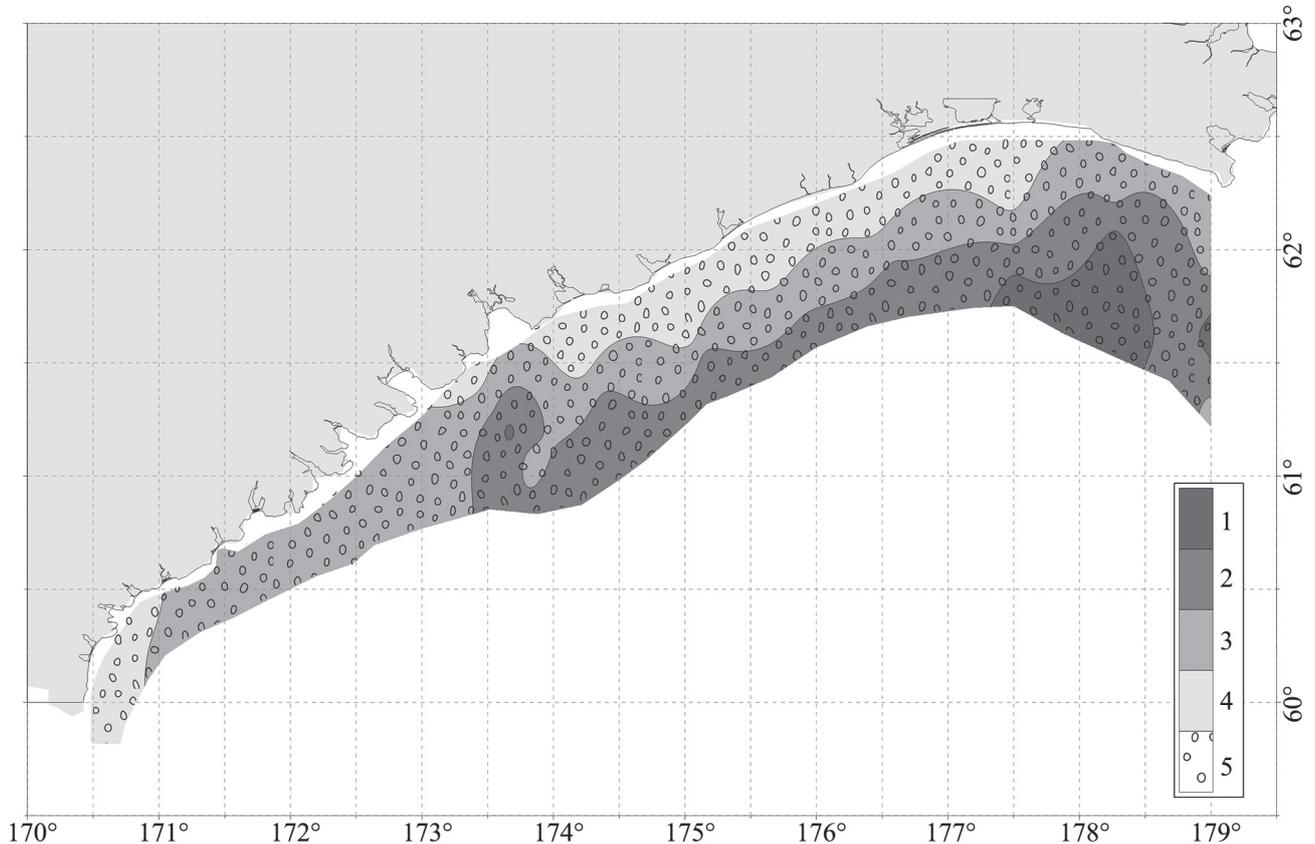


Рис. 2. Карта грунтов шельфа Корякского побережья в 2005 г.: 1 — ил, 2 — песчаный ил, 3 — илистый песок, 4 — песок, 5 — гравий и галька
Fig. 2. The map of the shelf substrates of the Koryak coast in 2005: 1 – silt, 2 – sandy silt, 3 – silty sand, 4 – sand, 5 – gravel and pebbles

Таблица 1. Список видов амфипод (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) сублиторали Корякского побережья, 2005 г.

Table 1. The list of the Amphipoda species (Gammaridea, Caprellidea) in the sublittoral zone of the Koryak coast in 2005

№	Таксон Taxon	Номера станций Sampling station	Глубина, м Depth, m	Субстрат Substrate	Зоогеографический комплекс Zoogeographic complex
Сем. Ampeliscidae					
1 [^]	<i>Ampelisca birulai</i> Brüggem, 1909	62	189	Гр, ИП	Б-А
2*	<i>Ampelisca eschrichti</i> Kröyer, 1842	62	189	Гр, ИП	Б-АЦ
3 ^{^^}	<i>Ampelisca furcigera</i> Bulycheva, 1936	62	189	Гр, ИП	ТШБ
4*	<i>Ampelisca macrocephala</i> Lilljeborg, 1852	59, 62	100–189	Гр, Гк, ИП	Б-АЦ
5*	<i>Byblis erythropus</i> Sars, 1883	50, 53, 61, 62, 77–79	78–189	Гк, Гр, П, ИП, И	АБ
6	<i>Byblis setosus</i> Kudrjaschov, 1965	60, 78	103–130	В, Гк, Гр, ИП, И	ТПВБ
Н/сем. Corophioidea: [Aoridae], Corophiidae, [Isaeidae], Ischyroceridae, [Photidae], Podocoridae					
Сем. Corophiidae					
7*	<i>Erichthonius tolli</i> Brüggem, 1909	54, 62, 68	78–189	В, Гк, Гр, ИП, И	Б-А

Таблица 1. Продолжение. Начало на с. 96 / Table 1. Continuation. Beginning on Page 96

№	Таксон Taxon	Номера станций Sampling station	Глубина, м Depth, m	Субстрат Substrate	Зоогеографический комплекс Zoogeographic complex
8	<i>Neochela pacifica</i> Gurjanova, 1953	62	189	Гр, ИП	ТПВБ
9 ^{^^}	<i>Unciola leucopis</i> (Kröyer, 1845)	53, 60	110–130	В, Гк, Гр, ИП, И	Б-АЦ
Сем. Ischyroceridae					
10 [^]	<i>Ischyrocerus krascheninnikovi</i> Gurjanova, 1951	62	189	Гр, ИП	ТПШБ
11	<i>Ischyrocerus megacheir</i> (?) (Boeck, 1871)	49	39	Гр, Гк, П, Р	Б-А
12	<i>Ischyrocerus serratus</i> Gurjanova, 1938	63	39	В, КП	
13	<i>Ischyrocerus</i> sp.	54, 59, 63, 89, 90, 95	25–100	Гк, Гр, КП, ИП, И	–
14 [^]	<i>Jassa oclairi</i> ? Conlan, 1990	89	25	В, Гк, Гр	ТШБ ?
Сем. [Photidae]					
15 [^]	<i>Gammaropsis (Gammaropsis)</i> <i>melanops</i> (G. Sars, 1882)	50, 89	25–78	В, Гк, Гр,	АБ
16 ^{^^}	<i>Gammaropsis (Podoceroopsis) nitida</i> (Stimpson, 1853)	59, 62	100–189	Гр, Гк, ИП	АБ
17 [^]	<i>Gammaropsis</i> sp.	78	103	В, Гр, ИП	–
18*	<i>Protomedeia epimerata</i> (?) Bulycheva, 1952	59	100	Гр, Гк, ИП	ТПШБ
19*	<i>Protomedeia fasciata</i> (?) Kröyer, 1842	58, 89	25–65	В, Гк, Гр, ИП	Б-А
20 [^]	<i>Protomedeia microdactyla</i> Bulycheva, 1952	59	100	Гр, Гк, ИП	ТПШБ
21*	<i>Protomedeia</i> sp.	60	130	Гк, ИП, И	–
22*	<i>Protomedeia stephenseni ochotensa</i> Kudrjaschov, 1965	59, 62	100–189	Гк, Гр, ИП	ТПВБ
23	<i>Photis spasskii</i> Gurjanova, 1951	54, 59	78–100	В, Гр, Гк, ИП, И	ТПШБ
Сем. [Podoceridae]					
24 [^]	<i>Dulichia spinosissima</i> Kröyer, 1845	55	44	В, Гр, Гк, ИП	Б-А
Сем. Dexaminidae					
25*	<i>Atylus bruggeni</i> (Gurjanova, 1951)	48, 56, 74, 89, 96, 97	19–103	В, Гк, Гр, П, ИП, Р	Б-А
Сем. Eusiridae					
26	Calliopiidae gen. sp. (?)	82, 91	73–84	В, Гр, Гк, ПИ, И	Б-А
27	<i>Laothoes pacificus</i> Gurjanova, 1938	99	67	Гр, Гк, ИП	ТПШБ
28 [^]	<i>Pontogeneia ivanovi</i> Gurjanova, 1951	48	19	Гк, Гр, П	ТПШБ
29	<i>Pontogeneia rostrata</i> Gurjanova, 1938	90	50	В, Гр, Гк	ТШБ
30	<i>Pontogeneia</i> sp.	63	39	В, КП	–
Н/сем. Gammaroidea: Anisogammaridae, Melitidae					
Сем. Anisogammaridae					
31	<i>Anisogammarus pugettensis</i> (Dana, 1853)	80	23	В, КП	ТПШБ
Сем. Melitidae					
32 ^{^^}	<i>Maera loveni</i> (Bruzelius, 1859)	50, 51, 60–62, 65, 91	78–189	Гк, Гр, П, ИП, ПИ, И	АБ
33*	<i>Maera</i> sp.	50, 53, 55, 58, 61, 82, 100	44–150	Гр, Гк, ПИ, И	–
34*	<i>Melita</i> sp.	53, 55, 56, 58–61, 63, 64, 71, 78, 79, 84, 85, 88, 90, 91, 94–98	18–175	В, Гр, Гк, КП, П, ИП, ПИ, И, Р	–
Сем. Phoxocephalidae					
35	<i>Eyakia calcarata</i> (?) (Gurjanova, 1938)	101	180	Гр, Гк, ПИ	ТПШБ

Таблица 1. Продолжение. Начало на с. 96 / Table 1. Continuation. Beginning on Page 96

№	Таксон Taxon	Номера станций Sampling station	Глубина, м Depth, m	Субстрат Substrate	Зоогеографический комплекс Zoogeographic complex
36 ^{^^}	<i>Eyakia</i> sp.	61	150	Гк, ИП, И	–
37*	<i>Grandifoxus longirostris</i> (Gurjanova, 1938)	77, 87	49–79	В, П	ТПШБ
38*	<i>Grandifoxus nasuta</i> (?) (Gurjanova, 1936)	77	79	П	Б-А
39	<i>Harpinia serrata</i> G. Sars, 1879	61	150	Гк, ИП, И	Б-А
40 ^{^^}	<i>Harpiniopsis kobjakovae</i> (Bulycheva, 1936)	62	189	Гр, ИП	ТПШБ
41 ^{^^}	<i>Harpiniopsis tarasovi</i> (Bulycheva, 1936)	52, 61, 62, 101	150–201	Гр, Гк, ИП ПИ, И,	ТПШБ
42 ^{^^}	<i>Parafoxus simplex</i> (Gurjanova, 1938)	50, 59, 61, 79, 101	78–180	Гк, Гр, ИП, ПИ, И	ТПШБ
Сем. Urothoidae					
43 ^{^^}	<i>Urothoe denticulata</i> Gurjanova, 1951	62	189	Гр, ИП	ТПШБ
Сем. Iphimediidae					
44	<i>Acanthonotozoma serratum</i> (O. Fabricius, 1780)	70, 84, 94	67–121	Гр, Гк, ИП, ПИ	Б-АЦ
Н/сем. Lysianassoidea					
45 [^]	<i>Anonyx epistomicus</i> Kudrjaschov, 1965	53	110	В, Гр, Гк, И	ТПВБ
46*	<i>Anonyx lilljeborgi</i> (?) Boeck, 1871	50, 53–55, 64, 68, 73, 78	44–110	В, Гк, Гр, ИП, И	АБ
47*	<i>Anonyx nugax</i> (Phipps, 1774)	58, 71	31–65	В, Гр, Гк, ИП	Б-А
48	<i>Anonyx oculus</i> Gurjanova, 1962	61, 62	150–189	Гр, Гк, ИП, И	Б-А
49*	<i>Anonyx</i> sp.	61, 96	25–150	Гр, Гк, ИП, И	–
50	<i>Aristias tumidus</i> Kröyer, 1846	55	44	В, Гр, Гк, ИП	Б-А
51*	<i>Hippomedon granulatus</i> (?) Bulytsheva, 1955	58	65	Гр, Гк, ИП	ТПШБ
52	<i>Hippomedon propinquus eous</i> Gurjanova, 1962	62	189	Гр, ИП	ТПВБ
53	<i>Lepidepreum vitjazi</i> Gurjanova, 1962	90	50	В, Гр, Гк	ТПШБ
54 [^]	<i>Orchomene</i> sp.	53	110	В, Гр, Гк, И	–
55 ^{^^}	<i>Orchomenella minutus</i> Kröyer, 1846	48, 95	19–38	Гр, Гк, П	Б-АЦ
56*	<i>Orchomenella</i> sp.	60, 90, 99	50–130	В, Гр, Гк, ИП, И	–
57 ^{^^}	<i>Paratryphosites abyssi</i> (Goës, 1866)	62	189	Гр, ИП	АБ
58*	<i>Wecomedon kurilicus</i> (Gurjanova, 1962)	54, 59	78–100	В, Гр, Гк, ИП, И	ТПШБ
Сем. Melphidippidae					
59	<i>Melphidippa goësi</i> Stebbing, 1899	94	67	Гр, Гк, ИП	АБ
Сем. Oedicerotidae					
60 [^]	<i>Bathymedon langsdorfi</i> Gurjanova, 1951	48, 49, 56	19–39	В, Гр, Гк, П, Р	Б-А
61*	<i>Bathymedon</i> sp.	58, 59	65–100	Гр, Гк, ИП	–
62*	<i>Monoculodes crassirostris</i> Hansen, 1887	77	79	П	АБ
63*	<i>Monoculodes diamesus</i> Gurjanova, 1936	59, 61	100–150	Гр, Гк, ИП, И	Б-А
64	<i>Synchelidium gurjanovae</i> Kudrja- schov et Tzvetkova, 1975	87	49	В, П	Б-А
65*	<i>Westwoodilla</i> sp.	61	150	Гк, ИП, И	–

Таблица 1. Окончание. Начало на с. 96 / Table 1. The end. Beginning on Page 96

№	Таксон Taxon	Номера станций Sampling station	Глубина, м Depth, m	Субстрат Substrate	Зоогеографический комплекс Zoogeographic complex
Сем. Pleustidae					
66*	<i>Parapleustes</i> (?) sp.	89, 98	25–32	В, Гр, Гк	–
67 ^{^^}	<i>Parapleustes</i> (?) sp. 1	89, 98	25–32	В, Гр, Гк	–
68*	<i>Pleusymtes</i> sp.	50, 63, 90	39–78	В, Гр, Гк, КП	–
Сем. Stegocephalidae					
69	<i>Stegocephalopsis ampulla</i> (Phipps, 1774)	94	67	Гр, Гк, ИП	
Сем. Stenothoidae					
70	<i>Metopa clypeata</i> Kröyer, 1842	50, 59, 94, 98	32–100	Гк, И	Б-А
71	<i>Metopa layi</i> (?) Gurjanova, 1948	51	183	Гк, И	ТПШБ
72	<i>Metopa robusta</i> G. Sars, 1892	90	50	В, Гр, Гк	Б-А
73 ^{^^}	<i>Metopa spitzbergensis</i> Brüggem, 1907	99	67	Гр, Гк, ИП	Б-А
Сем. Synopiidae					
74*	<i>Syrrhoe crenulata</i> Goës, 1866	61, 90, 93	50–150	Гр, Гк, ИП, ПИ, И	Б-АЦ
П/отр. Caprellidea					
Сем. Caprellidae					
75	<i>Caprella borealis</i> (?) Mayer, 1903	97	20	Гр, Гк, Р	ТПВБ
76 [^]	<i>Caprella carina</i> ? Mayer, 1903	96	25	Гр, Гк	Б-А ?
77 ^{^^}	<i>Caprella irregularis</i> ? Mayer, 1890	50	78	В, Гр, Гк	ТШБ
78	<i>Caprella paulina</i> Mayer, 1903	63	39	В, КП	ТПВБ
79*	<i>Caprella</i> sp.	64, 99	67–70	В, Гр, Гк, ИП	–

Примечание: ^^ — общие виды на Корякском шельфе и в Анадырском заливе; ^ — общие виды на Корякском шельфе и в Мечигменском заливе; * — общие виды на Корякском шельфе, в Анадырском и Мечигменском заливах. В графе «Субстрат» приняты следующие обозначения: В — валуны, Гр — гравий, Гк — галька, П — песок, КП — крупный песок, МП — мелкий песок, ИП — илистый песок, ПИ — песчаный ил, И — ил, Р — ракуша. Гранулометрическая характеристика грунтов приведена по А.С. Константинову (1972).

В графе «Зоогеографический комплекс» приняты следующие обозначения: Б-А — бореально-арктический вид; Б-АЦ — бореально-арктический, циркумполярный в Арктике; АБ — амфибореальный; ТШБ — тихоокеанский широкобореальный; ТПШБ — тихоокеанский приазиатский широкобореальный; ТПВБ — тихоокеанский приазиатский высокобореальный.

Note: ^^ — the species common for the shelf of the Koryak coast and Anadyrsky gulf; ^ — the species common for the shelf of the Koryak coast and Mechigmenskii gulf; * — the species common for the shelf of the Koryak coast, Anadyrsky and Mechigmenskii gulfs.

The acronyms used in the column "Substrate": В — boulders, Гр — gravels, Гк — pebbles, П — sand, КП — big-grained sand, МП — small-grained sand, ИП — silty sand, ПИ — sandy silt, И — silt, Р — shells. The grain size analysis of the substrates was made according to A.S. Konstantinov (1972).

The acronyms used in the column "Zoogeographic complex": Б-А — boreal-polar species; Б-АЦ — boreal-polar, Arctic circumpolar, АБ — amphyboreal; ТШБ — Pacific wide boreal; ТПШБ — Pacific Asian wide boreal; ТПВБ — Pacific Asian high boreal.

Таблица 2. Зоогеографический состав фауны амфипод (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) сублиторали Корякского побережья

Table 2. Zoogeographic composition of the amphipod fauna (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) of the sublittoral zone of the Koryak coast

Зоогеографический комплекс Zoogeographic complex	Количество видов Number of species	Доля от общего числа видов, % Percent in the total number of species, %
I Эндемы Тихоокеанской бореальной области / The endemics of the Pacific Boreal region:		
1. Тихоокеанские широкобореальные виды (Т.ШБ) (the Pacific wide boreal species)	4	6,5
2. Тихоокеанские приазиатские широкобореальные виды (Т.П.ШБ) (the Pacific Asian wide boreal species)	18	29,0
3. Тихоокеанские приазиатские высокобореальные виды (Т.П.ВБ) (the Pacific Asian high boreal species)	7	11,3
II Бореально-арктические виды (Б-А) / The Boreal-polar species		
Бореально-арктические циркумполярные в Арктике (Б-АЦ) (the Boreal-polar, Arctic circumpolar species)	19	30,6
	6	9,7
III Амфибореальные виды (АБ) / The amphyboreal species		
	8	12,9
Всего / In the total:	62	100,0

Примечание: Таблица составлена с учетом не только своих, но и литературных данных.
Note: The Table is made on the authors and literature data.

(13,8 г/м² при плотности поселения 160 экз./м²). Видовое богатство амфипод в этом месте невелико: всего 5 видов. Биомасса более 1 г/м² была только у одного вида — *Melita* sp. (1,6 г/м²; 60 экз./м²), у остальных — существенно меньше. Вклад амфипод в общую биомассу бентоса составлял 6,5%, преобладали усоногие раки (58%), брюхоногие моллюски (13,3%) и асцидии (10,8%).

Практически такая же биомасса — 15,3 г/м², при значительно большей плотности поселения, 2162 экз./м² — зарегистрирована неподалеку от вышеописанного места, в районе м. Рубикон на глубине 50 м, также на гравийно-галечном грунте, но с присутствием мелких валунов (ст. 90). Видовое богатство здесь было немногим больше, чем на предыдущей станции — 8 видов. Доминировала *Pontogeneia rostrata* (14,9 г/м²), создававшая весьма большую численность (1974 экз./м²), а субдоминантным видом был *Syrrhoe crenulata* (0,3 г/м²; 160 экз./м²). Доля амфипод в общей биомассе бентоса составляла всего 2%. На первом месте были правильные морские ежи *Strongylocentrotus pallidus* (62,7%), также присутствовали губки (7,3%), актинии (6,5%), сипункулиды (4,6%) и полихеты (4,6%).

На юге обследованного района у м. Олюторского (ст. 63) на глубине 39 м на крупном песке с валунами биомасса амфипод достигала 9,7 г/м² при плотности поселения 620 экз./м², в основном за счет присутствия *Caprella paulina* (8,9 г/м²; 464 экз./м²). Видовое богатство было по-прежнему невелико — 6 видов, относительно заметными были количественные показатели у *Melita* sp. (0,74 г/м²; 124 экз./м²). Вклад амфипод в общую биомассу бентоса составлял 3,2%, основную роль играли морские ежи *S. pallidus* (66,8%) и губки (26,1%).

Практически такая же биомасса, как на юге, была на севере у м. Наварин (ст. 62) на глубине 189 м на илистом песке с примесью гравия (9,4 г/м²; 192 экз./м²). Видовое богатство здесь значительно больше — 17 видов. Доминировала *Ampelisca eschrichti* (5,8 г/м²; 50 экз./м²), а субдоминантным видом была *Neohela pacifica* (1,5 г/м²; 32 экз./м²). Кроме этих видов, относительно существенную биомассу создавали другие представители сем. Ampeliscidae: *Ampelisca birulai* (0,4 г/м²; 6 экз./м²), *A. furcigera* (0,3 г/м²; 4 экз./м²), *A. macrocephala* (0,1 г/м²; 14 экз./м²), *Byblis erythrops* (0,6 г/м²; 38 экз./м²). Основной вклад в общую биомассу бентоса в этом месте вносили полихеты (40,6%) и

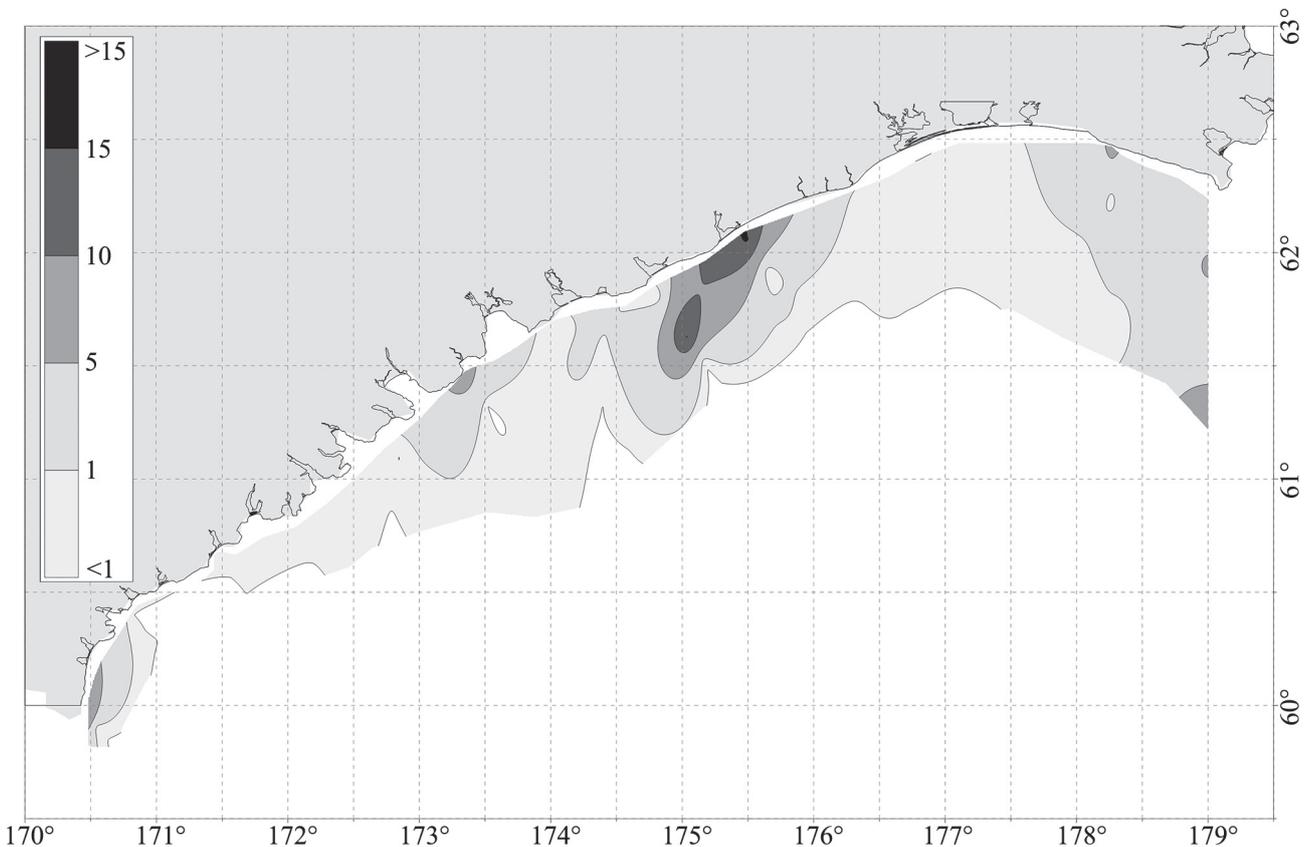


Рис. 3. Распределение биомассы амфипод (г/м²) на шельфе Корякского побережья, 2005 г.
Fig. 3. The distribution of the amphipod biomass (g/m²) on the shelf of the Koryak coast in 2005

фораминиферы (40%), а роль амфипод была значительно меньше — около 5%. Ближе к берегу (ст. 59), на глубине 100 м, на смешанном грунте (гравий, галька, илистый песок) биомасса амфипод была 5,9 г/м², большую часть которой создавали крупные особи *Wecomedon kurilicus* (3,8 г/м²; 44 экз./м²). На втором месте по биомассе (0,7 г/м²) и на первом по плотности поселения (104 экз./м²) был подвижный фильтратор *Protomedeia microdactyla*. Немного меньше была биомасса у других фильтраторов — *A. macrocephala* (0,6 г/м²; 12 экз./м²) и *Gammaropsis nitida* (0,3 г/м²; 44 экз./м²). Биомасса амфипод составляла всего 2% от общей биомассы бентоса. Основной вклад делали морские ежи (32,3%), двустворчатые моллюски (30,2%) и полихеты (24,9%).

Западнее м. Наварин (ст. 56) на глубине 21 м на твердых грунтах (валунах, гравии, гальке) биомасса была практически такой же — 5,5 г/м² при плотности поселения 160 экз./м². Из трех видов амфипод, обитавших в этом месте, доминировала *Melita* sp. (5,1 г/м²; 152 экз./м²). Общая биомасса бентоса здесь была более 1 кг/м², амфиподы составляли только незначительную ее часть (0,6%), основную роль играли усонogie раки (93,2%), кроме них — брюхоногие моллюски (2,9%) и полихеты (2,3%).

