

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 66
2022**

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

Scientific peer-reviewed journal

**Vol. 66
2022**



Главный редактор: д.б.н. А.В. Бугаев, зам. руководителя 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. А.М. Орлов, главный научный сотрудник Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (Москва, Россия),
д.б.н. Т.И. Булгакова, главный научный сотрудник, ФГБНУ «ВНИРО» (Москва, Россия),
д.б.н. А.М. Токранов, главный научный сотрудник КФ ТИГ ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.б.н. В.И. Карпенко, 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. Т.А. Ключкова, профессор кафедры КамчатГТУ (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.т.н. О.М. Лапшин, ООО «АКВАРОС» (Москва, Россия),
д.б.н. О.А. Юнев, ведущий научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (Севастополь, Россия),
к.б.н. Е.А. Шевляков, зав. отделом Тихоокеанского филиала ВНИРО («ТИНРО») (Владивосток, Россия),
к.б.н. С.Л. Рудакова, зам. начальника отдела ФГБНУ «ВНИРО» (Москва, 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. 66. 2022. 112 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. 66. 2022. 112 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. 66, 2022

Оригинальные научные статьи

- А.В. Бугаев, О.В. Зикунцова, О.Б. Тепнин, С.В. Шубкин, М.В. Коваль, А.В. Сошин, Е.С. Фадеев, Н.Б. Артюхина, К.М. Малых.** Оценка комплексного воздействия промысла и гидрологических условий Камчатского залива на формирование нерестовых запасов тихоокеанских лососей р. Камчатки 5
- А.И. Косицына, Н.Ю. Шпигальская, А.А. Сергеев, В.А. Сошникова, В.В. Савенков, А.Д. Денисенко, У.О. Муравская, Д.А. Зеленина.** Генетическая идентификация молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) Охотоморского бассейна по результатам рестрикционного анализа митохондриальной ДНК и анализа однонуклеотидных полиморфизмов 52
- О.А. Пильганчук, У.О. Муравская, Д.А. Зеленина.** Исследование микросателлитной изменчивости нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) р. Большой 68
- О.Б. Тепнин.** Изменчивость гидрологических условий в местах нереста восточнокамчатского минтая (*Gadus chalcogrammus*) в 2012–2022 гг. 79
- С.В. Загребельный, М.В. Чакилев.** Ресурсы промысловых видов китообразных в Российской Федерации и их промысел в 2014–2021 гг. 94

CONTENTS

Vol. 66, 2022

Full Articles

- Alexandr V. Bugaev, Olga V. Zikunova, Oleg B. Tepnin, Sergey V. Shubkin, Maxim V. Koval, Artem V. Soshin, Evgeny S. Fadeev, Nina B. Artyukhina, Kiril M. Malykh.** Assessment of the complex effects of fisheries and hydrological conditions in Kamchatsky Gulf on formation of the pacific salmon spawning stocks in Kamchatka River 5
- Anna I. Kositsyna, Nina Yu. Shpigalskaya, Alexey A. Sergeev, Valeria A. Soshnina, Vladimir V. Savenkov, Anastasiya D. Denisenko, Ulyana O. Muravskaya, Darya A. Zelenina.** Genetic identification of juvenile pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) in the Okhotsk Sea basin based on the results of restriction analysis of mitochondrial DNA and analysis of single-nucleotide polymorphism 52
- Oksana A. Pilganchuk, Uliana O. Muravskaya, Daria A. Zelenina.** Study of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) microsatellite variability in Bolshaya River 68
- Oleg B. Tepnin.** Variability of hydrological conditions at spawning sites of East Kamchatka walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) в 2012–2022 79
- Sergey V. Zagrebelniy, Maxim V. Chakilev.** Resources of commercial cetacean species in the Russian Federation and whaling in 2014–2021 94

Научная статья / Original article
УДК 597.552.511(282.257.21)
doi:10.15853/2072-8212.2022.65.5-51



ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫСЛА И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КАМЧАТСКОГО ЗАЛИВА НА ФОРМИРОВАНИЕ НЕРЕСТОВЫХ ЗАПАСОВ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ Р. КАМЧАТКИ

Бугаев Александр Викторович[✉], Зикунова Ольга Владимировна, Тепнин Олег Борисович, Шубкин Сергей Викторович, Коваль Максим Владимирович, Сошин Артём Валерьевич, Фадеев Евгений Сергеевич, Артюхина Нина Борисовна, Малых Кирилл Михайлович

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, bugaev.a.v@kamniro.ru[✉]

Аннотация. В работе представлены данные многолетнего анализа состояния запасов тихоокеанских лососей р. Камчатки. Отмечено, что высокий уровень промыслового воздействия привел к деградации нерестового фонда (численности) основных локальных единиц запасов лососей в бассейне р. Камчатки. Практически утрачены промысловая значимость и имевшийся потенциал воспроизводства всех видов лососей в среднем и верхнем течении реки. Особенно заметно данная ситуация проявилась в 2018–2020 гг.