В прибрежье, в районе м. Орангутанг (ст. 80), на глубине 23 м на крупном песке и валунах обнаружен единственный вид — *Anisogammarus pugetensis*, создававший весьма существенную биомассу (6,8 г/м²) и плотность поселения (88 экз./м²). Общая биомасса бентоса здесь была очень мала — всего 12,1 г/м² при плотности поселения 108 экз./м², а амфиподы являлись лидирующей группой (56,9%), на втором месте были морские звезды (34,7%).

На нескольких станциях (53, 54, 58, 60, 61, 87, 94) биомасса амфипод немного превышала 1 г/м², а на остальной акватории она была меньше (рис. 3).

Максимальная (15,6 г/м²) и средняя (2,0 ± 0,6 г/м²) биомассы амфипод на Корякском шельфе в 2005 г. были выше, чем в Анадырском заливе в этом же году (соответственно 6,9 г/м² и 0,8 ± 0,2 г/м²). По данным В.Н. Кобликова и В.А. Надточего (2002), в 1985 г. количественные характеристики амфипод на Корякском шельфе также были больше, чем в Анадырском заливе.

В 1985 г. средняя биомасса амфипод (6,2 ± 3,1 г/м²) на шельфе всего Корякского побережья была выше, чем в 2005 г. (2,0 ± 0,6 г/м²), в три раза, а в Анадырском заливе в эти же сравниваемые

годы — в пять раз (3,93 ± 1,05 г/м² в 1985 г. и 0,83 ± 0,21 г/м² в 2005 г.) (Будникова, Безруков, 2018). Объяснить такую разницу в показателях, когда пробы взяты практически по одинаковой сетке станций, довольно трудно. Расхождения в результатах могут быть обусловлены межгодовой естественной флуктуацией численности и биомассы животных. Однако, вероятнее всего, при пятнистом распределении бентоса, и в частности амфипод, в том случае, когда величина биомассы невелика (около 10 г/м²), малейшее несовпадение координат станций приводит к расхождениям в данных. В районах же с биомассой на порядки выше (например, в Мечигменском заливе Берингова моря и в центральной части шельфа Восточного Сахалина Охотского моря) таких колебаний в показателях величины биомассы амфипод от года в год не отмечается. Не случайно эти акватории десятилетиями служат местом откорма серых китов (Блохин, Павлючков, 1999; Будникова, Безруков, 2002; Будникова, Блохин, 2012).

Распределение плотности поселения амфипод

В 2005 г. на Корякском шельфе распределение плотности поселения амфипод в основном соответствовало распределению биомассы (рис. 4). В четырех районах с повышенной биомассой (возле мысов Олюторский и Наваринский, а также еще в двух в центре исследованной акватории) была отмечена и повышенная численность этих животных. Максимальная плотность поселения (2162 экз./м²) наблюдалась на траверзе м. Рубикон (ст. 90) на глубине 50 м на жестком грунте (гравий, галька, мелкие валуны). Доминировала по обоим количественным показателям *P. rostrata* (1974 экз./м²; 14,9 г/м²), вид, который чрезвычайно редко встречается в таком количестве. Вторая по величине плотность поселения (620 экз./м²) зарегистрирована возле м. Олюторского (ст. 63), за счет присутствия руководящего вида *C. paulina* (464 экз./м²) и характерного *Melita* sp. (124 экз./м²). Третья (264 экз./м²) — в районе м. Наварин (ст. 59), где самое большое скопление образовывала *P. microdactyla* (104 экз./м²; 0,7 г/м²), а наибольшую биомассу (3,8 г/м²) создавали крупные экземпляры *W. kurilicus* (44 экз./м²). На станции 96, с самой большой величиной биомассы (15,6 г/м²), плотность поселения была четвертой по величине и достигала только 230 экз./м².

По количественным характеристикам доминировали два вида: *A. bruggeni* (160 экз./м²; 13,8 г/м²)

и *Melita* sp. (60 экз./м²; 1,6 г/м²). На станции 80, где биомасса единственного обнаруженного там вида (*A. pugettensis*) была весьма существенна (6,8 г/м²), плотность поселения составляла только 88 экз./м². На большей части акватории плотность поселения была меньше 100 экз./м², и видовое богатство также было невелико: 1–5 видов, что не характерно для фауны амфипод (обычно на большинстве станций не менее 10 видов, а на отдельных станциях видовое богатство может достигать и 40). Максимальное видовое богатство на Корякском шельфе — 17 наименований — зарегистрировано на

станции 62, где была и одна из высоких биомасс (9,4 г/м²; 192 экз./м²).

Амфиподы в составе сублиторальных сообществ корякского побережья

В 2005 г. на Корякском шельфе В.А. Надточим было выделено 7 сообществ: *Strongylocentrotus pallidus*, Cirripedia, *Astarte borealis*, Spongia, Ascidiacea, Actiniaria, *Serripes groenlandicus* (Отчет 26744, 2009). В состав каждого из них входили амфиподы, хотя их вклад в общую биомассу сообществ был разным (табл. 3). Например, самая большая средняя

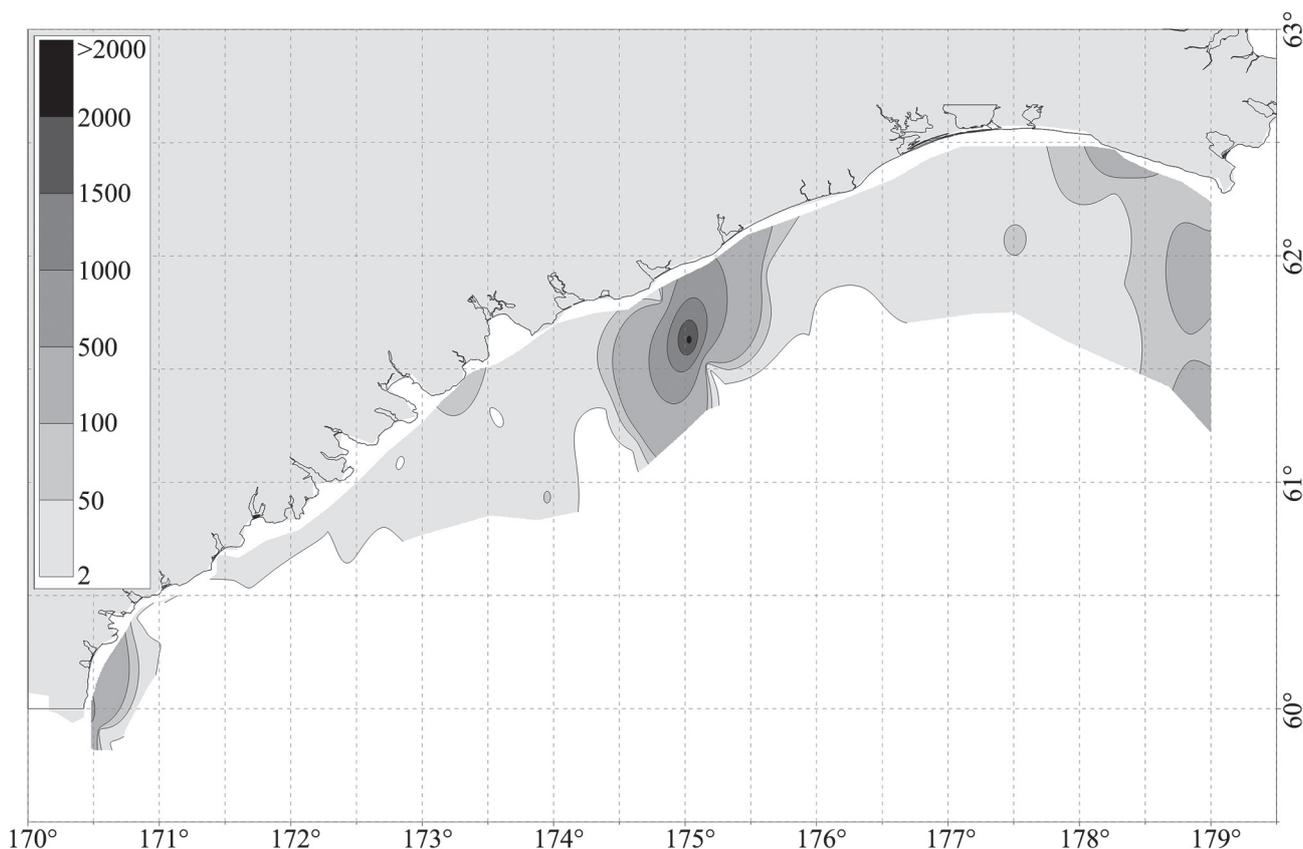


Рис. 4. Распределение плотности поселения амфипод (экз./м²) на шельфе Корякского побережья в 2005 г.
Fig. 4. The distribution of the population density of amphipods (ind./m²) on the shelf of the Koryak coast in 2005

Таблица 3. Количественные показатели амфипод в сублиторальных сообществах Корякского побережья, 2005 г.
Table 3. The indices characterizing the amphipods in the sublittoral communities of the Koryak coast in 2005

Сообщества Communities	Средняя биомасса сообщества, г/м ² Average community biomass, g/m ²	Средняя биомасса амфипод в сообществе, г/м ² Average amphipod biomass in the community, g/m ²	Вклад амфипод в сообщество, % Amphipod contri- bution into the community biomass, %	Количество видов амфипод в сообществе Number of amphi- pod species in the community
Cirripedia	383,1 ± 147,4	4,9 ± 2,6	1,3	14
<i>Serripes groenlandicus</i> *	209,5	1,4	0,7	2
Ascidiacea	420,8 ± 117,3	1,5 ± 0,5	0,4	18
<i>Strongylocentrotus pallidus</i>	581,0 ± 77,1	1,3 ± 0,6	0,2	53
Actiniaria	265,9 ± 81,9	0,4 ± 0,3	0,2	10
<i>Astarte borealis</i> *	359,1	0,5	0,1	4
Spongia*	474,0	0,2	< 0,1	6

Примечание: * — сообщество выделено по одной станции.
Note: * – community is allocated by one station.

биомасса амфипод ($4,9 \pm 2,6$ г/м², что составляло 1,3% общей средней биомассы сообщества) была в сообществе усоногих раков, в которое входило 14 видов амфипод. Закономерно, что самое большое количество видов амфипод (53) было в самом большом по территории сообществе *S. pallidus*, средняя биомасса амфипод в нем была довольно существенной — $1,3 \pm 0,6$ г/м², а доля в общей биомассе сообщества небольшой — 0,2%. Минимальным был вклад амфипод в сообществе губок — 0,03%, где было отмечено всего 6 видов амфипод, средняя биомасса которых составляла только 0,2 г/м². Меньше всего видов амфипод (2) было зарегистрировано в сообществе *Serripes groenlandicus*, их вклад в общую биомассу сообщества был всего 0,7%, а средняя биомасса в сообществе — 1,4 г/м².

Несмотря на географическую близость Корякского шельфа и Анадырского залива, состав и распределение донной фауны, в том числе и амфипод, имеют существенные различия. При сравнении видовых списков амфипод оказалось, что только 40 видов (т. е. половина) у них общие (табл. 1). В сублиторальной фауне амфипод шельфа Корякского побережья основное ядро составляют эндемы Тихоокеанской бореальной области, а в Анадырском заливе преобладают холодноводные элементы бореально-арктического комплекса.

Известно, что одним из важных факторов, влияющих на распределение донных животных, является наличие питательных веществ в придонных слоях воды и в поверхностных слоях грунта. Распределение этих веществ, в свою очередь, зависит от рельефа шельфа, который определяет динамику вод в придонных слоях и распределение зон осадконакопления. Резкие различия в характере распределения осадков имеются между узкими геосинклинальными и широкими платформенными шельфами (Нейман, 1961). Шельф Анадырского залива относится к платформенному типу, где имеются обширные зоны, занятые мелкозернистыми заиленными грунтами, где на больших площадях питательные вещества (детрит) концентрируются на дне. Корякский шельф относится к другому типу шельфа — геосинклинальному, на котором преобладают жесткие грунты, и питательные вещества находятся во взвешенном состоянии (Нейман, 1961). Отсюда резкие отличия в таксономическом составе, трофических группировках и распределении гидробионтов в этих двух районах.

В Анадырском заливе в бентосе преобладают: подвижные фильтраторы (*Echinorachnius parma*), собирающие (*Macoma calcarea*) и глотающие детритофаги (*Maldane sarsi*), а на Корякском шельфе — неподвижные фильтраторы (усоногие раки, губки, мшанки, гидроиды) (Надточий и др., 2008). Одной из массовых групп, как в Анадырском заливе, так и на Корякском шельфе, являются морские ежи, но в первом случае это плоский морской еж *E. parma*, а во втором — шаровидный *S. pallidus*.

В фауне амфипод этих акваторий также наблюдаются существенные различия. В Анадырском заливе по биомассе преобладают подвижные сестонофаги (*A. eoa*, *A. eschrichti*, *A. macrocephala*, *B. erythroptus*, *Haploops sibirica*, *Ischyrocerus* sp., *Protomedeia* sp.), а также виды, закапывающиеся в грунт и питающиеся детритом (*Harpiniopsis gurgjanovae*, *H. tarasovi*, *Pontoporeia femorata* и др.), причем эти виды распространены практически по всей акватории залива (Будникова, Безруков, 2018). В сублиторальной зоне Корякского шельфа виды этих трофических группировок встречались довольно редко и только на небольшом количестве станций (табл. 1). Они редко создавали существенные биомассы (например, у м. Наварин биомасса одного из видов-фильтраторов, *A. eschrichti*, достигала 5,8 г/м²). На большей части акватории Корякского шельфа преобладали амфиподы, которых можно отнести к хищникам (*C. paulina*, *A. pugettensis*), некрофагам (*W. kurilicus*) или полифагам (*A. bruggeni*, *P. rostrata*, *Melita* sp.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фауна амфипод Корякского шельфа состоит из 79 видов, в настоящий момент изучена далеко недостаточно, о чем свидетельствует довольно большое количество экземпляров с неопределенным видовым статусом. Большинство видов принадлежит к эндемам тихоокеанской бореальной области (46,8%) и к бореально-арктическому комплексу (40,3%).

Средняя биомасса амфипод в 2005 г. на шельфе Корякского побережья была больше, чем в этот же год в Анадырском заливе (соответственно $2,0 \pm 0,6$ г/м² и $0,8 \pm 0,2$ г/м²), однако меньше, чем в 1985 г., когда она составляла $6,2 \pm 3,1$ г/м². В среднем вклад амфипод в общую биомассу бентоса в 2005 г. был невелик — 0,4%, однако в местах их скопления на отдельных станциях он достигал 56,9%. Макси-

мальная биомасса 15,6 г/м² зарегистрирована в прибрежье м. Хайтырка, где доминировал *A. bruggeni*, а максимальная плотность поселения 2162 экз./м² — у м. Рубикон, где преобладала *P. rostrata*. Корякский шельф отличается от других районов дальневосточных морей малое видовое богатство амфипод на станциях (от одного до пяти видов на большей части). Максимальное видовое богатство (17 видов) отмечено только на одной глубоководной станции (62) на траверзе м. Наварин. Доминирующие виды в разных местах исследованной акватории разные и зачастую были обнаружены на небольшом количестве станций, или даже только на одной. Например, *A. pugettensis* был обнаружен только однажды (ст. 80) и был единственным видом на станции, где он создавал довольно большую для исследованного района биомассу — 6,8 г/м². Такие же локальные скопления образовывали другие массовые виды: *C. paulina* (8,9 г/м² на ст. 63) и *P. rostrata* (14,9 г/м² на ст. 90).

Узкий геосинклинальный шельф Корякского побережья резко отличается от широкого платформенного шельфа Анадырского залива многими факторами среды, поэтому, несмотря на то, что половина видового состава амфипод у них общая, общих доминирующих видов только три: *B. erythrops*, *A. macrocephala*, *W. kurilicus*. Поскольку на большей части акватории шельфа Корякии распространены жесткие грунты, подвижные сестонофаги, строящие домики-трубки в толще грунта (*B. erythrops*, *A. macrocephala* и некоторые другие), не получили здесь такого широкого развития, как в Анадырском заливе. На Корякском шельфе они создают только локальные скопления в местах с подходящими для них условиями — в основном на больших глубинах, где есть илистые осадки.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю признательность сотрудникам ТИНРО-Центра: В.А. Надточему — за определение двустворчатых моллюсков и иглокожих, и В.Н. Кобликову — за определение полихет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Беляев Г.М. 1960. Количественное распределение донной фауны в северо-западной части Берингова моря // Тр. ИО АН СССР. Т. 34. С. 85–103.
Блохин С.А., Павлючков В.А. 1999. Питание серых китов калифорнийско-чукотской популяции в

Мечигменском заливе // Изв. ТИНРО. Т. 126, ч. 2. С. 442–446.

Будникова Л.Л., Безруков Р.Г. 2002. Состав и распределение амфипод (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) на шельфе и верхней части склона Восточного Сахалина // Изв. ТИНРО. Т. 135. С. 197–220.

Будникова Л.Л., Безруков Р.Г. 2018. Таксономический состав и зонально-географические характеристики амфипод (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) сублиторальной зоны Анадырского и Мечигменского заливов (Берингово море) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 50. С. 41–53.

Будникова Л.Л., Блохин С.А. 2012. Состав пищи серого кита *Eschrichtius robustus* Lilljeborg, 1861 восточной популяции в Мечигменском заливе Берингова моря // Биология моря. Т. 38, № 2. С. 138–143.
Василенко С.В. 1974. Капреллиды (Морские козочки) морей СССР и сопредельных вод. Л.: Наука. 287 с. (Определители по фауне СССР, изд. Зоол. ин-том АН СССР. Вып. 107).

Виноградова Н.Г. 1954. Материалы по количественному учету донной фауны некоторых заливов Охотского и Берингова морей // Тр. ИО АН СССР. Т. 9. С. 136–158.

Голиков А.Н. 1982. О принципах районирования и унификации терминов в морской биогеографии // Морская биогеография. М.: Наука. С. 94–99.

Гурьянова Е.Ф. 1951. Бокоплавы морей СССР и сопредельных вод (Amphipoda-Gammaridea). Л.: Наука. 1029 с. (Определители по фауне СССР, изд. Зоол. ин-том АН СССР. Вып. 41).

Гурьянова Е.Ф. 1962. Бокоплавы северной части Тихого океана. Л.: Наука. Ч. I. 440 с. (Определители по фауне СССР, изд. Зоол. ин-том АН СССР. Вып. 74).

Дерюгин К.М., Иванова А.В. 1937. Предварительный обзор работ по изучению бентоса Берингова и Чукотского морей // Исслед. морей СССР. Вып. 25. С. 246–259.

Зенкевич Л.А., Филатова З.А. 1958. Общая краткая характеристика качественного состава и количественного распределения донной фауны дальневосточных морей СССР и северо-западной части Тихого океана // Тр. ИО АН СССР. Т. 27. С. 154–161.
Кобликов В.Н., Надточий В.А. 2002. Макробоо-бентос шельфа северо-западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. Т. 130. С. 329–335.

- Константинов А.С. 1972. Общая гидробиология. М.: Высшая школа. 472 с.
- Макаров В.В. 1937. Материалы по количественному учету донной фауны северной части Берингова моря и южной части Чукотского моря // Исслед. морей СССР. Вып. 25. С. 260–291.
- Надточий В.А., Будникова Л.Л., Безруков Р.Г. 2008. Некоторые результаты бонитировки бентоса в российских водах дальневосточных морей: состав и количественное распределение (Берингово море) // Изв. ТИНРО. Т. 153. С. 264–282.
- Нейман А.А. 1961. Некоторые закономерности количественного распределения бентоса в Беринговом море // Океанология. Т. 1, вып. 2. С. 294–304.
- Нейман А.А. 1983. Рекомендации по исследованию бентоса шельфов. М.: ВНИРО. 24 с.
- Отчет № 26744. 2009. Количественное распределение макробентоса и донные сообщества Корякского шельфа: Отчет о НИР (промежут.) / Рук. В.И. Чучукало. Исполн.: Надточий В.А., Будникова Л.Л., Безруков Р.Г., Долганова А.С., Ревенко Е.В. Владивосток: ТИНРО-Центр. 33 с. Библиогр.: С. 12–30. Арх. № 26744.
- Филатова З.А., Барсанова Н.Г. 1964. Сообщества донной фауны западной части Берингова моря // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. Т. 69. С. 6–97.
- Филатова З.А., Нейман А.А. 1963. Биоценозы донной фауны Берингова моря // Океанология. Т. 3, вып. 6. С. 1079–1084.
- Шунтов В.П., Дулепова Е.П. 1995. Современное состояние, био- и рыбопродуктивность экосистемы Берингова моря // Комплексные исследования экосистемы Берингова моря: Сб. науч. тр. М.: ВНИРО. С. 358–387.
- Barnard J.L., Karaman G.S. 1991. The families and genera of marine gammaridean Amphipoda (except marine gammaroids) // Rec. Austral. Mus. Vol. 13, № 1–2. P. 1–866.
- Belyaev G.M. Quantitative distribution of bottom-dwelling fauna in the Northwest of the Bering Sea. *Tr. Inst. Okeanol. Akad. Nauk SSSR*, 1960, vol. 34, pp. 85–103. (In Russian)
- Blokhin S.A., Pavlyuchkov V.A. Feeding of gray whales of the California-Chukchi population in the Mechigmen Bay. *Izvestiya TINRO*, 1999, vol. 126, part 2, pp. 442–446.
- Budnikova L.L., Bezrukov R.G. Composition and distribution of amphipods (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) on the shelf and upper part of the Eastern Sakhalin slope. *Izvestiya TINRO*, 2002, vol. 135, pp. 197–220. (In Russian)
- Budnikova L.L., Bezrukov R.G. Taxonomic composition and zonal-geographical characteristics of amphipods (Amphipoda: Gammaridea, Caprellidea) of the sublittoral zone of the Anadyr and Mechigmen Bays (Bering Sea). *Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the North-Western Pacific Ocean*, 2018, issue 50, pp. 41–53. (In Russian)
- Budnikova L.L., Blokhin S.A. Food composition of gray whale *Eschrichtius robustus* Lilljeborg, 1861 eastern population in the Mechigmen Bay of the Bering Sea. *Biologia morja*. 2012. Vol. 38, No. 2, pp. 138–143. (In Russian)
- Vasilenko S.V. Caprellids (sea goats) of the USSR seas and adjacent waters. Leningrad: Science, 1974. 287 p. (In Russian)
- Vinogradova N.D. The data on quantitative calculation of bottom fauna of some bays of the Okhotsk and Bering seas. *Tr. Inst. Oceanol. Akad. Nauk USSR*, 1954, vol. 9, pp. 136–158. (In Russian)
- Golikov A.N. On the principles of zoning and unification of terms in marine biogeography // *Marine biogeography*. Moscow: Science, 1982. Pp. 94–99. (In Russian)
- Gurjanova E.F. *Bokoplavy morey SSSR i sopredelnikh vod (Amphipoda – Gammaridea)* [Amphipods (Gammaridea) of the seas of the USSR and adjacent waters]. Leningrad: Nauka, 1951, 1029 p. (In Russian)
- Gurianova E.F. *Bokoplavy severnoy chaste Tikhogo Okeana (Amphipoda, Gammaridea)* [Amphipods (Gammaridea) of the North Pacific]. Leningrad: Nauka, 1962, Part I, 440 p. (In Russian)
- Deryugin K.M., Ivanova A.V. Preliminary review of works on the study of benthos of the Bering and Chukchi seas. *Research. seas of the USSR*, 1937, issue 25, pp. 246–259. (In Russian)
- Zenkevich L.A., Filatova Z.A. General brief description of the qualitative composition and quantitative distribution of the bottom fauna of the far Eastern seas of the USSR and the North-Western Pacific. *Tr. Inst. Oceanol. Akad. Nauk USSR*, 1958, vol. 27, pp. 154–161. (In Russian)
- Koblikov V.N., Nadtochiy V.A. Macrozoobenthos of the north-western Bering Sea shelf. *Izvestiya TINRO*, 2002, vol. 130, pp. 329–335. (In Russian)
- Konstantinov A.S. *Obshchaya gidrobiologiya* [General Hydrobiology]. Moscow: *Vysshaya shkola*, 1972, 472 p. (In Russian)

Makarov V.V. Materials on quantitative estimation of bottom fauna of the northern part of the Bering Sea and the southern part of the Chukchi Sea. *Explorations of the Seas of the USSR*, 1937, issue 25, pp. 260–291. (In Russian)

Nadtochiy V.A., Budnikova L.L., Bezrukov R.G. Some results of benthos researchers in Russian Far Eastern Seas: composition and quantitative distribution (Bering Sea). *Izvestiya TINRO*, 2008, vol. 153, pp. 264–282. (In Russian)

Neyman A.A. Some patterns of quantitative distribution of benthos in the Bering Sea. *Oceanology*, 1961, vol. 1, issue 2, pp. 294–304. (In Russian)

Neyman A.A. *Rekomendatsii po issledovaniyu bentosa shelfov* [Recommendations about research of benthos]. Moscow: VNIRO, 1983, 24 p. (In Russian)

Quantitative distribution of macrobenthos and benthic communities in the Koryak shelf. Report on Research (Intermediate.): *Archiv NINRO-Tsenter*, 2009, № 26744, 33 p. (In Russian)

Filatova Z.A., Barsanova N.D. Communities of benthic fauna of the western Bering Sea. *Tr. Instit. Oceanol. Akad. Nauk USSR*, 1964, vol. 69, pp. 6–97. (In Russian)

Filatova Z.A., Neyman A.A. Biocenoses of bottom fauna of the Bering Sea. *Oceanology*, 1963, vol. 3, issue 6, pp. 1079–1084. (In Russian)

Shuntov V.P., Dulepova E.P. Current state, bio- and fish productivity of the Bering Sea ecosystem. Complex studies of the Bering Sea ecosystem. Moscow: VNIRO, 1995, pp. 358–387. (In Russian)

Barnard J.L., Karaman G.S. The families and genera of marine gammaridean Amphipoda (except marine gammaroids). *Rec. Austral. Mus.*, 1991. Vol. 13, № 1–2. Pp. 1–866.

Статья поступила в редакцию: 10.06.2019

Статья принята после рецензии: 25.07.2019

УДК 574.587

DOI: 10.15853/2072-8212.2020.56.107-119

МАКРОБЕНТОС ТИПИЧНОГО МАЛОГО ВОДОТОКА ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ (НА ПРИМЕРЕ РУЧЬЯ Б/Н, ОСТРОВ ШИКОТАН)

В.С. Лабай, А.И. Новоселова, Е.В. Абрамова, О.Н. Березова, Е.С. Корнеев, О.Б. Шарлай, Т.С. Шпилко



Зав. лаб., д. б. н.; спец.; ст. спец.; ст. спец.; вед. спец.; спец.; ст. спец.;
Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии («СахНИРО»)
693023 Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196. Тел.: 8 (4242) 45-67-79
E-mail: v.labaj@yandex.ru; ms.alenochk@mail.ru; evgesha.abramova.76@mail.ru; olga.berezova@mail.ru;
egorich96052@mail.ru; oksana.sharlay@yandex.ru; tat.shpilko@yandex.ru

КРЕНАЛЬ, РИТРАЛЬ, ЭСТУАРИЙ, МАКРОЗООБЕНТОС, ДОННОЕ СООБЩЕСТВО, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА, ШИКОТАН

Описаны структура, количественные показатели, особенности распределения вдоль русла реки основных сообществ макробентоса кренали, ритрала и эстуарной зоны ручья б/н (о-в Шикотан). Приведены основные закономерности распределения сообществ макрозообентоса ручья.

MACROBENTHOS OF A TYPICAL SMALL STREAM OF THE SOUTHERN KURIL ISLANDS (EXAMPLE OF NAMELESS STREAM, SHIKOTAN ISLAND)

Vyacheslav S. Labay, Alena I. Novoselova, Eugenia V. Abramova, Olga N. Berezova, Egor S. Korneev, Oksana B. Sharlay, Tatiana S. Shpilko

Head of Lab., D. Sc. (Biology); specialist; senior specialist; senior specialist;
leading specialist; specialist; senior specialist;
researcher; Sakhalin Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("SakhNIRO")
693023 Komsomolskaya Str., 196, Yuzhno-Sakhalinsk. Tel.: +7 (4242) 45-67-79
E-mail: v.labaj@yandex.ru; ms.alenochk@mail.ru; evgesha.abramova.76@mail.ru; olga.berezova@mail.ru;
egorich96052@mail.ru; oksana.sharlay@yandex.ru; tat.shpilko@yandex.ru

KRENAL, ROTRAL, ESTUARY, MACROZOOBENTHOS, BOTTOM COMMUNITY, KURIL ISLANDS, SHIKOTAN
Structure, quantitative indicators and specifics of distribution of principal macrozoobenthos communities of krenal, ritral and estuarine zones in the body of nameless stream (Shikotan Is.) are described. General patterns of the distribution are explained.

Макрозообентос рек островов Курильского архипелага, состав и структура донных сообществ, их количественные характеристики практически не изучены. Имеются ограниченные сведения о фауне отдельных отрядов и семейств (Растительный..., 2002) и описание биологии отдельных эстуарных видов ракообразных (Дулепов и др., 1986).

В то же время отмечается рост востребованности знаний о макробентосе водотоков Курильских островов в системе мониторинга речных экосистем и при описании кормовой базы речных ихтиоценозов. Это обусловлено не только научным интересом, но и интенсивным развитием инфраструктурных проектов, которые требуют экологического обоснования.

В октябре 2018 г. при реализации плана научных исследований Сахалинского государственного университета была проведена бентосная съемка на различных биотопических участках русла ручья б/н на о-ве Шикотан: креналь (род-

никовая часть), ритраль и эстуарий. Материалы этого обследования легли в основу данной работы.

Цель работы — описание состава, структуры, количественных характеристик и выявление основных закономерностей изменчивости макробентоса в типичном малом водотоке островов южной части Курильского архипелага.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в русле ручья б/н, впадающего в бух. Крабовую (о-в Шикотан) в окрестностях с. Крабовозаводского 20–22 октября 2018 г. Всего на 8 станциях в кренали, ритралах и эстуарии ручья (типизация по Дж. Иллиесу (Illies, Votošaneanu, 1963)) было отобрано 56 проб макробентоса (рис. 1, табл. 1). Отбор проб осуществлялся бентометром Леванидова (0,09 м²) (Методические..., 2003), затем их промывали и фиксировали 4%-м нейтрализованным формалином.

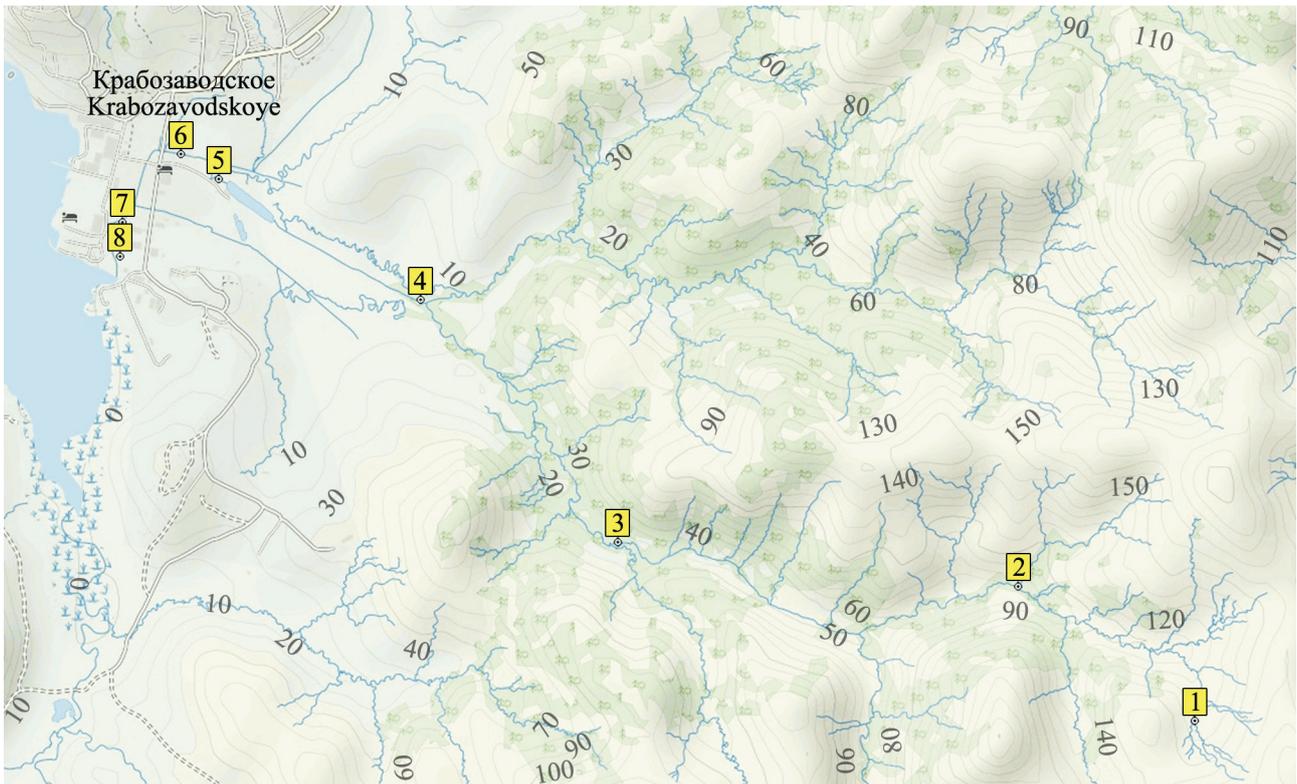


Рис. 1. Карта-схема района исследований; кружками показаны станции отбора проб бентоса
 Fig. 1. Schematic map of the research area; the dots mark the stations of sampling benthos

Таблица 1. Объем собранных данных / Table 1. The size of the sample collected

№ станции № of station	Долгота, °в.д. Longitude, °E	Широта, °с.ш. Latitude, °N	Количество проб на станции Number of samples per station	Элемент русла Part of river body
1	43.811655	146.790221	5	Креналь / Krenal
2	43.815335	146.783611	10	Верхняя ритраль / Upper ritral
3	43.816526	146.768643	10	Средняя ритраль / Medium ritral
4	43.823123	146.761261	10	Нижняя ритраль / Lower ritral
5	43.826416	146.753732	5	Нижняя ритраль / Lower ritral
6	43.827090	146.752287	5	Верхнеэстуарная зона Upper estuarine zone
7	43.825232	146.750112	5	Среднеэстуарная зона Medium estuarine zone
8	43.824312	146.750027	6	Нижнеэстуарная зона Lower estuarine zone

В кренали и ритрали ручья при отборе каждой пробы макрозообентоса с помощью зонда ГМЦ-1 измеряли скорость течения в придонном слое воды.

Большинство донных беспозвоночных определены до вида, некоторые представители двукрылых, поденок и олигохет — только до ранга рода или семейства.

Для классификационных и ординационных процедур в качестве меры обилия видов использован показатель Q (кал/м² * час), эквивалентный энергетическим затратам на дыхание всех особей i -го вида на удельной площади:

$Q = k \cdot B_i^{0.75} \cdot N_i^{0.25}$ (Кучерук, Савилова, 1985; Azovsky et al., 2000), где B_i (г/м²) и N_i (экз./м²) — удельные биомасса и плотность i -го вида на 1 м² соответственно. Из обобщенных данных коэффициент k

принимается для Oligochaeta и Polychaeta равным 0,178; для Gastropoda — 0,126; для Amphipoda — 0,302; для Mysida, Isopoda, Decapoda — 0,133; Plecoptera и Ephemeroptera — 0,233; Trichoptera и Coleoptera — 0,293; Diptera — 0,189 (Голубков, 2000; Алимов и др., 2013).

Для сравнения видовых списков гидробионтов использовался коэффициент Сёренсена ($I_{x,y}$, %) (География., 2002):

$$I_{x,y} = \frac{2c}{a+b} * 100,$$

где: c — количество общих видов в районах x и y ; a и b — количество видов в районах x и y соответственно.

При выделении сообществ донных гидробионтов на условных станциях 1 и 2 использовался

индекс сходства, впервые предложенный Я. Чекановским (Максимович, Погребов, 1986):

$$C_{1,2} = 2 \sum (\text{MINE}_{i, x_{2i}}) / (\sum x_{1i} + \sum x_{2i}),$$

где x_i — величина обилия i -го вида (Q) на условных станциях 1 и 2 соответственно. Пробы считались отобранными из одного сообщества при превышении значения индекса 40%. Кластеризацию исходных матриц осуществляли по методу невзвешенных парно-групповых средних (unweighted pair-group average) (Дюран, Оделл, 1977).

При описании структуры донных сообществ использовались следующие параметры: количество видов (S); удельная численность (плотность) (N , экз./м²); биомасса (B , г/м²); относительная численность вида (N , % от общей численности макрозообентоса); относительная биомасса вида (B , % от общей биомассы макрозообентоса); частота встречаемости ($ЧВ$, %). Определяющим при структуризации сообществ был коэффициент относительности ($КО$), рассчитываемый как произведение относительной средней B (%) или показателя Q (%) на частоту встречаемости (%) (Палий, 1961). При структуризации сообществ учитывали долю каждого вида (формы) в средней общей Q макрозообентоса, $ЧВ$ и $КО$. Вид считался доминирующим (превалирующим), если значение коэффициента относительности попадало в диапазон 1000–10 000 (доля доминирующего вида от общей Q сообщества составляла более 10% при частоте встречаемости 100%). Названия сообществ приведены по доминирующим видам.

Для выявления основных закономерностей в распределении бентоса применялось построение ординационного графа методом главных компонент (Калинина, Соловьев, 2003) в программе STATISTICA version 8.

Для оценки видовой разнообразия водных сообществ использовался индекс видовой разнообразия Шеннона–Уивера (I_{BO} , бит/экз.) (География..., 2002).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Параметры среды на обследованных станциях. Длина водотока равна 5,18 км, средневзвешенный уклон русла — 17,4‰, средний уклон водосбора — 230,5‰. Площадь водосбора до устья ручья составляет 12,58 км² (собственные расчетные данные).

Ручей б/н берет начало в низкогорном массиве в пределах центральной части о-ва Шикотан к

востоку от с. Крабовозовского на высоте порядка 130 м над уровнем моря и впадает в бух. Крабовую в районе рыбоперерабатывающего завода ООО «Гидрострой». Низовье ручья подвержено воздействию приливно-отливных явлений. Бассейн водотока неправильной формы, вытянут с юго-юго-востока на северо-северо-запад, имеет горный характер рельефа. Склоны водосбора поросли курильским бамбуком и смешанным лесом.

В верхнем течении ручей имеет явно выраженный горный характер, с большим количеством мелких порогов и водопадов. В среднем течении ручей имеет горно-предгорный облик с явным преобладанием перекаатов, средний его уклон составляет 34,0‰. В нижней части водоток равнинного типа, протекает по заболоченной равнине. Ширина долины 600–700 м, высота бортов — до 50 м. Пойма поросла травяной растительностью, кустарником и редкими одиночными деревьями, занята сельской застройкой. Русло прямолинейное (искусственно спрямленное), шириной 5,5–6,0 м. Высота бровок — 0,5–0,8 м. Течение в русле спокойное. Во время максимального прилива вода поднимается до уровня бровок. Устье водотока находится под влиянием приливно-отливных явлений и подвержено сильному антропогенному воздействию. С правого берега расположено рыбоперерабатывающее предприятие, с левого — старая дизель-электростанция.

Все водотоки о-ва Шикотан относятся к смешанному типу питания, при этом выделяются ручьи, в питании которых преобладают подземные и талые воды. Большое влияние на режим ручьев оказывает количество осадков и распределение их в течение года, а также геологическое строение бассейна. Весной увеличивается роль талых вод, а летом преобладает дождевое питание. В зимний сезон поверхностное питание полностью прекращается, и подземные воды служат единственным источником питания ручьев. Величина грунтового питания составляет 51–58% годового объема (Ресурсы..., 1963).

Распределение количественных характеристик бентоса. В составе макрозообентоса ручья б/н встречен 71 таксон видовой и родового ранга, его основу по разнообразию и количественно формировали амфибиотические насекомые — 52 вида, среди которых наиболее значимыми группами были двукрылые (17 видов), поденки (13), веснянки (11) и ручейники (9 видов). Основу биомассы

макрозообентоса в кренали и ритрали ручья формировали ручейники (44,1–82,2%), при значительной доле двукрылых, поенок и веснянок (более 3–5%). Такое соотношение групп амфиботических насекомых характерно для ритрали «лососевых» рек юга Дальнего Востока (Леванидова, 1982). Отличительной особенностью ручья б/н, по сравнению с аналогичными по размеру водотоками о-ва Сахалин (Лабай и др., 2015), является развитая эстуарная зона со специфичной солоноватоводной фауной.

По составу макрозообентоса наблюдается отчетливое разделение ручья на две зоны. В кренали и ритрали ручья (первая зона) наиболее значительную роль в формировании видового состава играли водные насекомые так называемых групп «чистой воды» (поенки, веснянки и ручейники) и двукрылые насекомые (табл. 2). В эстуарии реки (за исключением верхнеэстуарной зоны) основу бентофауны формировали специфические солоно-

ватоводные полихеты и ракообразные, типичные для солоноватоводных эстуариев и лагун о-ва Сахалин (Лабай, 2015).

Такое распределение подтверждается дендрограммой сходства таксономического состава макрозообентоса по станциям (рис. 2), на которой на низком уровне сходства выделяются два больших кластера: первый соответствует объединенной зоне кренали–ритрали, второй — эстуарной зоне.

Плотность донных гидробионтов возрастала от верхней ритрали к нижней с 132 ± 13 до 778 ± 97 экз./м². Наибольшая биомасса донных беспозвоночных в пределах объединенной зоны кренали–ритрали отмечена в верхней и средней ритрали ($4,653 \pm 0,651$ и $4,704 \pm 0,698$ г/м² соответственно), а в эстуарии ручья минимальные показатели обилия приурочены к среднеэстуарной зоне (124 ± 13 экз./м² и $1,218 \pm 0,334$ г/м² соответственно).

Таблица 2. Показатели обилия макробентоса на бентосных станциях*
Table 2. The indices of the macrobenthos abundance at the sampling stations*

Станция Station	Показатель Index	OI	Pol	Am	Is	Mys	Dec	Eph	Pl	Tr	Di	Прочие Other	Интегральные показатели обилия, S (видов), N (экз./м ²), B (г/м ²), Q (кал/м ²) Integral indices of the abundance, S (species), N (spc/m ²), B (g/m ²), Q (cal/m ²)
1	S	1	–	1	–	–	–	4	3	3	6	1	19
	N, %	2,1	–	5,3	–	–	–	11,6	3,2	67,4	9,5	1,1	211±23
	B, %	1,0	–	4,5	–	–	–	4,2	1,0	74,7	14,5	0,1	2,082±0,242
	Q, %	0,2	–	3,4	–	–	–	1,5	0,3	92,4	2,1	0,1	20,459±2,501
2	S	2	–	–	–	–	–	6	8	8	7	1	32
	N, %	4,2	–	–	–	–	–	30,3	28,6	25,2	10,1	1,7	132±13
	B, %	0,2	–	–	–	–	–	10,9	7,4	80,8	0,7	0,1	4,653±0,651
	Q, %	0,4	–	–	–	–	–	16,1	8,4	74,2	0,9	0,1	10,936±1,524
3	S	4	–	–	–	–	–	4	5	6	4	–	23
	N, %	17,0	–	–	–	–	–	33,0	14,3	29,5	6,3	–	124±13
	B, %	3,2	–	–	–	–	–	7,5	6,6	82,2	0,6	–	4,704±0,698
	Q, %	3,2	–	–	–	–	–	16,9	5,5	73,9	0,5	–	13,572±1,913
4	S	2	–	1	–	–	–	6	5	6	8	2	30
	N, %	1,3	–	2,6	–	–	–	24,2	14,4	13,1	32,7	11,8	170±19
	B, %	2,2	–	3,9	–	–	–	13,5	7,7	44,1	27,8	0,9	2,847±0,470
	Q, %	1,0	–	7,4	–	–	–	24,5	10,0	30,1	23,6	3,4	7,582±0,976
5	S	4	–	1	–	–	–	7	6	5	6	1	30
	N, %	53,4	–	4,9	–	–	–	21,4	7,7	4,0	5,4	3,1	778±97
	B, %	21,2	–	48,7	–	–	–	10,4	11,7	5,9	1,5	0,7	3,887±0,422
	Q, %	45,8	–	31,9	–	–	–	9,6	7,7	3,0	1,2	0,8	29,998±3,403
6	S	1	1	3	1	1	–	1	2	1	10	1	22
	N, %	6,1	16,2	9,1	30,3	1,0	–	1,0	2,0	8,1	24,2	2,0	2220±25
	B, %	0,5	59,9	17,8	8,3	0,6	–	0,2	1,4	4,2	6,5	0,5	0,688±0,072
	Q, %	0,9	54,4	11,8	15,5	0,3	–	0,3	1,1	7,8	7,3	0,7	0,688±0,072
7	S	–	1	2	1	1	1	–	–	–	–	–	6
	N, %	–	10,7	8,9	5,4	71,4	3,6	–	–	–	–	–	124±13
	B, %	–	76,5	3,0	1,7	16,0	2,8	–	–	–	–	–	1,218±0,163
	Q, %	–	46,5	6,6	1,7	42,9	2,4	–	–	–	–	–	3,041±0,334
8	S	–	2	1	1	1	1	–	–	–	1	1	8
	N, %	–	13,7	2,4	1,6	72,6	7,3	–	–	–	0,8	1,6	230±24
	B, %	–	25,2	1,4	1,9	14,9	19,9	–	–	–	0,1	36,6	2,808±0,334
	Q, %	–	29,1	2,9	0,9	46,0	10,6	–	–	–	0,1	10,4	8,046±0,860

*OI — Oligochaeta, Pol — Polychaeta, Am — Amphipoda, Is — Isopoda, Mys — Mysida, Dec — Decapoda, Eph — Ephemeroptera, Pl — Plecoptera, Tr — Trichoptera, Di — Diptera

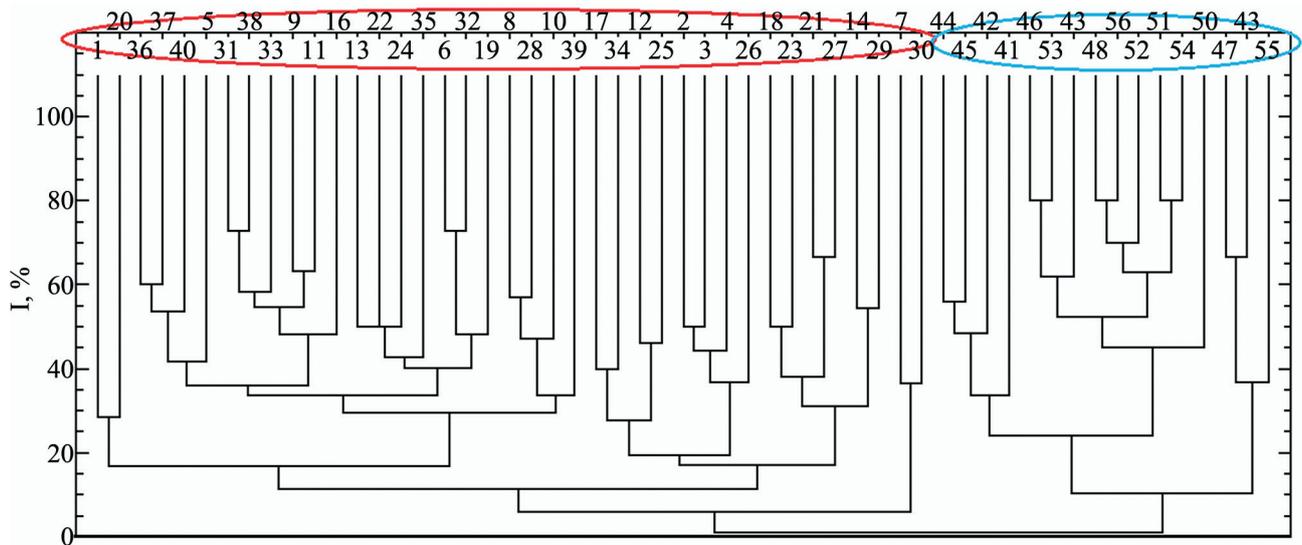


Рис. 2. Дендрограмма видового сходства макрозообентоса станций бентосной съемки по индексу Серенсена (I)
 Fig. 2. The dendrogram of the macrobenthos species similarity among stations of the survey on the Sorensen similarity coefficient (I)

В целом, в кренали на преимущественно скалисто-щебнистом грунте основу общей плотности макрозообентоса формировали ручейники и поденки, основу общей биомассы — ручейники и двукрылые (табл. 2). Доминантами в донном сообществе кренали являлись личинки ручейников *Apatania crutophila*, вклад которых в общую плотность составлял 64,2%, в общую биомассу — 71,1%. Значительный вклад в общую биомассу (в сумме 9,4%) отличал также лиминиид *Hexatoma* indet. и типулид *Tipula* indet.

Ниже по течению в верхней ритрале на галечно-гравийно-щебнистых грунтах при формировании общей плотности макрозообентоса наиболее значимы были поденки, веснянки и ручейники. Основу общей биомассы создавали ручейники и поденки. Так, 77,9% общей биомассы обеспечивали *Stenopsyche marmorata* и *Hydatophylax* indet., типичные обитатели жестких грунтов предгорных и горных водотоков о-ва Сахалин (Лабай и др., 2015). Ключевыми видами на данном участке были также поденки *Ephemera japonica* и веснянки *Megarctus ochracea*, которые совместно формировали еще 12,6% общей биомассы.

При переходе к средней ритрале на галечно-гравийно-каменистых грунтах отмечается донное сообщество, близкое к таковому в верхней ритрале. Основу общей биомассы здесь также формировали ручейники с доминированием личинок ручейников *S. marmorata* (78,7%). Поденки *E. japonica* и веснянки *Arcynopteryx dichroa* совместно формировали еще 10,7% общей биомассы.

В нижней ритрале (станция 4) на галечно-гравийном грунте состав макрозообентоса аналогичен таковому в средней и верхней ритрале. По плотности преобладали двукрылые (32,7%) и поденки (24,2%); наиболее значимы по биомассе были ручейники, двукрылые и поденки. Доминанта не выделялась. Ключевые виды (личинки ручейников *S. marmorata*, поденок *E. japonica*, веснянок *A. dichroa*, двукрылых *Dicranota* indet. и *Tipula* indet.) формировали 81,7% общей биомассы.

На другом створе нижней ритрале (станция 5) на камнях с гравием отмечалась коренная перестройка донного сообщества. Ключевую роль в сообществе стали играть малощетинковые черви и разноногие раки, которые совместно формировали 69,8% общей биомассы. Изменился состав доминант: бокоплавы *Eogammarus barbatus* и веснянки *A. dichroa* совместно формировали 59,8% биомассы макрозообентоса. Прочие ключевые виды (малощетинковые черви Lumbricidae indet., *Tubifex tubifex*, личинки поденок *Rhithrogena* gr. *lepnevae*, *E. japonica* и *Baetis* (*Baetis*) indet.) характеризовались совместным вкладом в общую биомассу, равным 28,4%.

В целом на станциях средней и нижней ритрале отмечен значительный вклад в общую биомассу потребителей растительного детрита: бокоплавов, веснянок *A. dichroa*, ручейников *Hydatophylax* indet. Такая ситуация является типичной для осеннего периода в малых водотоках региона (Лабай и др., 2015; Живоглядова и др., 2012; Лабай и др., 2019).

Следующая кардинальная смена состава и структуры макрозообентоса отмечается при переходе к верхнеэстуарной зоне. Воздействие приливных явлений обусловило смену ключевых таксонов. Основной вклад в интегральную плотность обеспечивали изоподы, двукрылые и полихеты, а в биомассу — полихеты *Hediste japonica* (59,9%) и разноногие раки (табл. 2). Еще 28,5% биомассы в сумме формировали изоподы *Gnorimosphaeroma kurilense*, ручейники *A. crymophila* и бокоплав *E. barbatus*.

Переход к среднеэстуарной зоне характеризуется обеднением донного населения до 6 специфических солоноватоводных видов, характерных для эстуарных вод Дальнего Востока (Лабай, 2015). На занесенной песком скале основу плотности и биомассы макрозообентоса создавали полихеты *H. japonica* и мизиды *Neomysis awatschensis*, их биомасса в сумме составила 92,5% от общей.

В приустьевой зоне на песчано-илистом грунте состав донных беспозвоночных был аналогичен предыдущему участку, по численности доминировали мизиды (*N. awatschensis*), по биомассе — полихеты (*H. japonica*) и декаподы (*Crangon amurensis*).

Минимальные значения индекса видового разнообразия, как по плотности, так и по биомассе, характеризовали среднеэстуарную зону (1,0 и 0,8 бит/вид соответственно), что свидетельствует о высокой структурированности донного сообщества при ограниченном видовом составе. Здесь, вероятно, сказывается лимитирующее воздействие на видовой состав макрозообентоса α -хорогалинной зоны (Хлебович, 1989). Наибольшие индексы по плотности отмечены для станций ритрала (2,7–3,1 бит/вид), где при высоком видовом разнообразии отмечалась полидоминантность по численности. Рост количества ключевых видов по биомассе наблюдался в нижней ритрала (1,9–2,0 бит/вид). Резко отличается от прочих станций горно-предгорного участка зона кренали, где высокая структурированность сообщества (1,6 бит/вид по плотности, 1,2 бит/вид по биомассе) обусловлена постоянством гидрологических условий.

При анализе структуры макробентоса на станциях методом главных компонент по нормализованному вкладу каждого вида в суммированную Q в пробе (рис. 3) выделяются три основных совокупности. Первая из них объединяет пробы 2, 4, 6, 18, 21, 23, 27 со станций кренали и ритрала. В этих

пробах отмечено превалирование личинок ручейников *A. crymophila* и личинок поденок *E. japonica*. Вторая совокупность, включающая пробы 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, не имеет общей доминанты; наиболее значимыми видами, формирующими совместно 68,5% общего Q , являются ручейники *S. marmorata*, *A. crymophila*, *Hydatophylax* indet., веснянки *A. dichroa*, поденки *E. japonica*, *Rh. gr. lepnevae*, болотницы *Dicranota* indet. и бокоплав *E. barbatus*. Обе этих совокупности относятся к зонам кренали и ритрала с полным перекрытием как по зонам, так и по скорости течения и типу грунта. Факторы, обуславливающие такое разделение проб объединенной зоны кренали–ритрала, не выявлены.

К третьей выделенной совокупности относятся все пробы, собранные в эстуарной зоне, в которой превалируют полихеты *H. japonica* и мизиды *N. awatschensis*.

Влияние основных измеренных факторов среды (глубина пробы, тип грунта, скорость течения) на показатели обилия макрозообентоса в целом (S , N , B) и отдельных ключевых видов исследовано методом главных компонент (рис. 4). Очевидно, что такие взаимосвязанные факторы как скорость течения и тип грунта определяли видовое богатство (S), численность (N) макрозообентоса в целом и биомассу ряда ключевых видов: веснянок *A. dichroa*, поденок *Rh. gr. lepnevae*, *Baetis* (*Baetis*) indet., болотниц *Dicranota* indet., бокоплавов *E. barbatus*, олигохет *Lumbricidae* indet. и *T. tubifex*. Глубина места лимитировала распределение поденок *E. japonica*. Биомасса донного сообщества зависела от распределения крупноразмерных ручейников *S. marmorata* и веснянок *M. ochracea*, но фактор влияния на эти виды не определен. Еще одна группа видов — болотницы *Hexatoma* indet., ручейники *A. crymophila* и *Hydatophylax* indet. — формирует четко очерченный кластер, для которого не определен фактор воздействия.

Основные сообщества. Ценотическое сходство макрозообентоса на обследованных станциях отражено на рисунке 5.

Среди всего многообразия обособившихся кластеров, отождествляемых с донными сообществами (табл. 3), выделяются три, соответствующие основным донным сообществам ритрала ручья б/н, которые отмечены в той или иной мере почти на всех станциях ритрала.

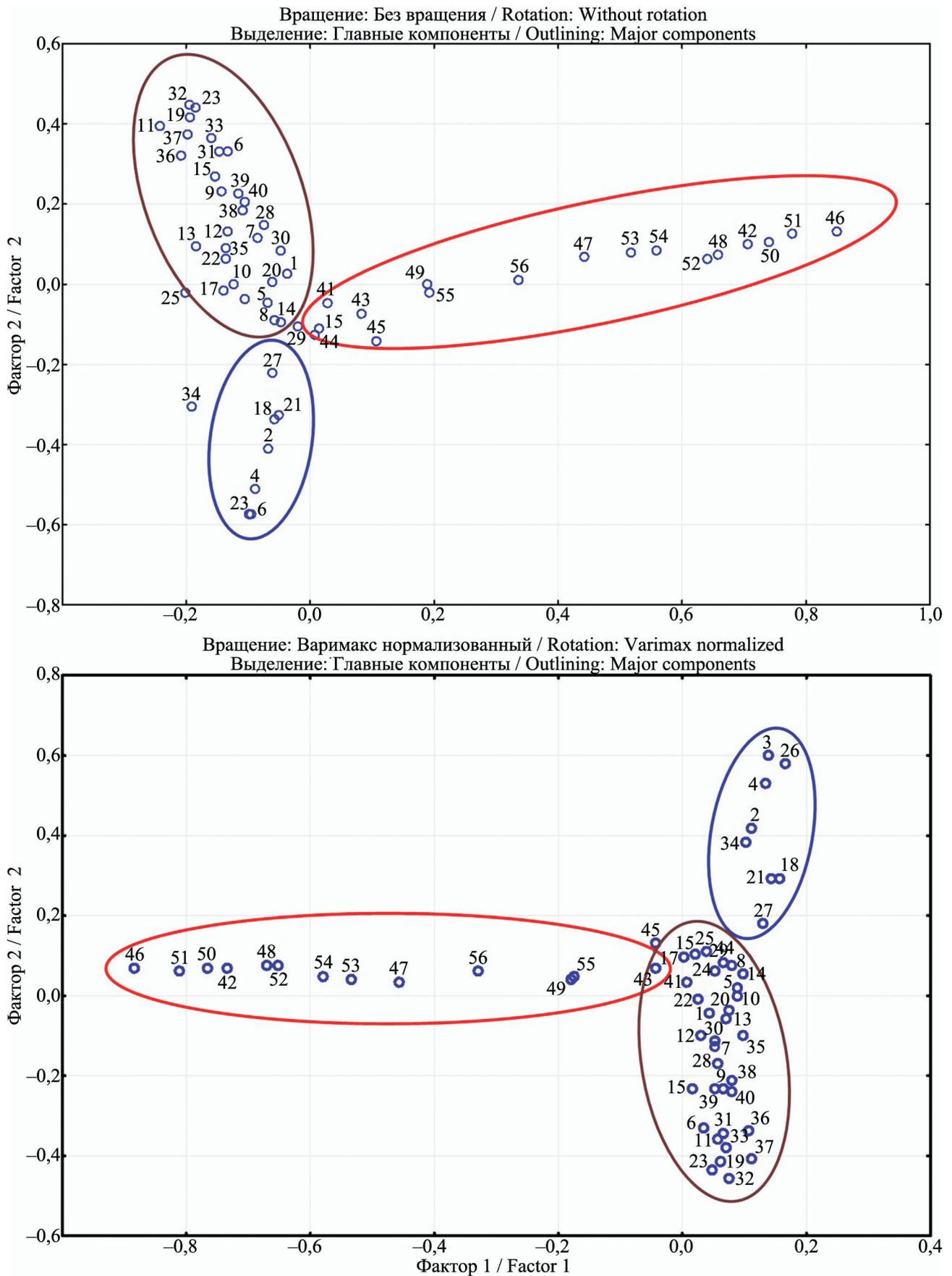


Рис. 3. Ординационный плот сходства проб бентоса методом главных компонент
Fig. 3. The ordination plot of similarity between the benthic samples by the method of major components

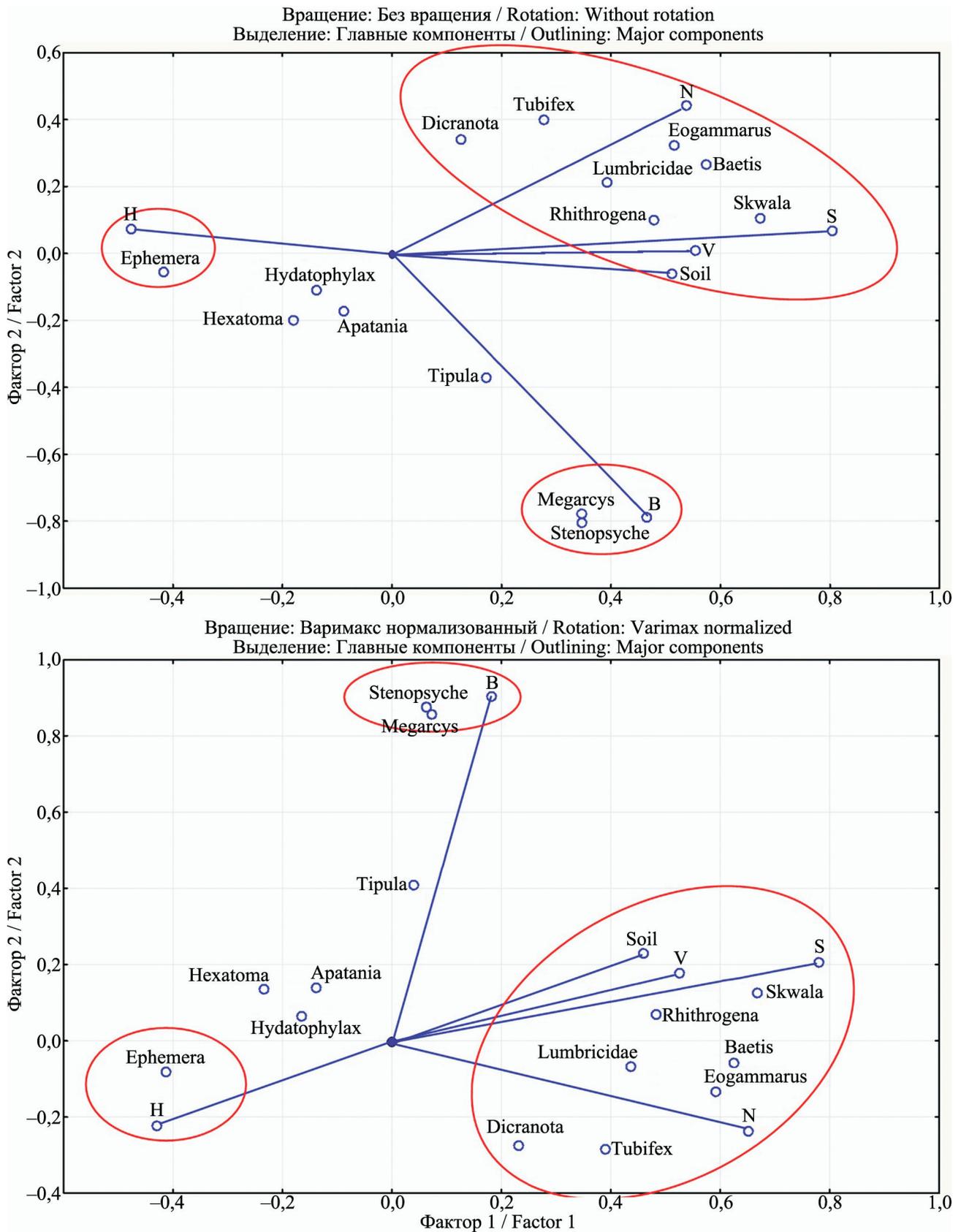


Рис. 4. Ординационный плот воздействия факторов среды и показателей обилия макрозообентоса: H — глубина пробы, Soil — тип грунта, V — скорость течения
Fig. 4. The ordination plot of the effects of environmental factors and macrozoobenthos abundance indices: H – the depth of sampling, Soil – the type of substrate, V – the flow rate

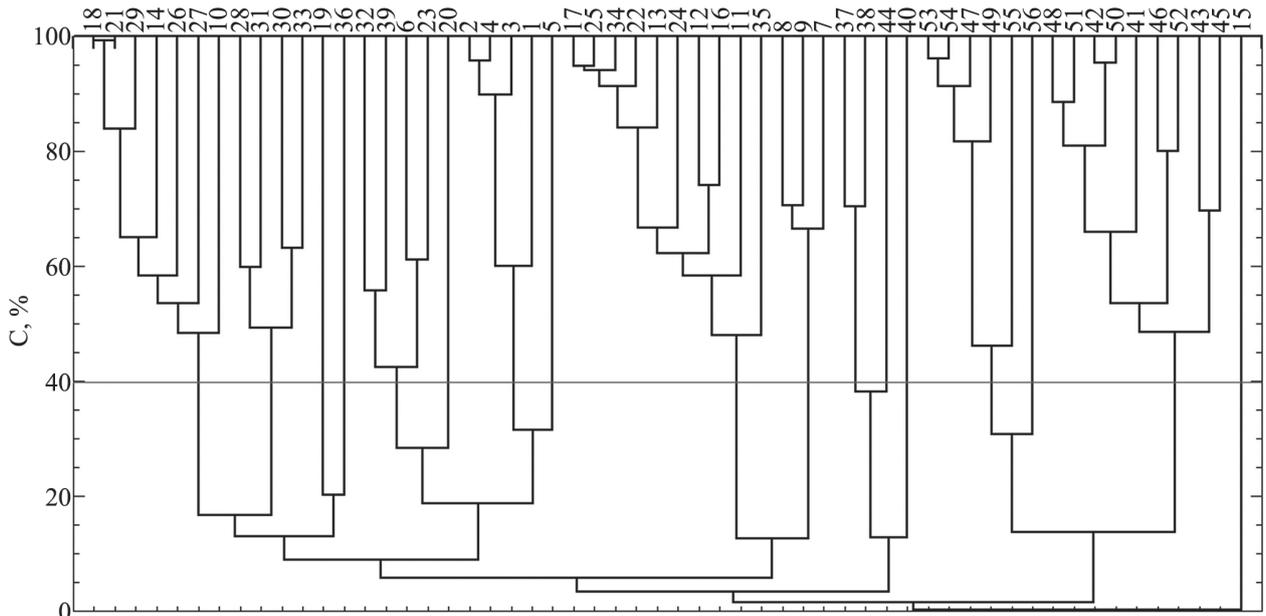


Рис. 5. Дендрограмма ценогического сходства макрозообентоса станций бентосной съемки по индексу Чекановского (С)
 Fig. 5. The dendrogram of the coenotic similarity of macrozoobenthos among survey stations on the Chekanowski index (C)

Таблица 3. Показатели обилия макробентоса в выделенных донных сообществах*
 Table 3. The indices of the macrobenthos abundance in outlined bottom communities*

Сообщество Community	Показатель Index	OI	Pol	Am	Is	Mys	Dec	Eph	Pl	Tr	Di	Прочие Other	Интегральные показатели обилия, S (видов), N (экз./м ²), B (г/м ²), Q (кал/м ²) Integral indices of the abundance, S (species), N (specs/m ²), B (g/m ²), Q (cal/m ²)
<i>Ephemera japonica</i>	S	3	-	1	-	-	-	1	4	2	6	2	19
	N, %	6,5	-	6,5	-	-	-	45,2	19,4	3,2	14,5	4,8	98±11
	B, %	7,0	-	12,1	-	-	-	72,6	1,2	3,9	2,1	1,2	1,526
<i>Dicranota + Arcynopteryx dichroa</i>	S	-	-	-	-	-	-	6	2	2	4	1	15
	N, %	-	-	-	-	-	-	13,0	17,4	7,2	49,4	13,0	192±22
	B, %	-	-	-	-	-	-	26,7	26,8	6,6	35,7	4,2	0,622±0,072
<i>Rhithrogena gr. lepnevae</i>	S	2	-	-	-	-	-	4	2	2	2	1	13
	N, %	4,2	-	-	-	-	-	58,4	11,1	6,9	9,7	9,7	200±21
	B, %	2,2	-	-	-	-	-	57,0	17,4	11,4	9,7	2,3	0,571±0,060
<i>Apatania crymophila</i>	S	1	-	1	-	-	-	4	1	1	4	-	12
	N, %	1,2	-	6,2	-	-	-	8,6	1,2	75,4	7,4	-	225±25
	B, %	0,4	-	4,9	-	-	-	4,0	0,1	75,1	15,4	-	2,389±0,274
<i>Stenopsyche marmorata</i>	S	3	-	-	-	-	-	5	6	9	5	1	29
	N, %	12,0	-	-	-	-	-	16,0	18,4	40,8	12,0	0,8	139±15
	B, %	1,6	-	-	-	-	-	1,6	6,1	83,0	7,7	0,02	8,950±1,006
<i>Hydatophylax + Ephemera japonica</i>	S	-	-	-	-	-	-	5	6	4	2	-	17
	N, %	-	-	-	-	-	-	31,0	33,3	28,6	7,1	-	1156±17
	B, %	-	-	-	-	-	-	12,9	8,3	78,5	0,3	-	5,632±0,632
<i>Eogammarus barbatus</i>	S	2	1	2	1	-	-	6	6	4	7	1	30
	N, %	8,4	0,8	13,0	9,2	-	-	32,6	13,0	3,1	13,0	6,9	485±51
	B, %	5,5	0,1	70,4	0,8	-	-	7,6	11,8	2,2	0,8	0,8	4,174±0,487
<i>Neomysis awatschensis</i>	S	-	2	1	-	1	1	-	-	-	-	1	6
	N, %	-	5,2	2,1	-	88,5	2,1	-	-	-	-	2,1	216±24
	B, %	-	5,4	1,2	-	25,1	3,2	-	-	-	-	65,1	1,891±0,301
<i>Hediste japonica</i>	S	1	1	4	2	1	1	-	-	1	9	1	21
	N, %	2,9	23,5	5,1	16,2	27,9	5,9	-	-	5,1	12,5	0,7	168±18
	B, %	0,1	72,5	0,8	3,2	6,6	14,8	-	-	0,9	1,1	0,1	1,599±0,188
	Q, %	0,2	65,5	1,7	4,4	14,4	9,7	-	-	2,5	1,5	0,1	4,676±0,538

*OI — Oligochaeta, Pol — Polychaeta, Am — Amphipoda, Is — Isopoda, Mys — Mysida, Dec — Decapoda, Eph — Ephemeroptera, Pl — Plecoptera, Tr — Trichoptera, Di — Diptera

Первый кластер (18–10) соответствует донному сообществу с доминированием поденок *E. japonica* (72,6% от общей биомассы бентоса). Выделенное сообщество отмечено на всех станциях ритрала в диапазоне глубин 0,1–0,5 м, преимущественно на песке с галькой и гравием. Реже данное сообщество наблюдалось на чистых песчаных грунтах. Скорость течения в местах локализации сообщества изменялась в пределах 0,001–0,092 м/с (средняя 0,040 м/с). Индекс видового разнообразия по плотности составлял 2,17 бит/вид, по биомассе — 0,95 бит/вид, т. к. данное сообщество было сильно структурировано по биомассе (88% формируют 3 вида), при низкой структурированности по плотности (90% формируют 10 видов).

Второй кластер (32–23) объединяет станции, также локализованные на всех станциях ритрала на камнях и скале. На этих станциях преобладали поденки *Rh. gr. lepnevae* (34,9% общей биомассы). Глубина в месте отбора проб составляла 0,15–0,3 м, скорость увеличилась до 0,084–0,501 м/с (средняя 0,299 м/с). Индексы видового разнообразия по плотности и биомассе 1,98 и 1,68 бит/вид свидетельствовали о низкой структурированности сообщества.

Третий кластер (17–35) приурочен к станциям ритрала, на которых было локализовано донное сообщество с доминированием крупных ручейников *S. marmorata* (78,2% общей биомассы). Микробиотоп для данного сообщества характеризовался каменисто-щебнисто-галечно-гравийным грунтом, глубиной 0,1–0,35 м (средняя 0,2 м) и скоростью течения 0,020–0,322 м/с (средняя 0,184 м/с). Сообщество не структурировано по плотности (2,93 бит/вид) при высокой структурированности по биомассе (1,03 бит/вид), т. к. основу ее формировал единственный вид. Данное сообщество типично для малых водотоков о-ва Сахалин и, видимо, характерно для водотоков Южных Курильских островов (Лабай и др., 2015; Живоглядова и др., 2012, 2016; Лабай, 2012).

Прочие выделенные кластеры соответствовали донным сообществам, строго приуроченным к определенным зонам реки.

Только в кренали на перекате обнаружено сообщество *A. crymophila* (кластер 2–1). Оно локализовалось на скалисто-щебнистом грунте при сильном течении (до 0,58 м/с, средняя 0,226 м/с) и небольшой глубине 0,1 м. Поскольку абсолютным доминантом сообщества были ручейники

A. crymophila, оно отличалось высокой структурированностью по плотности (1,16 бит/вид) и биомассе (0,95 бит/вид).

Донное сообщество *Hydatophylax* indet. + *E. japonica* (кластер 8–7) является индикатором зоны верхней ритрала. Отмечено на жестких грунтах (от щебнисто-каменистых до гравия с галькой) при скорости течения 0,143–0,172 м/с. Сообщество отличалось высоким индексом видового разнообразия по плотности (2,60 бит/вид) и низким по биомассе (0,90 бит/вид). Оно было слабо структурировано по плотности (вклад отдельных видов колебался от 2,4 до 16,7%), при этом 89% биомассы формировали два доминирующих вида.

В нижней ритрала количество специфических донных сообществ увеличивается до двух. На плесе и перекате с галькой и гравием при невысокой скорости течения (0,067–0,196 м/с, средняя 0,126 м/с) отмечается сообщество *Dicranota* indet. + *A. dichroa* (кластер 28–33; вклад доминант в общую биомассу 60,8%). Это сообщество при увеличении скорости течения (0,198–0,333 м/с) и плотности грунтов (каменисто-гравийные) замещается сообществом *E. barbatus* (кластер 37–44; 70,2%). Индексы видового разнообразия по плотности в этих сообществах составляли соответственно 1,93 и 2,88 бит/вид, по биомассе — 1,84 и 1,49 вид/бит, т. е. при переходе от первого сообщества ко второму структурированность по плотности ослабевала, а по биомассе возрастала.

Таким образом, по мере снижения крупности донных отложений и скорости течения вдоль русла ручья происходит закономерная смена донных сообществ.

В кренали на скалисто-щебнистом дне при быстром течении обитает сообщество *A. crymophila*. В зоне ритрала сообщество *Rh. gr. lepnevae*, населяющее участки с каменисто-скалистым дном и быстрым течением (средняя 0,299 м/с), на каменисто-щебнисто-галечно-гравийных грунтах при средней скорости течения (0,184 м/с) замещается сообществом *S. marmorata*, а при меньшей скорости течения (0,157 м/с) — сообществом *Hydatophylax* indet. + *E. japonica*. Эти сообщества при переходе к песчано-галечным-гравийным грунтам и замедлении течения (0,04 м/с) сменяются сообществом *E. japonica*. В нижней ритрала каменисто-галечно-гравийные перекаты на быстром течении (0,265 м/с) населяет специфичное сообщество *E. barbatus*, которое при снижении

скорости потока (0,126 м/с) сменяется сообществом *Dicranota* indet. + *A. dichroa*.

Отдельная группа кластеров соответствует эстуарной зоне, где выделяются два донных сообщества. Первое (кластер 48–45), приуроченное к песчаным грунтам на мелководьях (0,15–0,7 м), отличается доминированием полихет *H. japonica* (72,5% общей биомассы). Это сообщество слабо структурировано по плотности (2,32 вид/бит) и хорошо по биомассе (0,85 вид/бит), что соответствует стабильным, устойчивым во времени сообществам. Сообщество *N. awatschensis* (кластер 53–55), приуроченное к средне- и нижеэстуарным участкам на песках с илами и скалой, отличается низкими индексами видовой разнообразия — 0,34 бит/вид по плотности и 0,67 бит/вид по биомассе. Поскольку *N. awatschensis* составляет 88% численности, его биология будет определять временную изменчивость всего сообщества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В типичном малом водотоке Южных Курильских о-вов — ручье б/н (о-в Шикотан) — распределение макрозообентоса и выделенных донных сообществ по руслу водотока четко соответствуют гидроморфическому типу.

По видовому составу макрозообентоса четко разделяются объединенная зона креналь–ритраль и эстуарная зона. Основу населения зоны креналь–ритрали формировали амфибиотические насекомые, эстуарной зоны — ракообразные.

Плотность донного населения ручья возрастала от верхней ритрали к нижней, наибольшая биомасса отмечена в верхней и средней ритрали. В эстуарии минимальные показатели обилия приурочены к среднеэстуарной зоне.

В креналь–ритрали ручья изменения скорости течения и типов грунта определяли видовую структуру, численность макрозообентоса в целом и биомассу ключевых видов — веснянок *A. dichroa*, поденок *Rhithrogena* gr. *lepnevae*, *Baetis* indet., болотниц *Dicranota* indet., бокоплавов *E. barbatus*, олигохет *Lumbricidae* indet. и *T. tubifex*. Глубина участка лимитировала распределение поденок *E. japonica*. Биомасса бентоса зависела от распределения крупноразмерных ручейников *S. marmorata* и веснянок *M. ochracea*, но фактор влияния на эти виды не установлен.

Сообщество *Apatania cymophila* локализовано в кренали. В ритрали три основных сообщества — *E. japonica*, *Rh. gr. lepnevae* и *S. marmorata* — отмечены практически на всех участках русла, прочие локализованы либо в верхней, либо в нижней ритрали. В эстуарии основное сообщество *H. japonica* распространено повсеместно, сообщество *N. awatschensis* — только в среднем и нижнем течении. Последовательная смена донных сообществ вдоль русла ручья обусловлена закономерными изменениями скорости течения и качества донных отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. 2013. Продукционная гидробиология: Монография. СПб.: Наука, 342 с.
- География и мониторинг биоразнообразия: Учеб. пособие. 2002. (Н.В. Лебедева и др.) М.: Изд-во НУМЦ, 432 с.
- Голубков С.М. 2000. Функциональная экология личинок амфибиотических насекомых: Монография / Тр. Зоол. ин-та. Т. 284. СПб., 294 с.
- Дуленов В.И., Дуленова Е.П., Пойс В.О. 1986. Биология и продукция ракообразных Курильских островов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 356 с.
- Дюран Б., Оддел П. 1977. Кластерный анализ. М.: Статистика, 128 с.
- Живоглядова Л.А., Даурова Д.С., Лабай В.С. 2012. Состав, структура и сезонная динамика макрозообентоса рек Восточного Сахалина // Изв. ТИПРО. Т. 171. С. 199–209.
- Живоглядова Л.А., Лабай В.С., Даурова Д.С., Никитин В.Д., Полтева А.В., Галанина Е.В. 2016. Структура донных сообществ малых рек Южного Сахалина в летне-осенний период на примере притоков р. Лютога // Изв. ТИПРО. Т. 184. С. 178–185.
- Калинина В.Н., Соловьев В.И. 2003. Введение в многомерный статистический анализ: Учеб. пособие. М.: ГУУ, 66 с.
- Кучерук Н.В., Савилова Т.А. 1985. Количественная и экологическая характеристика донной фауны шельфа и верхнего района Североперуанского апвеллинга // Бюл. Моск. о-ва испыт. прир. Отд. биол. Т. 90. Вып. 6. С. 70–79.
- Лабай В.С. 2012. Продольное распределение макробентоса в малой лососевой реке о. Сахалин (на примере р. Новоселка) // Гидробиол. журнал. Т. 48. № 2. С. 41–54.

Лабай В.С. 2015. Видовой состав макрозообентоса лагун о-ва Сахалин // Изв. ТИНРО. Т. 183. С. 125–144.

Лабай В.С., Живоглядова Л.А., Полтева А.В., Мотылькова И.В., Коновалова Н.В., Заварзин Д.С., Баранчук-Червонный Л.Н., Кордюков А.В., Дайрова Д.С., Никитин В.Д., Живогладов А.А., Заварзина Н.К., Сафронов С.Н. 2015. Водотоки острова Сахалина: жизнь в текучей воде: Монография / Южно-Сахалинск: Сахалинский обл. краевед. музей, 236 с.

Лабай В.С., Новоселова А.И., Березова О.Н., Шарлай О.Б., Шпилько Т.С., Никитин В.Д., Прохоров А.П. 2019. Макробентос кренали и ритрала типичной «лососевой» реки северо-восточной части о. Сахалин (на примере р. Даги) // Изв. ТИНРО. Т. 196. С. 138–154.

Леванидова И.М. 1982. Амфибиотические насекомые горных областей Дальнего Востока СССР: Фаунистика, экология, зоогеография Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera. Л.: Наука, 214 с.

Максимович Н.В., Погребов В.Б. 1986. Анализ количественных гидробиологических материалов: Учеб. пособие. Л.: ЛГУ, 97 с.

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

Палий В.Ф. 1961. О количественных показателях при обработке фаунистических материалов // Зоол. журн. Т. 40. Вып. 1. С. 3–6.

Растительный и животный мир Курильских островов (Материалы Международного Курильского проекта). 2002. Владивосток: Дальнаука. 160 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. 1963. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 2 (3). Приморье. Под ред. И.С. Быкадорова. Л.: Гидрометеиздат. 83 с.

Хлебович В.В. 1989. Критическая соленость и хорогалиникум: современный анализ понятий / Биология солоноватых вод. Л.: ЗИН АН СССР. С. 5–11.

Azovsky A.I., Chertoprud M.V., Kucheruk N.V., Rybnikov P.V., Sapozhnikov F.V. 2000. Fractal properties of spatial distribution of intertidal benthic communities // Marine Biology. Vol. 136. P. 581–590.

Illies J., Botoşaneanu L. 1963. Problems et methods de la classification et de la zonation ecologique des eaux courants, consederees surtout do point de vue faunistique // Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol. Struttgart. № 12. P. 213–223.

REFERENCES

Alimov A.F., Bogatov V.V., Golubkov S.M. *Produktionnaya gidrobiologiya* [Production Hydrobiology]. St. Petersburg, 2013, 342 p.

Geografiya i monitoring bioraznoobraziya: Uchebnoe posobiye [Geography and biodiversity monitoring: Textbook allowance]. Moscow: Izd-vo NUMTS, 2002, 432 p.

Golubkov S.M. *Funktsionalnaya ekologiya lichinok amfibioteskikh nasekomykh* [Functional Ecology of Larvae of Amphibiotic Insects]. St. Petersburg: Zool. Inst., Ross. Akad. Nauk, 2000, 294 p.

Dulepov V.I., Dulepova E.P., Poys V.O. *Biologiya i produktiya rakoobraznykh Kurilskikh ostrovov* [Biology and production of crustaceans of the Kuril Islands]. Vladivostok: DVNTS AN SSSR, 1986, 356 p.

Dyuran B., Odell P. *Klasternyy analiz* [Cluster analysis]. Moscow: Statistika, 1977, 128 p.

Zhivoglyadova L.A., Dairova D.S., Labay V.S. Composition, structure, and seasonal dynamics of macrozoobenthos from the rivers of East Sakhalin. *Izvestiya TINRO*, 2012, vol. 171, pp. 199–209. (In Russian)

Zhivoglyadova L.A., Labay V.S., Dairova D.S., Motylkova I.V., Nikitin V.D., Polteva A.V., Galanina E.V. Structure of benthic communities in small rivers of Southern Sakhalin in summer-autumn period, a case of the Lyutoga River tributaries. *Izvestiya TINRO*, 2016, vol. 184, pp. 178–185. (In Russian)

Kalinina V.N., Solovyev V.I. *Vvedenie v mnogomernyy statisticheskii analiz* [Introduction to Multivariate Statistical Analysis]. Moscow: Gos. Univ. Upr., 2003, 66 p.

Kucheruk N.V., Savilova T.A. Quantitative and ecological characteristics of the benthic fauna of the shelf and upper area of the North Peruvian upwelling. *Byull. Mosk. O-va. Ispyt. Prir., Otd. Biol.*, 1985, vol. 90, no. 6, pp. 70–79. (In Russian)

Labay V.S. Longitudinal distribution of macrobenthos in a small salmon river of Sakhalin Island (exemplified by the Novoselka River). *Gidrobiologicheskyy Zhurnal*, 2012, vol. 48, no. 2, pp. 41–54. (In Russian)

Labay V.S. Species composition of macrozoobenthos in lagoons of Sakhalin Island. *Izvestiya TINRO*, 2015, vol. 183, pp. 125–144. (In Russian)

Labay V.S., Zhivoglyadova L.A., Polteva A.V., Motylkova I.V., Konovalova N.V., Zavarzin D.S., Baranchuk-Chervonnyy L.N., Kordyukov A.V., Dairova D.S., Nikitin V.D., Zhivoglyadov A.A., Zavarzina N.K., Safronov S.N. *Vodotoki ostrova Sakhalina: zhizn v tekuchey vode* [Watercourses of Sakhalin Is-

land: Life in the running water]. Yuzhno-Sakhalinsk, 2015, 236 p.

Labay V.S., Novoselova A.I., Berezova O.N., Sharlay O.B., Shpilko T.S., Nikitin V.D., Prokhorov A.P. Macrobenthos of the crenal and rithral zones of a typical “salmon” river in Northeastern Sakhalin Island (on example of the Dagi River). *Izvestiya TINRO*, 2019, vol. 1196, pp. 138–154. (In Russian)

Levanidova I.M. *Amfibioteskiye nasekomyye gornyykh oblastey Dal'nego Vostoka SSSR: Faunistika, ekologiya, zoogeografiya Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera* [Amphibiotic Insects of Highland Regions of the Far East of the USSR: Faunistics, Ecology, and Zoogeography of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera]. Leningrad: Nauka, 1982.

Maksimovich N.V., Pogrebov V.B. *Analiz kolichestvennykh gidrobiologicheskikh materialov* [Analysis of Quantitative Hydrobiological Materials]. Leningrad: Leningrad. Gos. Univ., 1986, 97 p.

Metodicheskie rekomendatsii po sboru i opredeleniyu zoobentosa pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh vodotokov Dalnego Vostoka Rossii [Guidelines for the Collection and Identification of Zoobenthos in Hydrobiological Studies of Watercourses of the Russian Far East]. Moscow: VNIRO, 2003, 95 p.

Palii V.F. On quantitative indicators in processing of faunistic materials. *Zoologicheskyy Zhurnal*, 1961, vol. 40, no. 1, pp. 3–6. (In Russian)

Rastitel'nyy i zhivotnyy mir Kuril'skikh ostrovov (Materialy Mezhdunarodnogo Kuril'skogo proyekta) [The flora and fauna of the Kuril Islands (Materials of the International Kuril Project)]. Vladivostok: Dalnauka, 2002, 160 p.

Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki. T. 18: Dal'nii Vostok, vyp. 3: Primorie [Surface Water Resources in the USSR, Main Hydrological Characteristics, vol. 18: Far East, no. 3: Primorsky Krai]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977, 83 p.

Khlebovich V.V. Critical salinity and horohalinicum-contemporary analyses of concepts in *Biologiya solonovatykh vod* [Brackish Water Biology]. Proceedings of the Zoological Institute, Academy of Science USSR, Leningrad, 1989, pp. 5–11.

Azovsky A.I., Chertoprud M.V., Kucheruk N.V., Rybnikov P.V., Sapozhnikov F.V. Fractal properties of spatial distribution of intertidal benthic communities. *Marine Biology*, 200, vol. 136, pp. 581–590.

Illies J., Botoșaneanu L. Problems et methods de la classification et de la zonation ecologique des eaux

courants, consederees surtout do point de vue faunistique. *Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol. Struttgart*, 1963, no. 12, pp. 213–223.

Статья поступила в редакцию: 02.07.2019

Статья принята после рецензии: 08.11.2019

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ СРЕДСТВА «АЛЬДОФИКС» ПРИ ФИКСАЦИИ ИХТИОПЛАНКТОНА НА ПРИМЕРЕ ИКРЫ МИНТАЯ *THERAGRA CHALCOGRAMMA* (PALLAS)

Д.Я. Саушкина, А.В. Виноградская



*Ст. спец.; спец.; Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО»)
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел.: 8 (4152) 41-27-01. E-mail: melnik.d.y@kamniro.ru*

ИХТИОПЛАНКТОН, ИКРА МИНТАЯ, ФИКСАЦИЯ, АЛЬДОФИКС, ФОРМАЛИН

Приводятся данные о новом средстве для фиксации ихтиопланктона — «Альдофикс». Проведены серии экспериментов по консервации икры минтая в оригинальном средстве «Альдофикс», а также в его усовершенствованных растворах. Описывается внешний вид и цвет икринок минтая, а также рассмотрено изменение их диаметра после фиксации в формалине и «Альдофиксе». Сделан вывод, что для фиксации ихтиопланктона наиболее подходящим фиксирующим раствором является «Альдофикс» (образец № 1).

SOME OF TEST RESULTS OF THE “ALDOFIX” IN FIXING THE PHYTOPLANKTON ON THE EXAMPLE OF EGGS OF WALLEYE POLLOCK *THERAGRA CHALCOGRAMMA*

Darya Ya. Saushkina, Anastasia V. Vinogradskaya

*Senior Specialist; Specialist; Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (“KamchatNIRO”)
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya, 18
Tel.: +7 (4152) 41-27-01. E-mail: melnik.d.y@kamniro.ru*

ICHTHYOPLANKTON, WALLEYE POLLOCK EGGS, FIXING, ALDOFIX, FORMALIN

Data about new conservant “Aldofix” to fix ichthyoplankton are demonstrated. Series of experiments on the conservation of ichthyoplankton and eggs of walleye pollock were carried out with the use of “Aldofix” and its modernized solutions. External view, including color of the eggs, as a result of fixing in different solutions was described, and difference in the egg diameter was noted in case of fixing in formalin and “Aldofix”. It is concluded, that “Aldofix” (example № 1) was the most convenient fixing solution to preserve ichthyoplankton.

Для сохранения и транспортировки отобранного в полевых условиях биологического материала, в том числе и ихтиопланктонных проб, применяют различные консерванты (альдегиды, кислоты, спирты и др.). В основном, для этих целей используют формалин различной концентрации (Горбунова, 1952; Перцева-Остроумова, 1961; Коржевский, 2013).

Формальдегид — это бесцветный газ с резким запахом, легко растворимый в воде и спирте. Концентрация насыщенного раствора в воде составляет 40% (по объему) или 37% (по массе). Растворенный в воде формальдегид называют формалином (Григорьев, Коржевский, 2018). Формалин находит применение в таких сферах, как: производство кожи, бумаги, синтетических смол, пластмасс, пестицидов, бальзамических средств, используется в сельском хозяйстве и медицине, в т. ч. и в ихтиологических исследованиях. Этому веществу присвоен II класс опасности: высокоопасные вещества. При контакте с формалином заметных негативных воздействий на человеческий орга-

низм достаточно много. Например, пары яда оказывают влияние на глаза, дыхательные пути, кожные покровы, репродуктивные органы, также имеются сведения о канцерогенных свойствах формалина (СанПиН 1.2.2353-08. Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности) (Иптышев, Доморацкая, 2017). Вышеупомянутые факты дают существенный повод для поиска альтернативных средств фиксации биологического материала, в частности для проб ихтиопланктона.

Так как формалин является крайне опасным раствором, компания ООО «Новохим», занимающаяся разработкой и производством малотоннажной химии, изготовила альтернативный альдегидный фиксатор «Альдофикс» на основе глиоксаля — вещества высокой чистоты, обладающего широким спектром действия и низким уровнем токсичности для человека. Согласно разработанной ими инструкции по применению данного средства, ему присвоен IV класс опасности: малоопасные вещества. Он пред-

ставляет собой бесцветную жидкость без запаха, а также практически не оказывает раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки.

Эффективность средства «Альдофикс» исследовали в некоторых сельскохозяйственных и медицинских вузах России (Ивановская государственная сельскохозяйственная академия им. Д.К. Беляева; Кемеровский государственный медицинский университет; Тверской государственный медицинский университет; Сибирский государственный медицинский университет; Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова) при фиксации различного биологического материала. По результатам ряда проведенных экспериментов установлено, что зафиксированные препараты сохраняют свою структуру, отсутствует помутнение раствора, а также запах. Важную роль играет факт крайне низкой токсичности средства, что облегчает его применение и делает более привлекательным из-за отсутствия опасений за здоровье использующих его людей (Иптышев, Доморацкая, 2017).

Фиксирующие свойства большинства растворов основаны на замещении воды в составе тканей их компонентами. Так как гидробионты могут содержать до 80% воды, то ее замещение сказывается на изменении массы объекта и его внешнего вида (Новосадова, Новосадов, 2015). Ихтиопланктонные пробы чаще всего фиксируют формалином. Проведенные ранее исследования о влиянии консервации формалином на величину икринок минтая *Theragra chalcogramma* показали, что при длительной фиксации размеры икринок уменьшаются, а также изменяются размер желтка и целостность пигментных клеток (Горбунова, 1952).

В качестве эксперимента в 2018–2019 гг. на базе Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») при фиксации проб ихтиопланктона наряду с формалином был использован альтернативный фиксатор — «Альдофикс».

Целью исследований явилось установление возможности использования «Альдофикса» в качестве альтернативного фиксирующего средства.

Задачи: выяснить влияние фиксации формалином и «Альдофиксом» на величину икринок минтая; оценить внешний вид и качество икры минтая после фиксации различными средствами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований послужили пробы ихтиопланктона, собранные сотрудниками лаборатории морских рыб Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») во время выполнения весенних ихтиопланктонных съемок у берегов Восточной Камчатки в марте–апреле 2018–2019 гг. Для выяснения влияния фиксации 4%-м формалином и оригинальным средством «Альдофикс» использована пелагическая развивающаяся икра минтая.

При проведении первого эксперимента (22 марта 2018 г.) из общей пробы взяли выборку в количестве 50 экз. живой икры минтая на I стадии развития, икра была измерена. Из этой же общей пробы были взяты еще 200 икринок, половину из которых зафиксировали 4%-м формалином, другую половину — средством «Альдофикс» (таблица 1). Через 18 мес. провели их измерения. Для получения более полного представления о происходящих изменениях размера икры в данных фиксирующих растворах использовали большее ее количество. По литературным данным (Горбунова, 1952), при хранении икры минтая в 2%-м формалине в течение 5–6 мес. происходят незначительные изменения в ее размере, а после 10 мес. хранения уменьшение размера становится уже более заметным. В связи с этим в нашем эксперименте повторные измерения проводили спустя 18 месяцев.

После некоторых доработок оригинального состава «Альдофикса» сотрудниками «Новохим» для эксперимента по фиксации было предложено

Таблица 1. Количество промеренных икринок минтая до и после фиксации разными способами, шт.
Table 1. The number of walleye pollock eggs measured live or fixed by different methods, specs

Эксперимент I Experiment I	Март 2018 г. (взятие проб) March 2018 (at sampling)	Сентябрь 2019 г. (измерение проб после фиксации) September 2019 (measuring after fixing)
Живая / Live	50	—
Формалин / Formalin	—	97
«Альдофикс» / «Aldofix»	—	85
Эксперимент II Experiment II	Апрель 2019 г. (взятие проб) April 2019 (at sampling)	Сентябрь 2019 г. (измерение проб после фиксации) September, 2019 (measuring after fixing)
Образец 1 / Example 1	100	75
Образец 2 / Example 2	100	76
Образец 3 / Example 3	90	86

три новых образца данного средства. В состав образца № 1 входили: диальдегид, проникающая добавка, поверхностно-активные вещества, вода; в образец № 2 — смесь диальдегидов, вода; в образец № 3 — диальдегид, спирт, вода.

Для второго эксперимента в 2019 г. икру отбирали в районе юго-восточной оконечности Камчатки, у мыса Лопатка, в одной точке, делая три облова сетью ИКС-80. Затем на палубе каждую пробу фиксировали новыми усовершенствованными образцами средства «Альдофикс».

Из каждой пробы отбирали и измеряли икринки минтая (24 апреля 2019 г.). Повторные промеры этой икры выполнили через 5 месяцев (табл. 1). Количество икринок сократилось ввиду механического воздействия на них препаровальной иглой при измерении.

Промеры икринок проводили под бинокулярным стереоскопическим микроскопом «Микромед» МС — 2 ZOOM. Во избежание индивидуальных ошибок измерения фиксированного материала проводились одним и тем же лицом. Фотографии зафиксированных икринок минтая выполнены с помощью бинокля Olympus SZX-7 с встроенной цифровой видеокамерой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

I эксперимент. Зафиксированная в 4%-м формалине икра помутнела и приобрела белесый оттенок. Желток просматривался плохо. Проба имела резкий неприятный запах, вызывающий слезотечение, головную боль, осложняющие условия обработки. Оболочка стала достаточно плотной и не рвалась от воздействия препаровальной иглой.

После фиксации икры минтая в «Альдофиксе» визуально цвет раствора не изменился, каких-либо

примесей не обнаружено. Цвет икры изменился. Желток просматривался четко, перивителлиновое пространство после фиксации помутнело и приобрело желтоватый оттенок. Форма икринок не изменилась, однако их оболочка стала менее плотной.

Наши наблюдения показывают, что фиксация формалином и средством «Альдофикс» отражается не только на сохранности общего вида икринок, но и на их диаметре. Данные, полученные в результате промеров икры в первом эксперименте, показывают, что под влиянием фиксации 4%-м формалином и «Альдофиксом» происходит ее сжатие. Как видно из рисунка 1, размеры фиксированных икринок спустя 18 мес. по сравнению с живой икрой уменьшаются: в формалине на 0,045 мм, в «Альдофиксе» на 0,080 мм.

По итогам первого эксперимента можно заключить, что оригинальное средство «Альдофикс» пригодно для фиксации «живой» икры минтая (свежепойманная), без планктонной массы (без ихтио- и зоопланктона). Однако для фиксации планктонных проб в рамках выполнения регулярных ихтиопланктонных съемок данное средство оказалось непригодным, т. к. все находящиеся в пробе организмы были слабо зафиксированы, имели мягкую структуру и через несколько дней приобрели коричневый цвет. Можно предположить, что такие изменения связаны с высокой жирностью планктонных организмов и с концентрацией действующего фиксирующего вещества в оригинальном средстве «Альдофикс».

II эксперимент. Новые три образца «Альдофикса», полученные для второго эксперимента, представляли собой жидкости без цвета и запаха. Проба, зафиксированная в образце № 1, не имела запаха, структура организмов осталась без измене-

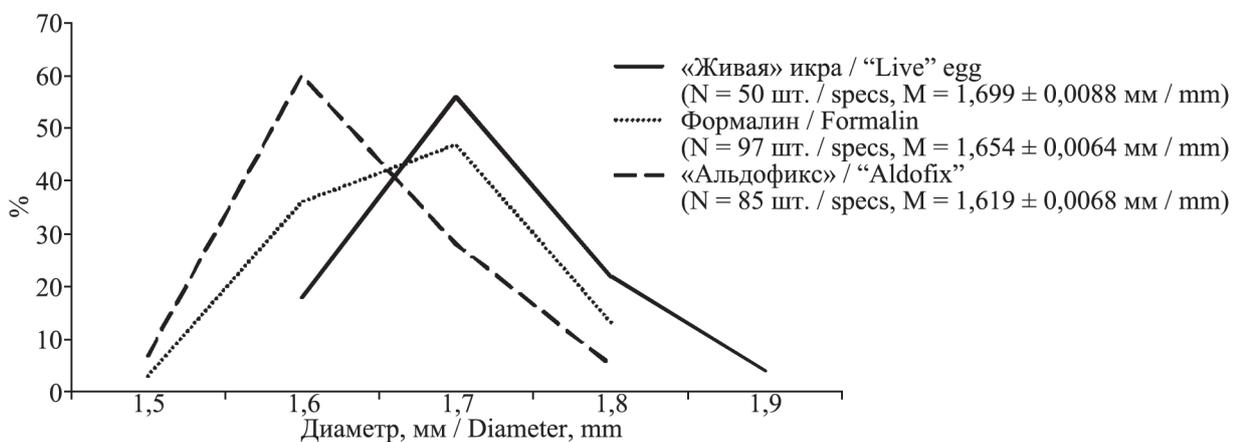


Рис. 1. Диаметр икры минтая до фиксации и после фиксации в формалине и «Альдофиксе»
Fig. 1. The diameter of the walleye pollock eggs before and after fixing in formalin and “Aldofix”

ний. Обнаруженная в пробе икра минтая имела светло-желтый оттенок; оболочка икры была плотной, прозрачной, желток и эмбрион просматривались достаточно четко, затруднений в определении стадий развития не было (рис. 2).

Графическое изображение рядов (рис. 3), полученных в результате двукратного измерения, показывает последовательность изменений размера икры, зафиксированной в образце № 1, и смещение вершины кривой вправо. Таким образом, данные, полученные в результате промеров, показывают, что под воздействием «Альдофикса», представленного образцом № 1, происходит увеличение диаметра икры на 0,110 мм. Возможно, оно связано с тем, что действующие вещества данного фиксатора, проникая в икру через оболочку,

напитывают и расширяют клетки протоплазмы.

Проба, зафиксированная в образце № 2, приобрела темно-коричневый цвет, резкий запах йода и окислившегося рыбьего жира, структура организмов стала жесткой. Икра минтая имела коричневый оттенок, оболочка была плотной (рис. 4). При просмотре икры под микроскопом желток и эмбрион были слабо различимы и достаточно трудно поддавались определению по стадиям развития.

Данные, полученные в результате двукратных промеров (рис. 5), показывают, что под воздействием «Альдофикса» в образце № 2 также происходит незначительное увеличение икры. Диаметр икринок спустя 5 мес. после фиксации по сравнению с таковым у только зафиксированных

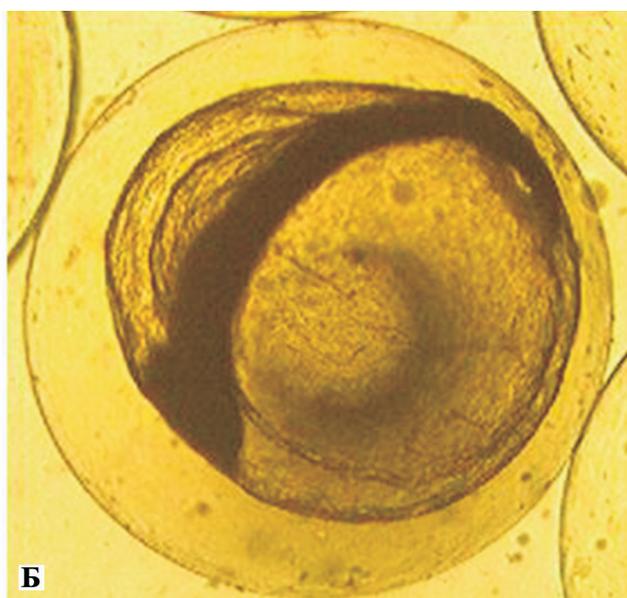
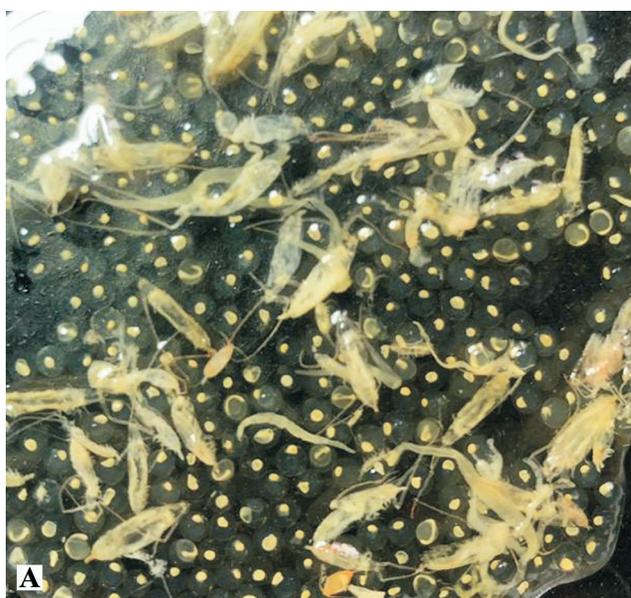


Рис. 2. Зафиксированная проба ихтиопланктона в «Альдофиксе» (образец № 1): А — общий вид планктона, Б — икра минтая
 Fig. 2. The ichthyoplankton sample fixed in “Aldofix” (example № 1): А – general view of the plankton, Б – walleye pollock eggs

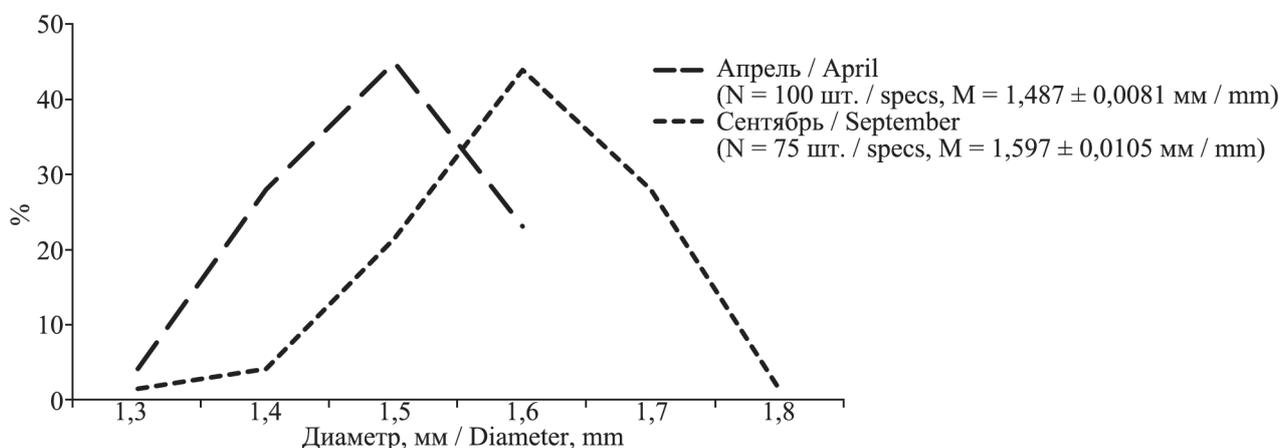


Рис. 3. Диаметр живой икры минтая и зафиксированной в «Альдофиксе» (образец № 1)
 Fig. 3. The diameter of the walleye pollock live eggs and of the eggs fixed in “Aldofix” (example № 1)

реально не отличается, так как разница двух средних величин двух рядов составляет 0,048 мм.

Проба, зафиксированная в образце № 3, имела очень резкий запах, схожий с ацетоном. Планктонная масса приобрела светло-желтый цвет и была достаточно мягкой. После промывания пробы в проточной воде остался незначительный запах. Икринки имели желтоватый оттенок, тонкую непрозрачную оболочку (рис. 6). На начальных этапах развития икры определить стадию по желтку затруднительно.

Данные, полученные в результате двукратных промеров (рис. 7), показывают, что под влиянием

фиксации «Альдофиксом» образца № 3 происходит незначительное сжатие диаметра икры — на 0,006 мм.

По итогам второго эксперимента можно заключить, что внешний вид (несмотря на незначительное увеличение размеров) и качество икры минтая после фиксации только в усовершенствованном образце № 1 остались неизменными по сравнению с таковыми у живой. Таким образом, из трех новых предоставленных образцов «Альдофикса» лишь первый раствор может быть использован для фиксации проб при выполнении ихтиопланктонных съемок.

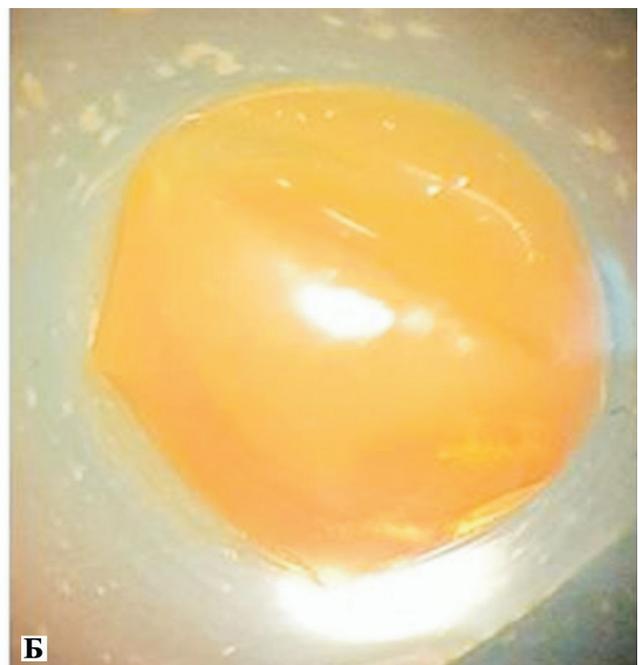


Рис. 4. Зафиксированная проба ихтиопланктона в «Альдофиксе» (образец № 2): А — общий вид планктона, Б — икра минтая
Fig. 4. The ichthyoplankton sample fixed in “Aldofix” (example № 2): А – general view of the plankton, Б – walleye pollock eggs

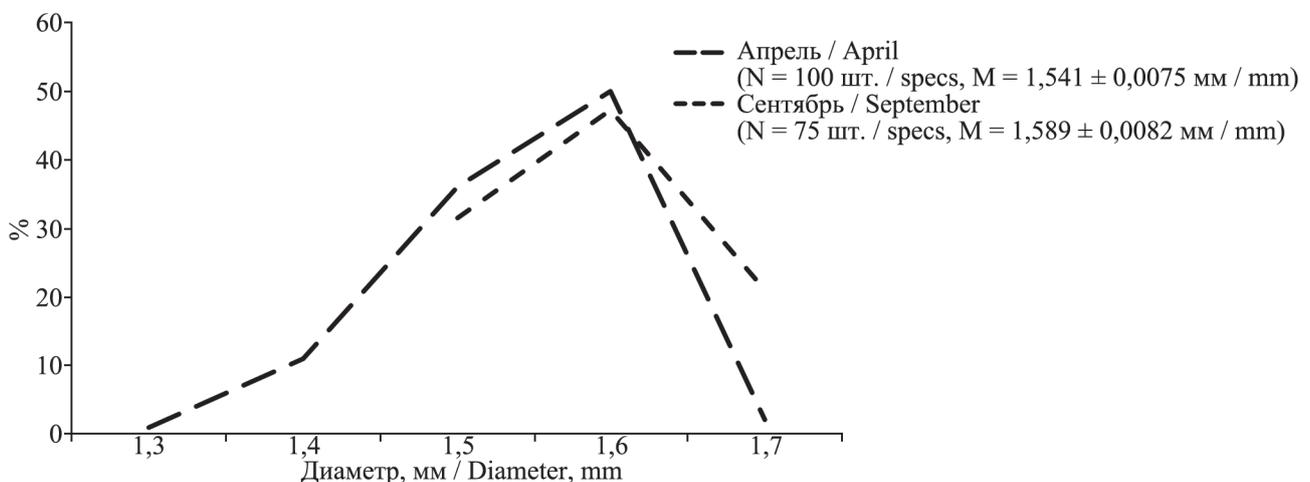


Рис. 5. Диаметр живой икры минтая и зафиксированной в «Альдофиксе» (образец № 2)
Fig. 5. The diameter of the walleye pollock live eggs and of the eggs fixed in “Aldofix” (example № 2)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для установления возможности использования в исследовательских работах по ихтиопланктону альтернативного фиксирующего средства «Альдофикс» были проведены серии экспериментов. В первом опыте проба, зафиксированная в «Альдофиксе», не имела какого-либо запаха, в то время как в формалине присутствовал резкий неприятный запах. Оболочка икринок в новом фиксаторе стала менее плотной. Сопоставление величины икры, фиксированной 4%-м формалином и «Альдофиксом», показывает, что под влиянием обоих фиксирующих растворов происходит ее сжатие. Во втором опыте проходили испытания трех новых усо-

вершенствованных по своим химическим свойствам фиксаторов «Альдофикс» (образец № 1, образец № 2, образец № 3). Проба, зафиксированная образцом № 1, не имела запаха, оболочки икринок приобрели светло-желтый оттенок, икринки были плотными, диаметр их увеличился на 0,11 мм. В образце № 2 присутствовал запах йода, икра имела темно-коричневый оттенок, диаметр ее увеличился на 0,048 мм. Проба, зафиксированная образцом № 3, имела резкий запах ацетона, икра приобрела желто-оранжевый оттенок, оболочка ее была мягкой, а диаметр уменьшился на 0,006 мм.

По итогам наших экспериментов наиболее приемлемым фиксатором для ихтиопланктона оказал-

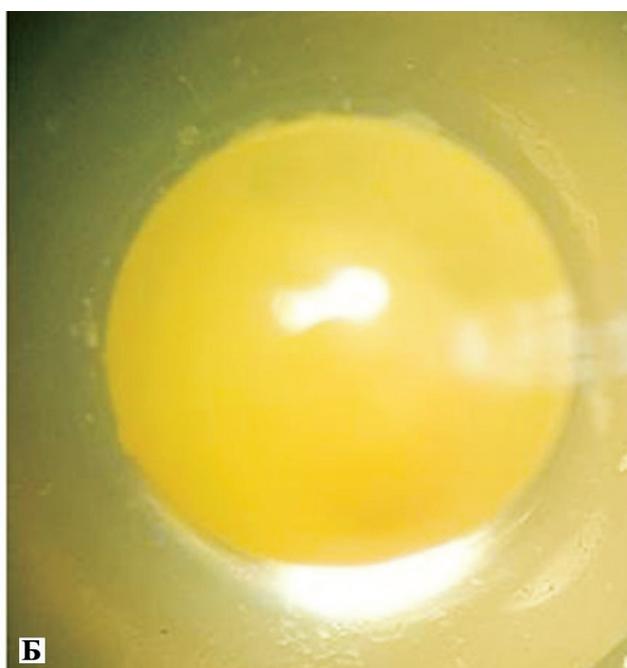


Рис. 6. Зафиксированная проба ихтиопланктона в «Альдофиксе» (образец № 3): А — общий вид планктона, Б — икра минтая
 Fig. 6. The ichthyoplankton sample fixed in “Aldofix” (example № 3): А – general view of the plankton, Б – walleye pollock eggs

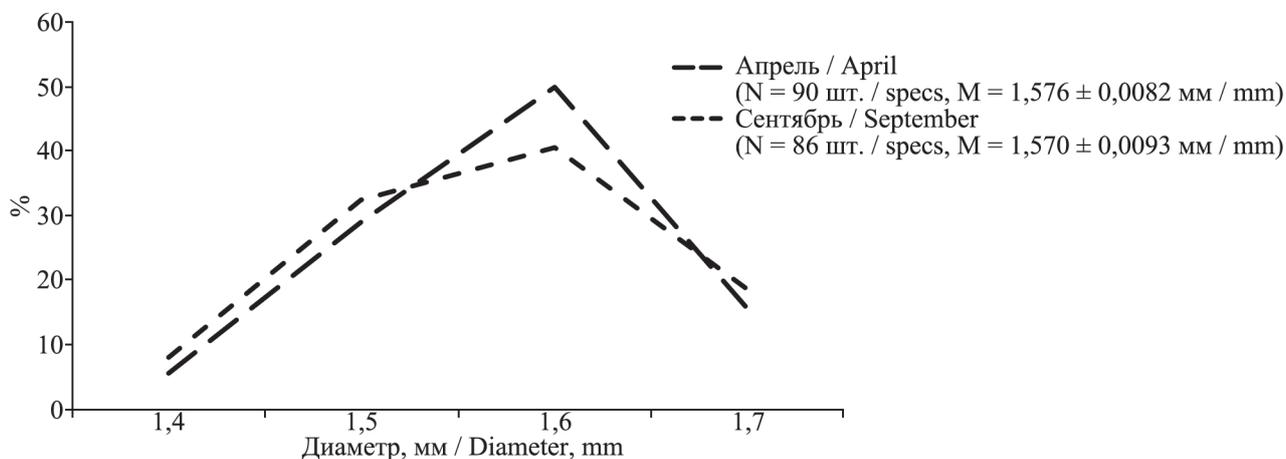


Рис. 7. Диаметр живой икры минтая и зафиксированной в «Альдофиксе» (образец № 3)
 Fig. 7. The diameter of the walleye pollock live eggs and of the eggs fixed in “Aldofix” (example № 3)

ся «Альдофикс» образца № 1, в котором цвет и внешний вид планктонных организмов в пробе после фиксации остались практически неизменными, что играет немаловажную роль при дальнейшей камеральной обработке.

Что касается диаметра икринок, то при хранении в усовершенствованном растворе «Альдофикса» (образец № 1) в течение 5 мес. их размеры увеличиваются на 7%, что вполне допустимо. С целью снижения токсической нагрузки на специалистов (обусловленной действием паров формальдегида) он может быть рекомендован в качестве фиксатора ихтиопланктонных проб.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны сотрудникам лаборатории морских рыб и экипажу НИС МРТК «Инженер Мартынов» за собранный материал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Горбунова Н.Н. 1952. Влияние фиксации на величину икринок минтая *Theragra Chalcogramma* (Pallas) // Доклады АН СССР. Т. 82 (1). С. 163–164.

Григорьев И.П., Коржевский Д.Э. 2018. Современные технологии фиксации биологического материала, применяемые при проведении иммуногистохимических исследований (обзор) // Современные технологии в медицине. Т. 10. Вып. 2. С. 156–165.

Иптышев А.М., Доморацкая Е.А. 2017. Сравнительная характеристика возможностей препарирования и фиксации трупного материала, в том числе для изготовления гистологических препаратов, в различных растворах / Юбилейн. итог. студенч. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 140-летию проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого. С. 323–326.

Коржевский Д.Э. 2013. Фиксация материала для гистологического исследования / Морфологическая диагностика: подготовка материала для морфологического исследования и электронной микроскопии. Под ред. Д.Э. Коржевского. СПб. С. 10–25.

Новосадова А.В., Новосадов А.Г. 2015. О необходимости корректирующих коэффициентов при исследованиях фиксированной икры // Тр. ВНИРО. Т. 154. С. 80–83.

Перцева-Остроумова Т.А. 1961. Влияние фиксации на величину икринок, предличинок и личинок некоторых видов камбал семейства Pleuronectidae // Тр. ИО АН СССР. Т. 43. С. 337–345.

СанПиН 1.2.2353-08. Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцero-

генной опасности. 2008 // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 23. 09.06.2008.

REFERENCES

Gorbunova N.N. Effect of fixation of size of roe in *Tharagra chalcogramma* (Pallas). *Doklady AN SSSR*, 1952, vol. 82 (1), pp. 163–164. (In Russian)

Grigorev I.P., Korzhevskii D.E. Current Technologies for Fixation of Biological Material for Immunohistochemical Analysis (Review). *Sovremennye tehnologii v medicine*, 2018, vol. 10, pp. 156–165. (In Russian)

Iptyshev A.M., Domoratskaya E.A. *Sravnitel'naya kharakteristika vozmozhnostey preparirovaniya i fiksatsii trupnogo materiala, v tom chisle dlya izgotovleniya gistologicheskikh preparatov, v razlichnykh rastvorakh* [Comparative characteristics of the possibilities of preparation and fixation of cadaveric material, including for the manufacture of histological preparations, in various solutions]. Jubilee final student scientific-practical conference with international participation, dedicated to the 140th anniversary of Professor V.F. War-Yasenetsky, 2017, pp. 323–326.

Korzhevskiy D.E. *Fiksatsiya materiala dlya gistologicheskogo issledovaniya v kn: Morfologicheskaya diagnostika: podgotovka materiala dlya morfologicheskogo issledovaniya i elektronnoy mikroskopii* [Fixation of material for histological examination in Morfologicheskaya diagnostika: podgotovka materiala dlya morfologicheskogo issledovaniya i elektronnoy mikroskopii]. In: Morphological diagnostics: preparation of material for morphological examination and electron microscopy]. Sankt-Peterburg, 2013, pp. 10–25.

Novosadova A.V., Novosadov A.G. About necessity of correcting coefficient at researches of sterlet eggs after fixation. *Trudy VNIRO*, 2015, vol. 154, pp. 80–83. (In Russian)

Pertseva-Ostroumova T.A. The effect of fixation on the size of eggs, larvae and larvae of some species of flounders of the Pleuronectidae family. *Trudy IO AN SSSR*, 1961, vol. 43, pp. 337–345. (In Russian)

SanPiN 1.2.2353-08. *Kantserogennyye faktory i osnovnyye trebovaniya k profilaktike kantserogennoy opasnosti* [Carcinogenic factors and basic requirements for the prevention of carcinogenic hazards]. Bulletin of regulatory acts of federal executive bodies, 2008, no. 23, 06.09.2008.

Статья поступила в редакцию: 13.02.2020

Статья принята после рецензии: 20.02.2020

УДК 597.556.334.1 (265)

DOI: 10.15853/2072-8212.2020.56.127-136

О ВЫНУЖДЕННОМ И ПОЗДНЕМ НЕРЕСТЕ СЕВЕРНОГО ОДНОПЕРОГО ТЕРПУГА *PLEUROGRAMMUS MONOPTERYGIUS* PALLAS, 1810 (SCORPAENIFORMES: HEXAGRAMMIDAE) В ВОДАХ СЕВЕРОКУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

Ю.Н. Полтев



Вед. н. с., к. б. н.; Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («СакhНИРО») 693023 Южно-Сахалинск, Комсомольская, 196
Тел.: 8 (4242) 45-67-79. Факс: 8 (4242) 45-67-78. E-mail: y.poltev@sakhniro.ru

СЕВЕРНЫЙ ОДНОПЕРЫЙ ТЕРПУГ, НЕРЕСТ, ВОДЫ СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

Результаты проведенных исследований показывают, что икра северного одноперого терпуга отмечается в питании его особей с мая по декабрь. Поимка питающихся икрой и нерестящихся особей вдали от побережья указывает на то, что определенная часть терпуга нерестится на глубинах, значительно превышающих глубины залегания нерестилищ. Текущий терпуг отмечен в исследованиях с июня по декабрь. Из икры, отложенной в ноябре–декабре, появление личинок ожидается в весенний период.

ABOUT THE FORCED AND LATER SPAWN OF ATKA MACKEREL *PLEUROGRAMMUS MONOPTERYGIUS* PALLAS, 1810 (SCORPAENIFORMES: HEXAGRAMMIDAE) IN THE WATERS OF THE NORTH KURIL ISLANDS

Yuri N. Poltev

Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Sakhalin Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("SakhNIRO") 693023 Yuzhno-Sakhalinsk, Komsomolskaya St., 196
Tel.: +7 (4242) 45-67-79. Fax: +7 (4242) 45-67-78. E-mail: y.poltev@sakhniro.ru

ATKA MACKEREL, SPAWNING, WATERS OF THE NORTHERN KURIL ISLANDS

Results of the research indicate that the eggs of Atka mackerel are a part of forage for this species from May to December. Captures of the Atka mackerel individuals spawning and feeding on the own eggs far from the coast indicate that a certain part of the stock spawns at the depths considerably lower than normal spawning grounds. Spawning individuals of Atka mackerel were observed in research from June to December. Emergence of larvae from the eggs laid in November–December is expected in spring.

Северный одноперый терпуг *Pleurogrammus monopterygius* Pallas, 1810 (далее — терпуг) — один из наиболее многочисленных и востребованных промыслов видов рыб, обитающих в водах Северных Курильских островов и восточного побережья Камчатки. Биология данного вида достаточно изучена и рассмотрена во многих работах отечественных авторов (Горбунова и др., 1959; Горбунова, 1962; Медведицина, 1962; Рутенберг, 1962; Расс, Кармовская, 1973; Золотов, 1975а, 1975б, 1981а, 1981б, 1984, 1986, 1992; Золотов, Медведицина, 1978; Золотов, Токранов, 1989; Фадеев, 1984; Орлов, 1997, 1998; Дудник, Золотов, 2000; Ким и др., 2003; Ким, 2006; Мельников, 1999; Мельников, Ефимкин, 2003).

Районами нереста терпуга в российских водах являются шельфы Курильских и Командорских островов, а также Восточной Камчатки (Рутенберг, 1962; Золотов, 1984). Сроки нереста — с июня по сентябрь (Золотов, 1975а, 1992; Золотов, Токранов,

1989). Нерест проходит на прибрежных участках с каменистым грунтом, сильным течением и зарослями ламинарий (Рутенберг, 1962). Икра откладывается в расщелины скал, среди камней (Горбунова, 1962) и на водоросли (Рутенберг, 1962). Придонная температура на нерестилищах в прибрежье Камчатки составляет 5–8 °С (Горбунова и др., 1959; Горбунова, 1962), а глубина залегания — 9–32 м (Горбунова и др., 1959; Рубичева, 1973; Золотов, Токранов, 1989). У Командорских островов участки нерестилищ залегают на глубине 5 м (Рутенберг, 1962). Данные, представленные в настоящей работе, показывают, что нерест терпуга также может проходить и в значительном удалении от прибрежных участков, и в более поздние сроки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

При подготовке статьи использовали данные биоанализа 1200 экз. и определения пола 6897 экз. терпуга, полученные при промысле данного вида на

РТМ «Мария» в проливе Севергина в период с 24 июля по 29 октября 2008 г. Также использовали данные биоанализов терпуга, полученные автором при проведении промысла на японском судне «Томи-Мару № 82» в ноябре–декабре 1996 г. (251 экз.), 1998 г. (269 экз.) и 1999 г. (269 экз.), а также в сентябре–октябре 1997 г. (182 экз.) и 2001 г. (200 экз.). Кроме того, использовали данные, полученные на «Томи-Мару № 82» в июне–августе 1998 г. (3030 экз.), СРТМ «Самара» в августе–октябре 2005 (823 экз.), РТМ «Камлайн» в октябре–декабре 2006 г. (298 экз.). Всего использованы данные по срокам и координатам поимок 316 питавшихся икрой особей терпуга, 156 особей на стадиях IV–V, V, V–VI и 304 особей на стадии VI. На УПС «Мария» использовали донный трал ДТ 50,2 с вертикальным раскрытием 5 и горизонтальным 30 м, на РШ «Томи-Мару № 82» — донный трал с горизонтальным и вертикальным раскрытием 25 и 5 м соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение скоплений терпуга в нерестовый период в прол. Севергина, разделяющего о-ва Харимкотан и Шиашкотан, показывает, что их прибрежные воды являются участками нереста данного вида. Согласно проведенным исследованиям, в желудках 3,5% терпуга из этих скоплений содержалась икра, принадлежащая его самкам (далее — икра). Так как эти особи находились в непосредственной близости от участков нереста, было предположено, что и места поимок таких особей на других участках северокурильских вод также могли находиться вблизи мест отложения икры.

Собранные нами за период 1993–2008 гг. данные о потреблявших икру особях терпуга представлены на рисунке 1. Показано, что места их поимок разбросаны на площади от вод «южного» гайота (изолированной плосковершинной подводной горы) и прол. Севергина до вод Юго-Восточной Камчатки.

Особь, в питании которых фиксировалась икра, встречались в исследованиях в широком сезонном диапазоне, начиная с мая и заканчивая декабрем. Среди этих особей отмечались как самки (48,6%), так и самцы (51,4%). Самки на 96,7%, а самцы на 94,6% были представлены половозрелыми особями. Половое соотношение потребляющих икру рыб в период мая–декабря постепенно менялось: в мае–сентябре преобладали самки, в октябре–декабре — самцы (рис. 2).

Преимущественные сроки поимок и половое соотношение таких особей различалось и в зависимости от участка исследований. В водах подводных гор большинство поимок (61,4%) было приурочено к августу, то есть к периоду основного нереста, и они главным образом (59,8%) были представлены самками (рис. 3). В водах прол. Севергина преимущественные (87,8) поимки также отмечались в период основного нереста (июль–август), с еще более значительным преобладанием самок (80,6%). В шельфовых водах о. Парамушир и Юго-Восточной Камчатки 57,4% случаев поимок фиксировалось в декабре (в посленерестовый период), и они на 84,3% были представлены самцами. Эти данные соответствуют общему представлению о поведении половозрелого терпуга в нерестовый и посленерестовый периоды.

Самки в нерестовый период появляются на нерестилищах периодически для очередного вымета икры. Между выметами они нагуливаются, в том числе и на отдаленных от побережья участках, в частности в водах наиболее крупного «южного» гайота. Если предположить, что отмечаемая в питании таких самок икра захватывалась после нереста, то они должны были бы находиться на посленерестовой стадии (VI). Однако у большинства из них (77,7%) отмечалась III стадия. Наиболее вероятным объяснением этого, как представляется, является захват икры на участках их нагула, удаленных от прибрежных нерестилищ, что возможно при наличии здесь кладок терпуга.

Самцы нерестовый период проводят на нерестилищах, охраняя на своих участках кладки икры, и с мая по сентябрь выпадают из исследований. По завершении выклева личинок на охраняемых участках они их покидают. При этом вполне вероятно возможность захвата ими икры с других участков нерестилищ. Однако поимка потребляющих икру самцов в шельфовых водах о. Парамушир и Юго-Восточной Камчатки в декабре может указывать на то, что она была захвачена на участках нагула терпуга или вблизи этих участков.

Подтверждением нереста определенной части терпуга в водах гайотов, а также шельфа о. Парамушир и юго-восточной оконечности Камчатки, служат поимки его текущих особей (рис. 4). Ранее нерест терпуга исследователями отмечался в водах «южного» гайота (Золотов, Орлов, 2009). Из нерестующих особей икра отмечена в желудках 6,5% самок и 0,6% самцов, из только что отнерестив-

шихся — в желудках 2,6% самок и 1,8% самцов (рис. 5). Средние глубины поимок питавшегося икрой терпуга варьировали от 96 до 400 м, а нерестующего — от 125 до 420 м. Максимальные глубины залегания кладок икры терпуга, отмечен-

ные в водах скал Ловушек, составляли 60 м (Дудник, Золотов, 2000), а в водах Алеутских островов — 80–149 м (Lauth et al., 2007).

Причины нереста терпуга вдали от побережья не совсем понятны. Исходя из деления нерестилищ

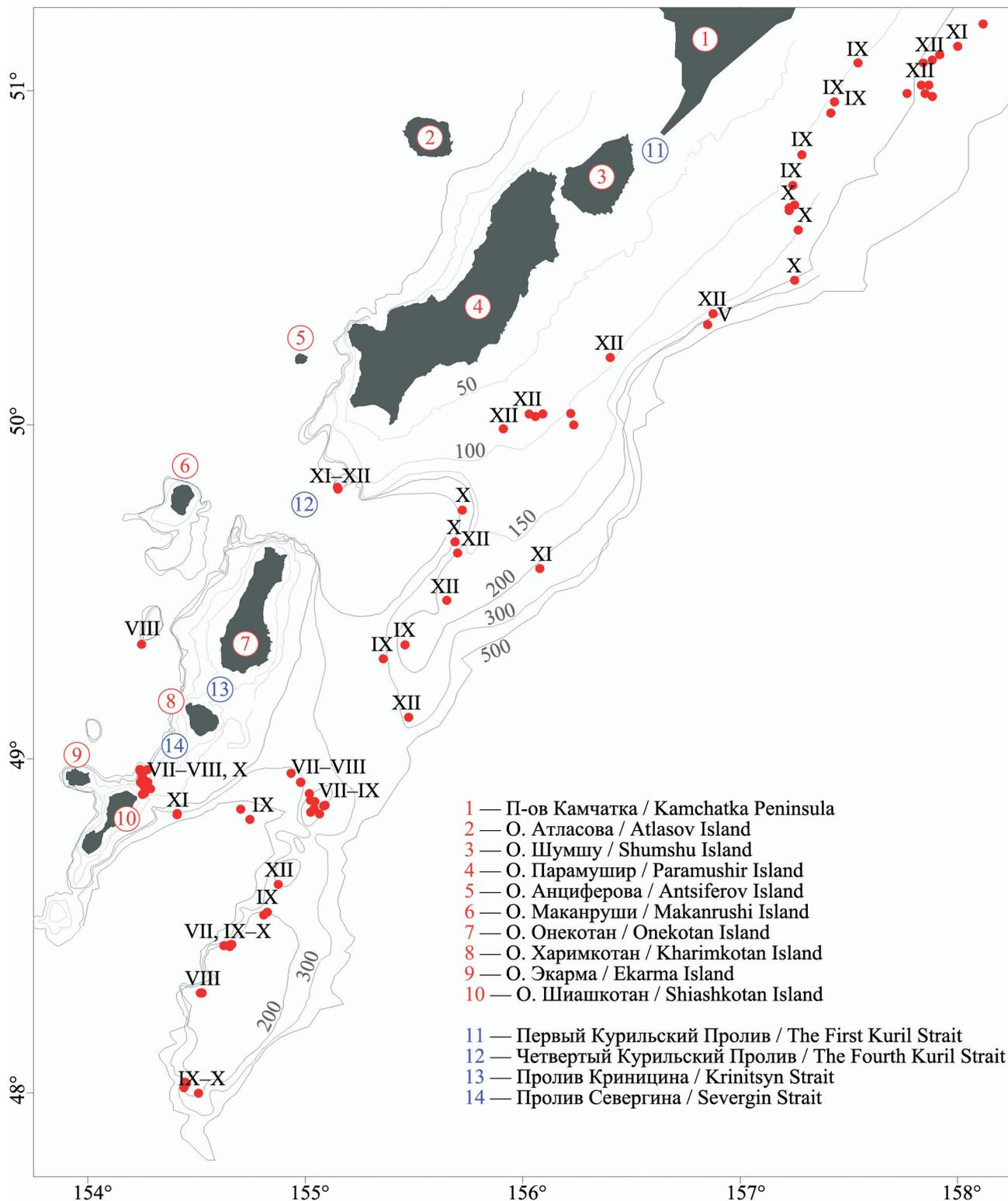


Рис. 1. Места поимок питавшегося икрой терпуга у Северокурильских островов в период 1993–2008 гг. (VII–XII — месяцы поимок; 50–500 изобаты, м)
 Fig. 1. The sites of the captures of Atka mackerels fed on the own eggs near the Northern Kuril Islands for the period 1993–2008 (VII–XII – the months of the captures; 50–500 – the isobaths, m)

самцами на индивидуальные участки, можно предположить, что для части впервые нерестующих самцов участков не достается. Такие особи следуют за преднерестовыми самками, которые, в частности, по причине неблагоприятных гидрологических условий, вынуждены покидать нерестилища с целью поиска других нерестовых участков (Полтев, Шубин, 2011). Как предполагается, именно к таким особям относятся зрелые самцы и самки терпуга, отмеченные в нерестовый период в удаленных от побережья приповерхностных водах. В отдельных случаях, не достигнув участков с благоприятными

условиями нереста на традиционных нерестилищах, эти особи вынуждены нерестоваться на участках миграций. Так как развитие икры при «вынужденном» нересте будет проходить на участках с условиями, значительно отличающимися от типичных (прибрежных), предполагается ее меньшая выживаемость. Более того, в случаях такого вынужденного нереста самцам будет сложно охранять кладку или из-за многочисленности нагуливающегося терпуга (воды подводных возвышенностей) или из-за многочисленности хищников, в частности трески (шельфовые воды). В этой связи представляется, что в

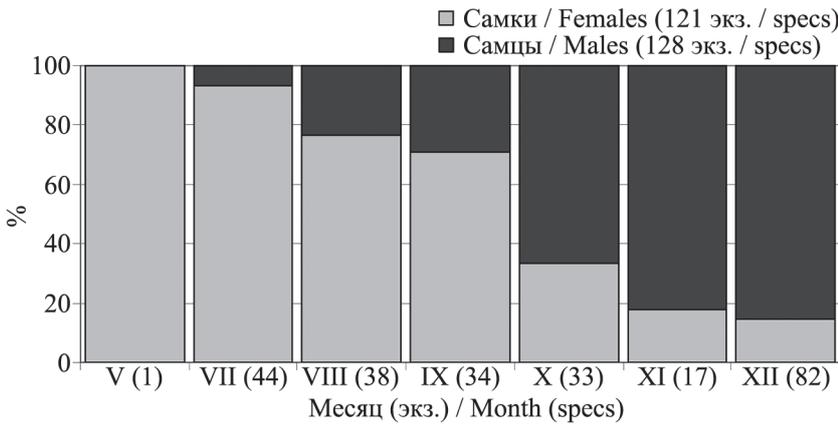


Рис. 2. Изменение соотношения питавшихся икрой самок и самцов терпуга у Северокурильских островов в период мая–декабря
 Fig. 2. The changes of the ratio between Atka mackerel females and males fed on the own eggs near the Northern Kuril Islands for the period May–December

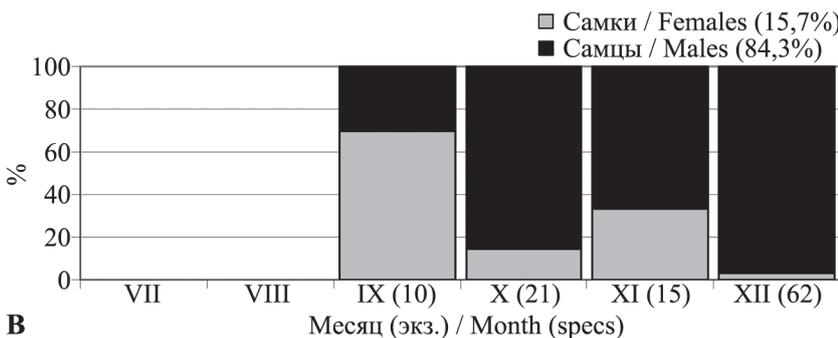
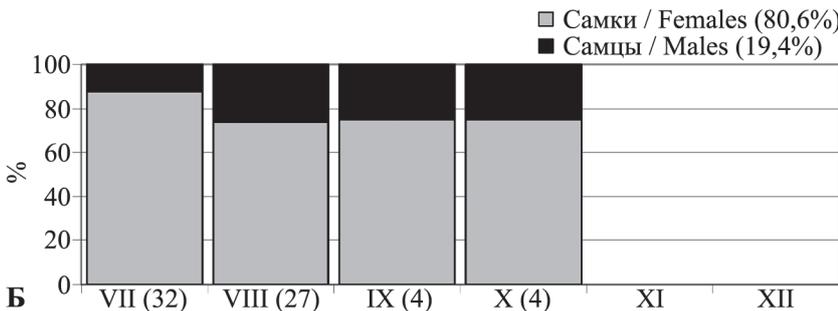
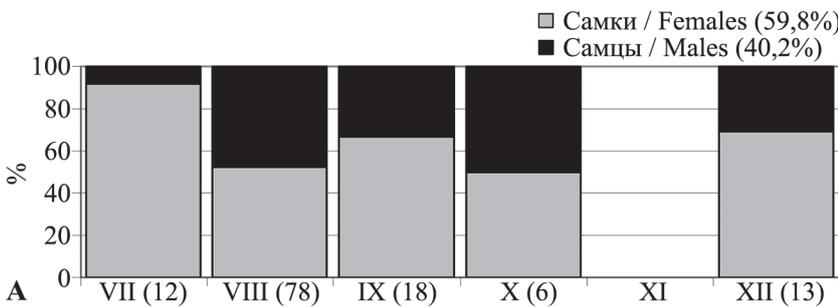


Рис. 3. Соотношение питавшихся икрой самок и самцов терпуга в водах подводных возвышенностей (А), пролива Севергина и шельфа о. Парамушир (Б) и юго-восточной оконечности Камчатки (В)
 Fig. 3. The ratio between Atka mackerel females and males fed on the own eggs in the waters over the underwater highlands (A), in Severgin Strait and on the shelf of Paramushir Island (B) and near the south-eastern coast of Kamchatka (B).

таких случаях кладки икры самцами не охраняются. Отсутствие данных о массовых поимках нерестящихся вдали от побережья особей терпуга показывает, что вынужденный нерест затрагивает незначительную часть нерестового стада терпуга.

Интерес представляют данные о сроках поимок питающегося икрой терпуга (рис. 1, 2, 3) и его нерестящихся особей (рис. 4). Крайние сроки таких поимок отмечаются в декабре. Развитие икры, отложенной в этот месяц, будет проходить при

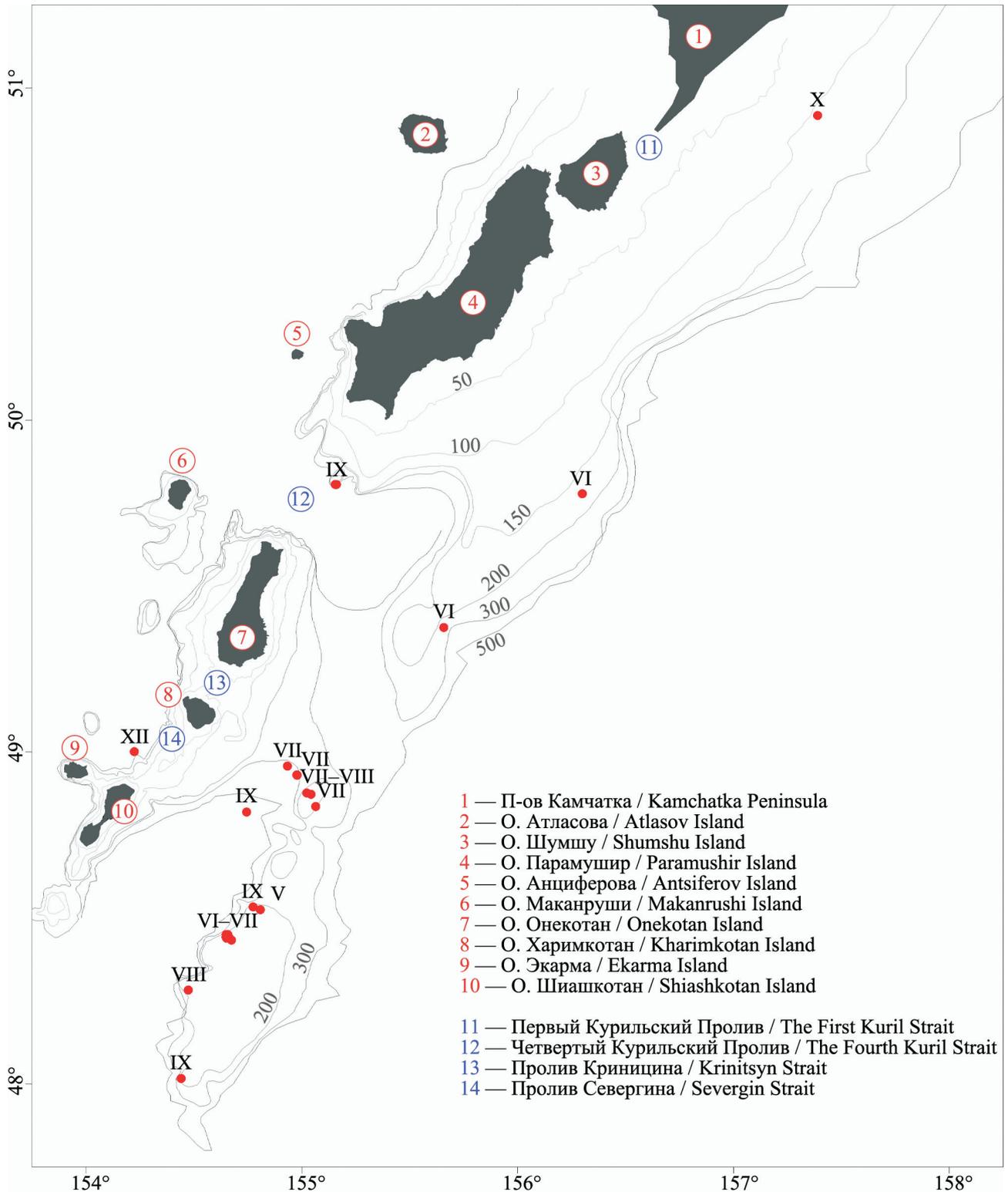


Рис. 4. Места поимок нерестившегося терпуга у Северокурильских островов в период 1993–2008 гг. (V–XII — месяцы поимок; 50–500 — изобаты, м)
 Fig. 4. The sites of the captures of spawning Atka mackerel near the northern Kuril Islands for the period 1993–2008 (V–XII — the months of capturing; 50–500 — the isobaths, m)

более низкой температуре, а значит и медленнее, чем икры, отложенной в традиционный для терпуга период. Согласно зависимости:

$$\text{Дней} = -61,011 \ln(\text{Температура}) + 183,38,$$

полученной на основании математической модели, использующей фактические данные (Lauth et al., 2007), период развития икринок составляет 85 сут при температуре 5,0 °С, 99 сут — при 4,0 °С, 116 сут — при 3,0 °С, и 141 сут — при 2,0 °С. Эти данные получены для вод Алеутских островов, где икра при температуре 5,42–6,57 °С ($x = 6,2 \pm 0,3$ °С) развивается в течение 74 сут (Lauth, Blood, 2007). Данные по прикамчатским водам показывают более быстрое развитие — 40–45 сут при температуре 5–8 °С (Горбунова, 1962).

При какой температуре икра терпуга развивается на прибрежных нерестилищах Курильских островов, неизвестно. На участке обнаружения икры терпуга с глубиной 60 м (скалы Ловушки) придонная температура составляла 2,7 °С (Дудник, Золотов, 2000). Также известно, что в летне-осенний период поверхностная температура вод, прилегающих к северокурильским проливам, составляет 4–5 °С при распространении однородного слоя на глубину 20 м (Кукса, 1959). Исследования, проведенные нами в 2008 г., показали, что формируемые терпугом в пр. Севергина скопления стали пополняться самцами со второй декады августа (рис. 6). Очевидно, это соответствует пе-

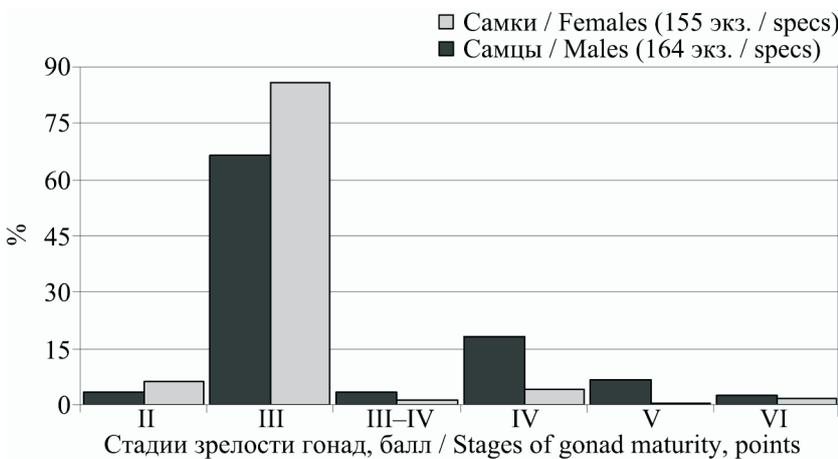


Рис. 5. Доля питавшихся икрой особей терпуга, находящихся на различных стадиях полового развития
Fig. 5. The percentage of the Atka mackerel individuals of different stages of gonad maturity, fed on the eggs of own species

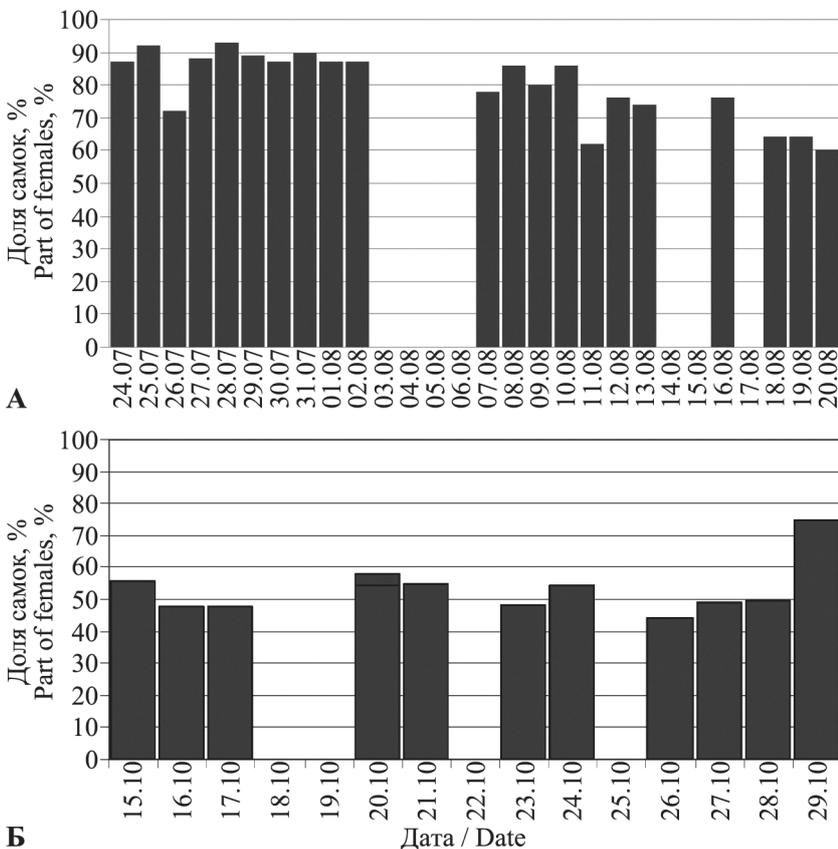


Рис. 6. Изменение доли самок терпуга в скоплениях из вод пр. Севергина в июле–августе и в октябре 2008 г.
Fig. 6. The dynamics of the part of Atka mackerel females in the aggregations within Severgin Strait in June–August and October of 2008

риоду появления на нерестилищах первых личинок. Если принять, что они вылупились из икры, выметанной в начале июня и развивавшейся при средней температуре воды 5,0 °С, то период ее инкубации составил 70 сут. Как бы там ни было, личинки из икры, выметанной в конце ноября – начале декабря, вылупятся в весенние месяцы. При этом представляется, что при позднем нересте, как и при вынужденном, развивающаяся икра самцами не охраняется.

Наличием позднего нереста можно объяснить несоответствие между сроками нахождения личинок терпуга в пелагиали северокурильских (апрель–сентябрь) и восточно-камчатских вод (май–сентябрь) (Горбунова, 1962; Kobayashi, 1958) и сроками его нереста (начало июня–сентябрь) (Золотов, 1975а, 1992; Золотов, Токранов, 1989) и продолжительностью развития икры (Горбунова, 1962). Ранее (Мельников, Ефимкин, 2003) вылупление личинок в весенний период объяснялось наличием у терпуга двух пиков нереста, происходящих, согласно Н.С. Фадееву (1984), на середину июня и август. Принималось, что в первом случае икра попадает в благоприятные температурные условия, а во втором — в неблагоприятные. Вследствие этих различий личинки от первого пика нереста появляются в конце лета – начале осени, а от второго — весной следующего года. Вместе с тем другие исследователи двух пиков нереста у терпуга не отмечали. Не выявили второй пик нереста терпуга и наши исследования, проведенные в 2008 г. в прол. Севергина. С июля по август скопления терпуга, преимущественно, формировались самками (рис. 6). Со второй декады августа в них стала расти доля самцов. В октябре соотношение полов выровнялось: скопления пополнились самцами, подошедшими с расположенных в прибрежье о-вов Харимкотан и Шиашкотан нерестилищ после выклева из охраняемой ими икры личинок. В октябре наблюдается пик пополнения самцами скоплений терпуга и в водах «южного» гайота (Ким и др., 2003), в то время как для вод о. Расшуа он приходится на середину ноября (Ким, 2006). Таким образом, в северокурильских водах развитие отложенной терпугом икры на нерестилищах заканчивается преимущественно осенью. И лишь для ограниченной части икры, выметанной в ноябре–декабре, ее развитие, как предполагается, продолжается до весны включительно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований показывают, что икра северного одноперого терпуга отмечается в питании его особей с мая по декабрь. Поимка питающихся икрой и нерестящихся особей вдали от побережья указывает на то, что определенная часть терпуга нерестится на глубинах, значительно превышающих глубины залегания традиционных нерестилищ. Текущий терпуг отмечен в исследованиях с июня по декабрь. Из икры, отложенной в ноябре–декабре, появление личинок ожидается в весенний период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Горбунова Н.Н. 1962. Размножение и развитие рыб семейства терпуговых (Hexagrammidae) // Тр. ИО АН СССР. Т. 59. С. 118–182.
- Горбунова Н.Н., Орлов Ю.И., Поликашин Л.В. 1959. Опыт массового сбора, транспортировки и доинкубации икры одноперого терпуга // Рыбное хозяйство. № 6. С. 24–30.
- Дудник Ю.И., Золотов О.Г. 2000. Распространение, особенности биологии и промысел одноперых терпугов рода *Pleurogrammus* (Hexagrammidae) в прикурильских водах / Сб. науч. тр. «Промысловые биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилегающих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг.». М.: ВНИРО. С. 78–90.
- Золотов О.Г. 1975а. Распределение одноперого терпуга в прибрежных водах Северных Курильских островов // Изв. ТИНРО. Т. 97. С. 37–43.
- Золотов О.Г. 1975б. Некоторые черты биологии и распределение северного одноперого терпуга в водах западной части Командорско-Алеутской гряды // Изв. ТИНРО. Т. 98. С. 89–98.
- Золотов О.Г. 1981а. О половом диморфизме у северного одноперого терпуга // Вопр. ихтиологии. Т. 21. Вып. 2. С. 253–257.
- Золотов О.Г. 1981б. О короткопериодных колебаниях численности северного одноперого терпуга в шельфовых водах Курило-Камчатского района // Изв. ТИНРО. Т. 105. С. 120–123.
- Золотов О.Г. 1984. Биология северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas) в водах Камчатки и Курильских островов. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 22 с.
- Золотов О.Г. 1986. Северный одноперый терпуг / Под ред. М.Е. Виноградова, Н.В. Парина,

- В.П. Шунтова // Биол. ресурсы Тихого океана. М.: Наука. С. 310–319.
- Золотов О.Г. 1992. Некоторые черты биологии размножения северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* в прикамчатских водах // Вопр. ихтиологии. Т. 32. Вып. 6. С. 110–119.
- Золотов О.Г., Медведицина А.В. 1978. Питание одноперого терпуга в прибрежных водах Северных Курильских островов // Биология моря. Вып. 4. С. 84–86.
- Золотов О.Г., Орлов А.М. 2009. Роль подводных поднятий в структуре ареала северного одноперого терпуга // Рыбное хозяйство. № 6. С. 53–57.
- Золотов О.Г., Токранов А.М. 1989. Экологические особенности репродуктивного периода терпугов (Hexagrammidae) и получешуйников (Cottidae) в тихоокеанских водах Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 29. Вып. 3. С. 430–438.
- Ким Сен Ток, Бирюков И.А., Фатыхов Р.И. 2003. Пространственная дифференциация и структура скоплений северного одноперого терпуга в тихоокеанских водах Северных Курильских островов // Вопр. рыболовства. Т. 4. № 2 (14). С. 217–228.
- Ким Сен Ток. 2006. Особенности сезонной динамики стада северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* в тихоокеанских водах у Средних Курильских островов в 2002–2004 гг. // Изв. ТИНРО. Т. 147. С. 129–140.
- Кукса В.И. 1959. Гидрологическая характеристика вод Северо-Курильского района // Комплексные исследования Северо-Курильского и Кроноцкого районов. Тр. ИО АН СССР. Т. 36. С. 191–214.
- Медведицина А.В. 1962. Материалы по северному одноперому терпугу // Тр. ИО АН СССР. Т. 59. С. 101–103.
- Мельников И.В. 1999. Экология некоторых видов рыб дальневосточных морей и их использование в качестве биоиндикаторов океанологических условий / Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО. 24 с.
- Мельников И.В., Ефимкин А.Я. 2003. Молодь северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* в эпипелагиали глубоководных районов северной части Тихого океана // Вопр. ихтиологии. Т. 43. № 4. С. 469–482.
- Орлов А.М. 1997. О питании северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* в тихоокеанских водах Северных Курильских островов // Вопр. ихтиологии. Т. 37. № 2. С. 196–201.
- Орлов А.М. 1998. Питание планктоноядных рыб материкового склона Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // Изв. ТИНРО. Т. 124. С. 602–613.
- Полтев Ю.Н., Шубин А.О. 2011. Некоторые вопросы, связанные с поимками северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* (Scorpaeniformes: Hexagrammidae) в приповерхностном слое Северных Курильских островов // Вопр. ихтиологии. Т. 51. № 4. С. 487–493.
- Расс Т.С., Кармовская Э.С. 1973. Северный одноперый терпуг и возможности его акклиматизации // Рыбное хозяйство. № 9. С. 14–15.
- Рубичева А.А. 1973. Опыты по акклиматизации одноперого терпуга в Баренцевом море // Рыбное хозяйство. № 9. С. 15–16.
- Рутенберг Е.П. 1962. Обзор рыб семейства терпуговых (Hexagrammidae) // Тр. ИО АН СССР. Т. 59. С. 3–100.
- Фадеев Н.С. 1984. Промысловые рыбы северной части Тихого океана. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 272 с.
- Kobayashi K. 1958. Larvae and young of the Atka mackerel, *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas), in the North Pacific // Bull. Faculty Fish. Hokkaido Univ. Vol. 8. No. 4. P. 297–803.
- Lauth R.R., Blood D.B. 2007. Description of embryonic development of Atka mackerel (*Pleurogrammus monopterygius*) // Fish. Bull. Vol. 105. P. 571–576.
- Lauth R.R., Guthridge J., Nichol D., McEntire S.W., Hillgruber N. 2007. Timing and duration of mating and brooding periods of Atka mackerel (*Pleurogrammus monopterygius*) in the North Pacific Ocean // Fish. Bull. Vol. 105. P. 560–570.

REFERENCE

- Gorbunova N.N. Reproduction and development of greenlingfishes of the family (Hexagrammidae). *Trudy Instituta Okeanologii Akademii Nauk SSSR*, 1962, vol. 59, pp. 118–182. (In Russian)
- Gorbunova N.N., Orlov Y.I., Polikashin L.V. Experience of mass collection, transportation, and additional incubation. *Rybnoye khozyajstvo*, 1959, no. 6, pp. 24–30.
- Dudnik Y.I., Zolotov O.G. Distribution, characteristics of biology and fishery of Atka Mackerel of the Genus *Pleurogrammus* (Hexagrammidae) in Kuril Waters, in *Promyslovo-biologicheskie issledovaniya ryb v tikhookeanskikh vodakh Kuril'skikh ostrovov i prilezhashchikh raionakh Okhotskogo i Beringova morei v*

- 1992–1998 gg [Fishery-Biological Studies of Fishes in Pacific Waters off the Kuril Islands and Adjacent Areas of the Okhotsk and Bering Seas in 1992–1998]. Moscow: VNIRO, 2000, pp. 78–90.
- Zolotov O.G. Distribution of the one-finned greenling in the coastal waters of the Northern Kuril Islands. *Izvestiya TINRO*, 1975, vol. 97, pp. 37–43. (In Russian)
- Zolotov O.G. Some features of biology and distribution of Northern Atka Mackerel *Pleurogrammus Monoptygius* (Pallas) in the waters of the Western Part of the Commander-Aleutian Chain. *Izvestiya TINRO*, 1975, vol. 98, pp. 89–98. (In Russian)
- Zolotov O.G. On the sexual dimorphism in the Northern Atka Mackerel. *Voprosy ihtiologii*, 1981, vol. 21, no. 2, pp. 253–257. (In Russian)
- Zolotov O.G. On short-period fluctuations in the abundance of the northern one-tufted greenling in the shelf waters of the Kuril-Kamchatka region. *Izvestiya TINRO*, 1981, vol. 105, pp. 120–123. (In Russian)
- Zolotov O.G. *Biologiya severnogo odnoperogo terpuga Pleurogrammus monoptygius* (Pallas) v vodakh Kamchatki i Kuril'skikh ostrovov. Avtoref. dis. kand. biol. Nauk [Biology of the Northern Atka Mackerel *Pleurogrammus monoptygius* (Pallas) in the Waters of Kamchatka and Kuril Islands. Extended Abstract of Candidate's (Biol.) Dissertation]. Moscow: VNIRO, 1984, 22 p.
- Zolotov O.G. Northern Atka Mackerel in *Biologicheskie resursy Tikhogo okeana* [Biological Resources of the Pacific Ocean]. Moscow: Nauka, 1986, pp. 310–319.
- Zolotov O.G. Some Features of the Breeding Biology of the Northern Atka Mackerel *Pleurogrammus monoptygius* in Kamchatka Waters. *Voprosy ihtiologii*, 1992, vol. 32, no. 6, pp. 110–119. (In Russian)
- Zolotov O.G., Medveditsina A.V. Diet of Atka Mackerel in the Coastal Waters of Northern Kuril Islands. *Russian Journal of Marine Biology*, 1978, no. 4, pp. 84–86. (In Russian)
- Zolotov O.G., Tokranov A.M. Ecological Features of the Reproductive Period of Hexagrammidae and Cottidae in Pacific Waters of Kamchatka. *Voprosy ihtiologii*, 1989, vol. 29, no. 3, pp. 430–438. (In Russian)
- Zolotov O.G., Orlov A.M. The Role of Submarine Elevations in the Structure of the Range of the Northern Atka Mackerel. *Rybnoe Khozyajstvo*, 2009, no. 6, pp. 53–57. (In Russian)
- Kim Sen Tok, Biryukov I.A., Fatykhov R.N. Spatial differentiation and stock structure of atka mackerel in Pacific waters of Northern Kuril Islands. *Problems of Fisheries*, 2003, vol. 2 (14), pp. 217–228. (In Russian)
- Kim Sen Tok. Features of the seasonal dynamics of the Northern School of Atka Mackerel *Pleurogrammus monoptygius* in Pacific Waters Off the Middle Kuril Islands in 2002–2004. *Izvestiya TINRO*, 2006, vol. 147, pp. 129–140. (In Russian)
- Kuksa V.I. Hydrological characteristics of the waters of the Severokurilsk region. *Trudy IO AN SSSR*, 1959, vol. 34, pp. 191–214. (In Russian)
- Medveditsina A.V. Materials on the Northern Atka Mackerel (*Pleurogrammus monoptygius* (Pallas)). *Trudy IO AN SSSR*, 1962, vol. 59, pp. 101–103. (In Russian)
- Melnikov I.V. *Ekologiya nekotorykh vidov ryb dal'nevostochnykh morey i ikh ispol'zovaniye v kachestve bioindikatorov okeanologicheskikh usloviy Avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Ecology of some fish species of the Far Eastern seas and their use as bioindicators of oceanological conditions. Extended Abstract of Candidate's (Biol.) Dissertation]. Vladivostok: TINRO, 1999, 24 p.
- Melnikov I.V., Efimkin A.Y. The young of the Northern Atka Mackerel *Pleurogrammus monoptygius* in the Epipelagic Zone over deep-sea areas of the Northern Pacific Ocean. *Voprosy ihtiologii*, 2003, vol. 43, no. 6, pp. 424–437.
- Orlov A.M. On the feeding of atka mackerel *Pleurogrammus monoptygius* in the pacific waters of the Northern Kuril Islands. *Voprosy ihtiologii*, 1997, vol. 37, no. 2, pp. 196–201. (In Russian)
- Orlov A.M. Feeding of plankton-eating fishes of continental slope of Northern Kuril Islands. *Izvestiya TINRO*, 1988, vol. 124, pp. 602–613. (In Russian)
- Poltev Y.N., Shubin A.O. Some issues related to catches of Northern Atka Mackerel *Pleurogrammus monoptygius* (Scorpaeniformes: Hexagrammidae) in the nearsurface water layer of the Northern Kuril Islands. *Voprosy ihtiologii*, 2011, vol. 51, no. 4, pp. 487–493. (In Russian)
- Rass T.S., Karmovskaya E.S. Northern Atka Mackerel and the possibility of its acclimatization. *Rybnoe Khozyajstvo*, 1973, no. 9, pp. 14–15. (In Russian)
- Rubicheva A.A. Experiments on acclimatization of one-finned greenling in the Barents Sea. *Rybnoe Khozyajstvo*, 1973, no. 9, pp. 15–16. (In Russian)
- Rutenberg E.P. Review of Greenling Species (Family Hexagrammidae). *Trudy IO AN SSSR*, 1962, vol. 59, pp. 3–100. (In Russian)

Fadeev N.S. *Promyslovyye ryby severnoy chasti Tikhogo okeana* [Commercial fish of the North Pacific Ocean]. Vladivostok: DVNTS AN SSSR, 1984, 272 p.

Kobayashi K. Larvae and young of the Atka mackerel, *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas), in the North Pacific. *Bull. Faculty Fish. Hokkaido Univ.*, 1958, vol. 8, no. 4, pp. 297–803.

Lauth R.R., Blood D.B. Description of embryonic development of Atka mackerel (*Pleurogrammus monopterygius*). *Fish. Bull.*, 2007, vol. 105, pp. 571–576.

Lauth R.R., Guthridge J., Nichol D., McEntire S.W., Hillgruber N. Timing and duration of mating and brooding periods of Atka mackerel (*Pleurogrammus monopterygius*) in the North Pacific Ocean. *Fish. Bull.*, 2007, vol. 105, pp. 560–570.

Статья поступила в редакцию: 24.07.2019

Статья принята после рецензии: 04.03.2020

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Публикация статей для аспирантов бесплатна.

Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала после рецензирования, с учетом научной значимости и актуальности предоставленного материала. Статьи, отклоненные редколлегией, повторно не принимаются и не рассматриваются.

Редколлегия журнала оставляет за собой право изменять название статей по согласованию с авторами, а также вносить сокращения и иные редакционные правки в рукопись.

Положение об ответственности авторов

Авторы гарантируют, что направленный для публикации материал не был ранее опубликован на русском языке, а также не находится на рассмотрении в другом журнале.

Авторы гарантируют, что в предоставляемом материале соблюдены все авторские права: среди авторов указаны только те, кто сделал значительный вклад в исследование, все заимствованные фрагменты (текстовые цитаты, таблицы, рисунки и формулы) процитированы корректно, с указанием источников, позволяющих идентифицировать их авторов.

Авторы осознают, что факты научной недобросовестности, выявленные как в процессе рецензирования, так и после публикации статьи (плагиат, повторная публикация, раскрытие защищенных данных), могут повлечь не только снятие статьи с публикации, но и уголовное преследование со стороны тех, чьи права будут нарушены в результате обнаружения текста.

Статьи авторов, которые не могут или не считают нужным нести ответственность за предоставляемые материалы, редакцией не рассматриваются.

Предоставление статей

В редакцию журнала направляются статьи обязательно и в электронном, и в печатном виде. На каждом листе печатного варианта — личная подпись автора и дата.

Электронные материалы должны содержать в отдельном виде следующие файлы:

— текстовый файл;

— файлы, содержащие иллюстрации (один рисунок — один файл. Графики — в формате PDF, таблицы — в формате Word, рисунки — TIF, JPEG, AI, EPS);

— файл с подрисовочными подписями.

Авторы обязаны сопровождать статью, направляемую в редакцию, двумя экземплярами подписанного соглашения о передаче авторского права (форма соглашения доступна для скачивания по ссылкам: http://www.kamniro.ru/soglasiye_avtor/ (статья с одним автором), http://www.kamniro.ru/soglasiye_soavtor/ (соавторство).

Исправленные после замечаний рецензентов материалы принимаются по электронной почте (pressa@kamniro.ru).

Общие требования к оформлению рукописей

Текст

При наборе текста статьи использовать редактор MS Word, шрифт Times New Roman.

В начале текстового файла должны быть указаны следующие данные:

— рубрикация статьи по УДК;

— заголовок статьи (латинское обозначение объекта приводится полностью);

— фамилия, имя и отчество автора/авторов;

— должность, научная степень автора, название научно-учреждения, полный почтовый адрес, рабочий телефон/факс, электронный адрес. Если авторов несколько, и они работают в разных учреждениях, то названия, адреса и контактные данные учреждений приводятся в том порядке, в каком расположены фамилии авторов;

— ключевые слова;

— краткая аннотация (не более 1/2 страницы).

Далее в таком же порядке указываются сведения на английском языке.

Структура статьи должна быть выдержана в обязательном порядке и содержать разделы: введение, материал и методика, результаты и обсуждение, заключение, благодарности (при необходимости), список литературы.

В тексте и таблицах в числах десятичные знаки отделяются запятой.

Таксоны: род и вид набираются *курсивом*.

Знаки: градус, минута (3°C ; $46^{\circ}74'$ с. ш.), плюс-минус (\pm), процент (%), промилле (‰), процедимилле (‰‰) и умножение (\times) набираются символами.

Иллюстративный материал

Все рисунки должны быть пронумерованы в последовательности, соответствующей упоминанию в статье, и номерами привязаны к подрисовочным подписям. Нумерация рисунков сквозная.

Для обозначения осей графиков, легенды, начертания формул на графиках применять размер шрифта 11, начиная с большой буквы (Длина, Вес, и т. д.), с указанием через запятую размерности (кг, м). Оси должны быть четко видны (не пунктиром). На рисунок наносятся только цифровые и буквенные обозначения, все остальные пояснения — в подрисовочной подписи.

В таблицах допускаются только горизонтальные линии. Вертикальные линии можно использовать в заголовках граф.

Графический материал в электронной версии принимается как сканированный, так и рисованный на компьютере в черно-белом или цветном исполнении (оригиналы сканируются в режиме «градации серого» для черно-белых и в цветовой модели RGB для цветных с разрешением не менее 300 dpi, но не более 450 dpi на дюйм, сохраняются в файл JPG, качество «наилучшее», базовое(!). При невозможности самостоятельного качественного сканирования оговорить с редакцией вариант предоставления оригинала.

Для растровых рисунков использовать формат TIF, JPEG (базовый) с разрешением 300 dpi, в режиме gray scale или RGB; векторные рисунки предоставляются в формате программы CorelDraw или в форматах EPS, AI.

Список литературы

В список литературы включаются только рецензируемые источники (статьи из научных журналов и монографии), используемые в тексте статьи. Если необходимо сослаться на статью в общественно-политической газете, текст на сайте или в блоге, следует поместить ссылку с информацией об источнике.

Ссылки на принятые к публикации, но еще не опубликованные статьи, должны быть помечены словами «в печати»; авторы должны получить от редакции, куда сдана статья, письменное разрешение для ссылки на такие документы и подтверждение того, что они будут опубликованы.

Информация из неопубликованных источников должна быть помечена ссылкой «неопубликованные данные/документы», авторы также должны получить письменное подтверждение от источника данных на использование таких материалов.

Список литературы составляется в алфавитном порядке; сначала источники на русском языке, затем — на иностранном. Указываются **только опубликованные** работы, отмеченные ссылками в тексте.

В списке литературы указываются фамилии всех авторов источника. В тексте, при ссылке на источник, в круглых скобках приводятся фамилия автора или двух авторов и год издания (Иванов, 1980; Иванов, Петров, 1980); если же авторов три и более, то приводится фамилия первого с пометкой «и др.» — для русских, «et al.» — для иностранных публикаций (Иванов и др., 1990; Ivanov et al., 1990).

Выходные данные источников литературы приводят в следующем порядке.

Для книг: фамилия и инициалы автора(ов) (*курсив*), год издания, название книги, место издания, издательство, количество страниц. Например:

Богатов В.В. 1994. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 218 с.

Другие издательства: (М.-Л.: Изд-во АН СССР. Ч. 1. 466 с.), (Новосибирск: Наука. 221 с.), (Владивосток: ТИНРО-Центр. Т. 1. 580 с.), (М.: Мир. 740 с.), и т. д.

Для тезисов, докладов, материалов: фамилия и инициалы автора(ов) (*курсив*), год издания, название тезисов, две косые линии, (если конференция тематическая, то тема конференции), где и когда докладывались, место издания, издательство, количество страниц. Например:

Трифорова И.С. 1998. Водоросли фитопланктона как индикаторы эвтрофирования // Тез. докл. II съезда Русского ботанического о-ва «Проблемы ботаники на рубеже XX–XXI веков» (Санкт-Петербург, 26–29 мая 1998г.). СПб.: Ботанический ин-т РАН. Т. 2. С. 118–119.

... // Материалы IV науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-

Камчатский, 18–19 ноября 2003 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 71–76.

Для статей из сборников и журналов: фамилия и инициалы автора(ов) (*курсив*), год издания, название статьи, две косые линии, название сборника трудов (раскрытое), том, выпуск (номер), страницы, DOI.

Леванидов В.Я. 1976. Биомасса и структура донных биоценозов малых водотоков Чукотского полуострова // Пресноводная фауна Чукотского полуострова. Тр. Биол.-почв. ин-та. Т. 36 (139). С. 104–122. doi: (№)

Новиков Н.П. 1974. Рыбы материкового склона северной части Тихого океана. М.: Пищ. пром-сть. 308 с.

Трувеллер К.А. 1979. Дифференциация популяции сельди *Clupea harengus* в Северном море по антигенам эритроцитов и электрофоретическим спектрам белков. Дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ. 153 с.

ФИО автора. Год. Название статьи // Тр. Всес. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 141. С. 229–239.

... // Гидробиол. журн. Т. 28. № 4. С. 31–39.

... // Вопр. ихтиологии. Т. 36. № 3. С. 416–419.

... // Тр. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР. 21 (24). С. 285–294.

... // Сб. науч. тр. Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. Вып. 308. С. 85–100.

... // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 7. С. 261–269.

... // Журн. общ. биол. Т. XL. № 5. С. 689–697.

... // Альгология. Т. 12. № 2. С. 259–272.

... // Зоол. журн. Т. 47. Вып. 12. С. 1851–1856.

... // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 128. С. 768–772.

... // Вестник МГУ. Биология, почвоведение. № 3. С. 37–42.

По всем возникающим вопросам обращаться в редакцию журнала:

683000 Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18.

Тел.: (4152) 41-27-01. E-mail: pressa@kamniro.ru.

ИЗДАТЕЛЬСТВО КАМЧАТСКОГО ФИЛИАЛА ФГБНУ «ВНИРО» («КАМЧАТНИРО») ПРЕДЛАГАЕТ:



КамчатНИРО — 85 (1932–2017). Воспоминания. Стихи. Рассказы / Составители: В.Ф. Бугаев, М.В. Варкентин, Ю.А. Кудлаева. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017. 280 с.

Издание посвящено 85-летнему юбилею Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО, КО ТИНРО, КоТИРХ — аббревиатуры организации в разные годы). В альбом включены воспоминания и записки бывших и настоящих сотрудников института, их друзей и близких, рассказывающие об истории КамчатНИРО и направлениях исследований, знакомящие с коллективом и повседневной работой, отражающие романтику и трудности работы ихтиологов, гидробиологов, генетиков, паразитологов, вирусологов, зоологов, экологов и представителей других редких профессий.

Все научные сотрудники — талантливые люди, поэтому в издание включены также их стихи и рассказы. В одних случаях эти произведения связаны непосредственно с работой и окружающей природой, в других — посвящены романтике жизни на Севере, а известный генетик с мировым именем д. б. н. Н.В. Варнавская даже писала и публиковала научно-фантастические романы (его отрывок также представлен читателям).

Издание иллюстрировано исключительно черно-белыми архивными фотографиями, что усиливает эффект проникновения Прошлого в наши дни и повышает его достоверность. Использованы фотографии из лабораторных архивов, а также из частных собраний сотрудников КамчатНИРО: В.Ф. Бугаева, Т.Л. Введенской, М.А. Жилина, С.И. Корнева, И.И. Лагунова, А.В. Маслова, В.Ф. Севостьянова, О.В. Тимофеевой, С.А. Травина и других.

Открывает юбилейный альбом уникальная рукопись доктора биологических наук Фаины Владимировны Крогиус «Воспоминания о Камчатке и о создании научной работы» (1932–1985), найденная в 2016 г. в архиве Камчатского края и опубликованная впервые.

СОДЕРЖАНИЕ

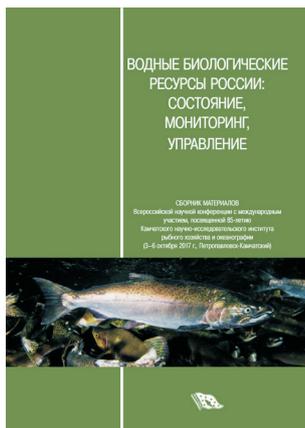
От редактора	4
ВОСПОМИНАНИЯ	
Крогиус Ф.В. Воспоминания о Камчатке и о создании научной работы (1932–1985)	8
Полутов И.А. Избранные главы из книги воспоминаний «Давным-давно» (1995)	33
Акулин В.Н. Моя Камчатка. Шестидесятые годы	47
Яцковский А.И. О камчатских ихтиологах: из книги «По горам и долинам Камчатки» (1959)	56
Корягина (Бирман) Н.И. Воспоминания детства и юности о папе и сотрудниках КО ТИНРО	59
Нестеров Г.А. Воспоминания о лаборатории... (2001)	64
Горчаков М.И. О камчатских ихтиологах: из книги «Цена каждого шага» (1974)	78
Введенская Т.Л. Воспоминания о десятилетнем счастье на оз. Кроноцком (1970–1979)	84
Жилин М.Я. Озёрные отшельники	100
Науменко Е.А. Полевые сезоны	108
Бугаев В.Ф. Один взгляд и три вылазки на оз. Этамынк	115
Дубынин В.А. На волне памяти...	127
Карпенко В.И. Первый рейс в КамчатНИРО по теме	145
Шагинян Э.Р. Лаборатории промысловых беспозвоночных — от создания до наших дней	158
Кляшторин Л.Б. Озерновский наблюдательный пункт: 1985–1986	165
Виленская-Маркевич Н.И. Из книги «Воспоминания о камчатской жизни» (2007)	169

СТИХИ

Дьяков Ю.П. Избранная поэзия	192
Бугаев В.Ф. Избранные стихи из сборника «На окраине России»	200

РАССКАЗЫ

Басов Ю.С. Из книги «Дальневосточные рассказы» (2015)	210
Варнавская Н.В. Отрывок из научно-фантастического романа «Скоморох, бегущий по звёздам» (2011)	222
Егорова Т.В. Рыбное богатство Камчатки (1973)	228
Николаев А.С. Из сборника рассказов «Чудо каждого дня...» (1995)	234
Николаев А.С. Запоздалый репортаж с Большерецкого тракта (2017)	243
Остроумов А.Г. Из сборника рассказов «По Камчатке — от мыса Лопатка до реки Хатырки» (1997)	246
Севостьянов В.Ф. Из сборника рассказов «Я в вечность торопился» (2006)	256
Челноков Ф.Г. «Покорение вулкана Камень» (1958) из книги «К вершинам Камчатки, России, планеты»	263
Чугунков Д.И. Рассказ «Камчатка – Канада» из сборника «Норд-ост» (1980)	273



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

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

Сборник содержит материалы по следующим основным направлениям: воспроизводство и динамика запасов водных биологических ресурсов; методические аспекты мониторинга, оценки и прогнозирования состояния запасов водных биологических ресурсов, стратегии управления промыслом; популяционные и генетические исследования гидробионтов; условия среды обитания и экология гидробионтов; состояние и динамика водных сообществ в условиях возрастающего антропогенного воздействия; болезни гидробионтов и их профилактика; искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов. Главный редактор — Ю.П. Дьяков, д. б. н., гл. н. с. КамчатНИРО.

Электронная версия доступна по ссылке: <http://www.kamniro.ru/files/2017.pdf>



Тиллер И.В. Биология и динамика численности проходной *Salvelinus malma* (Walbaum) Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017. 96 с.

В монографии обобщены сведения, характеризующие биологию и динамику численности проходной мальмы Камчатки. Рассмотрены основные этапы жизненного цикла мальмы (сроки нереста, миграции, морской нагул). По материалам собственных исследований автором рассматриваются структура популяций и динамика ее элементов за многолетний период. Исследовано питание молоди мальмы в речной период жизни и взрослых рыб во время ската на морской нагул. Отмечено значительное потребление мальмой пократной молоди горбуши на северо-востоке Камчатки. Приведены данные о динамике вылова проходной мальмы на Камчатке. Проведена оценка смертности и состояния запасов этого вида на Камчатке.



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 дрейфтерных 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 дрейфтерных 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 дрейфтерных 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, контролирующим воспроизводство и добычу лососей.



Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов. Сборник материалов Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Ивановича Куренкова (7–9 октября 2015 г., Петропавловск-Камчатский). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2015. 235 с.

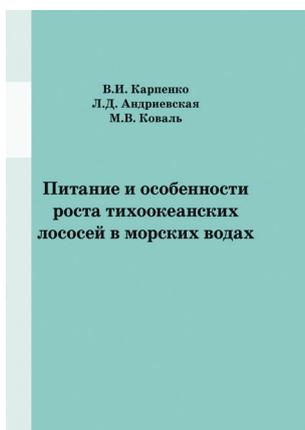
Один из основоположников пресноводной гидробиологии на Дальнем Востоке, Игорь Иванович был признанным ведущим специалистом в области изучения фаунистики лососевых нерестово-выростных водоемов. Он исследовал множество озер полуострова, и результатом стала уникальная работа — «Зоопланктон озер Камчатки». Изучение влияния вулканического тепла 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.

*В честь И.И. Куренкова назван один из видов веслоногих ракообразных (*Eurytemora kurenkovi*), встречающийся 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.

Сборник 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.

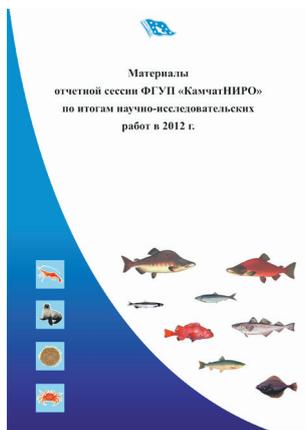
Электронная версия доступна по ссылке: www.kamniro.ru/publishing/kamniro/sovremennoe_sostoyanie_i_metody_izucheniya_ekosistem_vnutrennih_vodоемов



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.

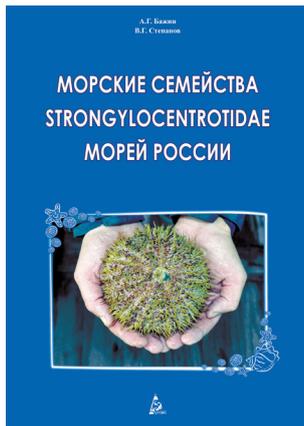
Описаны районы обитания лососей камчатских популяций и исследованы основные факторы среды, влияющие на их питание и рост в море. Для этого изучен состав пищи и оценены пищевые потребности пяти видов (горбуши, кеты, нерки, кижуча и чавычи) на отдельных этапах морского периода жизни. Изучена многолетняя динамика весового роста лососей, возвращающихся на нерест к побережью Камчатки. Исследованы межвидовые пищевые отношения лососей в море.



Материалы отчетной сессии ФГУП «КамчатНИРО» по итогам научно-исследовательских работ в 2012 г. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2013. 367 стр.

В сборник включены материалы, отражающие результаты исследований ученых разных поколений. Отдельно представлены итоги работы всех лабораторий института в 2012 г.: обобщены данные, полученные в результате исследования морских промысловых рыб, тихоокеанских лососей, промысловых беспозвоночных, а также проведения биохимических, генетических, морфологических и учетных работ.

Сборник предназначен для специалистов рыбохозяйственных НИИ, рыбопромышленников, студентов профильных вузов, органов рыбоохраны.



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.



Коваленко М.Н., Широков Е.П., Малых К.М., Сошин А.В., Адамов А.А. **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».



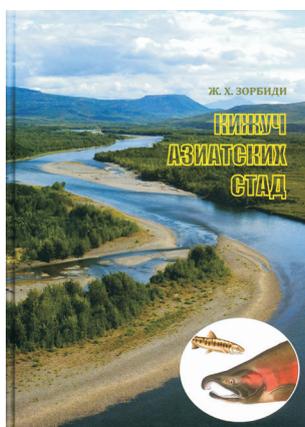
Дьяков Ю.П. **Камбалообразные (PLEURONECTIFORMES) дальневосточных морей России** (пространственная организация фауны, сезоны и продолжительность нереста, популяционная структура вида, динамика популяций). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2011. 428 с.

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.



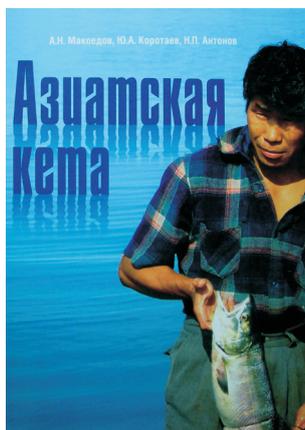
Сергеева Н.П., Варкентин А.И., Буслов А.В. **Шкала стадий зрелости гонад минтая.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2011. 92 с.

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, показаны вид ооцитов при просмотре с помощью бинокля 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.



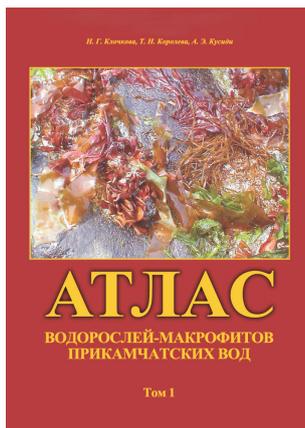
Зорбиди Ж.Х. **Кижуч азиатских стад.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2010. 306 с.

*В монографии обобщены сведения о характере промысла азиатского кижуча *Oncorhynchus kisutch* в многолетнем аспекте и представлен ретроспективный анализ его особенностей за более чем 50-летний период. Приводятся данные официальной статистики берегового и японского морского промысла азиатского кижуча, сведения о вылове американских стад, результаты идентификации стад азиатского кижуча. Анализируются динамика численности, пропуск на нерестилища, состояние запасов в современный период и миграции кижуча в северо-западной части Тихого океана. Уточнены некоторые взгляды на характер его посткатадромных и преднерестовых миграций. По материалам собственных исследований и литературным источникам рассматриваются структура популяций и внутривидовая дифференциация кижуча, сроки нерестового хода, особенности нереста и экология развития в раннем онтогенезе, размерно-возрастной, половой состав нерестовых стад, качественные характеристики производителей и молоди. Выявлены изменения в структуре популяций кижуча, которые носят колебательный характер и, вероятно, вызваны не только изменениями условий среды, но и численностью самого вида. Особое внимание уделено результатам исследования биологии вида в естественных условиях. Представлены данные, характеризующие особенности экологии молоди кижуча в разных типах водоемов.*



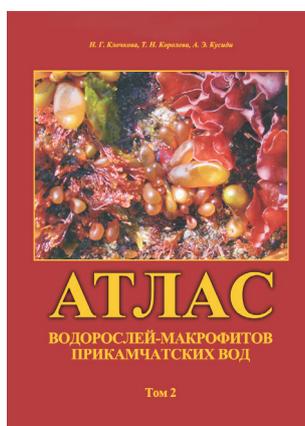
Макоедов А.Н., Коротаев Ю.А., Антонов Н.П. **Азиатская кета.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 356 с.

Монографический обзор одного из наиболее ценных объектов рыболовства, кеты, в азиатской части ареала вида. Основное внимание сосредоточено на российских районах воспроизводства, поскольку более южные природные популяции кеты были почти полностью истреблены еще в начале XX века, отчего современный японский промысел ориентирован на лососей заводского происхождения. Приведены общая характеристика вида и основные этапы его изучения. Опираясь на собственные результаты исследований и литературные данные, подробно описана биология кеты из различных районов размножения. Рассмотрены особенности различных отрезков пресноводного и морского периодов жизни. Дана информация об истории развития и современном состоянии искусственного воспроизводства обсуждаемого вида тихоокеанских лососей. Рассмотрены абиотические, биотические, популяционные и антропогенные факторы, регулирующие численность и биомассу кеты. Приведены расчеты общей оценки выживаемости природных группировок данного вида. Большое внимание уделено вопросам, связанным с хозяйственным освоением азиатской кеты, и факторам, препятствующим рациональному ведению лососевого хозяйства в целом. Предложены рекомендации, направленные на устранение существующих недостатков.



Клочкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. **Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. Том 1.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 218 с.

Даны описание и цветные иллюстрации внешнего вида и мест произрастания 32 зеленых (отдел *Chlorophyta*) и 58 бурых (отдел *Phaeophyta*) водорослей, встречающихся в прикамчатских водах. Специальную часть книги предваряют описание основных особенностей организации представителей отделов и характеристика местообитаний. В описаниях к видам указаны вариации формы, размеров и цвета слоевищ, их самые характерные морфологические и анатомические особенности. В эколого-биологическую характеристику включена информация об условиях произрастания, в том числе и антропогенном влиянии, сезонном развитии, распространении и ценотической роли вида в пределах камчатского района. Иногда описание распространения водорослей дается более широко: в пределах всех морей российского Дальнего Востока или Мирового океана. Для промысловых и массовых видов указаны возможные направления практического использования. Завершают книгу краткие сведения по состоянию промысла ламинарии в прикамчатских водах и очерк о благотворном влиянии на здоровье человека морских водорослей и продуктов их переработки.



Клочкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. **Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. Том 2.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 304 с.

Даны описание и цветные иллюстрации внешнего вида и мест произрастания 132 видов красных водорослей (отдел *Rhodophyta*), встречающихся в прикамчатских водах. Специальную часть книги предваряет описание основных особенностей организации представителей отделов. В описаниях к видам указаны вариации формы, размеров и цвета слоевищ, их самые характерные морфологические и анатомические особенности. В эколого-биологическую характеристику включена информация об условиях произрастания, сезонном развитии, распространении и ценотической роли вида в пределах камчатского района. Иногда описание распространения водорослей дается более широко. Для промысловых и массовых видов указаны возможные направления практического использования. В книгу включены краткие рекомендации, касающиеся сбора водорослей на морском берегу и изготовления из них гербария и препаратов для изучения внутреннего строения растений.



Шагинян Э.Р. **Методические рекомендации по определению видового состава крабов и возможности их возвращения в среду обитания в прикамчатских водах.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 32 с.

Краткое пособие для определения видового состава, степени жизнедеятельности крабов, а также возможности их возвращения в естественную среду обитания при производстве промысловых, исследовательских работ, а также для оперативной оценки работниками природоохранных учреждений возможного ущерба при незаконном промысле. Кратко освещены вопросы размножения, питания, миграций и промысла основных промысловых крабов прикамчатских вод. Основное внимание уделено морфологическим особенностям рассматриваемых видов с целью их видовой идентификации в полевых условиях. Даются рекомендации по определению жизнеспособности крабов и целесообразности их выпуска в среду обитания. Пособие подкреплено хорошо выполненными иллюстрациями.

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 Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»)

683000 Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18

Тел.: (4152) 412-701

E-mail: kamniro@kamniro.ru

Научный рецензируемый журнал
**«Исследования водных биологических ресурсов Камчатки
и северо-западной части Тихого океана»**

Выпуск 56. 2020

ISSN 2072-8212

Журнал с 2010 года входит в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий ВАК РФ.
С 29.12.2015 включен в новую редакцию Перечня

Главный редактор: Ю.П. Дьяков
Выпускающий редактор: Т.В. Борисова
Ответственный секретарь: М.В. Варкентин
Корректор: Т.В. Борисова
Перевод на английский: А.А. Шурыгина

Свидетельство о регистрации СМИ — ПИ № ФС 77-77203, выдано 08.11.2019
Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Адрес редакции:

683000 Камчатский край, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18
Тел./факс: (4152) 41-27-01. E-mail: kamniro@kamniro.ru, pressa@kamniro.ru

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
Адрес учредителя: 107140 Москва, ул. Красносельская Верхн., д. 17.

Издатель:

Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
(«КамчатНИРО»)

Адрес издателя: 683000 Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, д. 18.

Подписано в печать 23.03.2020. Дата выхода 30.03.2020, № 1 (56), 2020. Формат 60×84/8. Печать офсетная.
Усл. печ. л.: 9,06. Заказ № КП00-005353. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Типографии ООО «Камчатпресс».
Адрес: 683024 Петропавловск-Камчатский, ул. Кроноцкая, д. 12а.