В связи с этой тенденцией динамики запасов лососей р. Камчатки специалисты КамчатНИРО приняли дополнительные меры по регулированию лососевого промысла в Камчатском заливе и бассейне р. Камчатки. В результате разработана целевая стратегия управления промыслом тихоокеанских лососей р. Камчатки, включающая комплекс ограничений по началу открытия их добычи (вылова), а также формирование системы проходных дней и периодов полной остановки промысла для обеспечения пропуска производителей на нерест.

Кроме того, биологический мониторинг тихоокеанских лососей р. Камчатки, ежегодно проводимый специалистами КамчатНИРО, заметно усилили, дополнительно включив в программу исследований гидроакустические учетные работы и контрольный лов на РЛУ № 832. Проведение гидролого-гидроакустических съемок в Камчатском заливе, начатых в 2018 г., также было частью дополнительных мер по усилению научного мониторинга в регионе.

Результаты гидролого-гидроакустических съемок в 2019–2021 гг. позволили оценить современное влияние гидрологического режима и промысла в Камчатском заливе на формирование нерестовых запасов лососей р. Камчатки. Выявлено, что изменения морфодинамики устья р. Камчатки в 2021 г. привели к расширению зоны воздействия опресненных вод в акватории Камчатского залива. Это послужило причиной перераспределения преднерестовых скоплений лососей на путях миграций к устью реки, что значительно снизило пресс промысла в зоне облова ставных неводов на морских рыболовных участках. Последнее обстоятельство обеспечило повышенный заход производителей лососей в бассейн р. Камчатки в 2021 году.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, река Камчатка, Камчатский залив, нерестовый запас, гидролого-гидроакустические съемки

Для цитирования: Бугаев А.В., Зикунова О.В., Тепнин О.Б., Шубкин С.В., Коваль М.В., Сошин А.В., Фадеев Е.С., Артюхина Н.Б., Малых К.М. Оценка комплексного воздействия промысла и гидрологических условий Камчатского залива на формирование нерестовых запасов тихоокеанских лососей р. Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. № 65. С. 5–51.

ASSESSMENT OF THE COMPLEX EFFECTS OF FISHERIES AND HYDROLOGICAL CONDITIONS IN KAMCHATSKY GULF ON FORMATION OF THE PACIFIC SALMON SPAWNING STOCKS IN KAMCHATKA RIVER

Alexandr V. Bugaev[✉], Olga V. Zikunova, Oleg B. Tepnin, Sergey V. Shubkin, Maxim V. Koval, Artem V. Soshin, Evgeny S. Fadeev, Nina B. Artyukhina, Kiril M. Malykh

Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, bugaev.a.v@kamniro.ru[✉]

Abstract. The paper represents results of longterm analysis of the state of the Pacific salmon stocks in Kamchatka River. It is admitted, that high-level effects of fisheries resulted in degradation of the spawning stock (stock abundance) of major local salmon stock units in the basin of Kamchatka River. Commercial importance and previous reproduction potential of all Pacific salmon species has been lost in the mediate and upper parts of the river. This situation was especially noticable in 2018–2020.

In view of the trend in the dynamics of salmon stocks in the Kamchatka scientists of KamchatNIRO suggested additional measures of fishery regulation in the Kamchatsky Gulf and Kamchatka River basin. A target strategy of management of fishing Pacific salmon in Kamchatka River was developed as a result, including a complex

of limitations to start fishing (catches), a system of stop-fishing days and periods of full stop fishing to provide escapement for spawning.

Moreover, regular annual biological monitoring of Pacific salmon of Kamchatka River, provided by KamchatNRO, was noticeably strengthened with additional hydroacoustic counting and control fishing at the fishery plot № 832. Hydrological-hydroacoustic surveys in Kamchatka Gulf began in 2018 also were to improve the regional scientific monitoring.

Results of the surveys 2019–2021 allowed to evaluate current effects of hydrological regime and fishing in Kamchatka Gulf on formation of salmon spawning stocks in Kamchatka River. It has been found, that the changes of the morphodynamics of the Kamchatka River mouth in 2021 resulted in wider area of freshwater effects in Kamchatka Gulf. That was a trigger of redistribution of prespawning salmon aggregations on their migration routs to the river mouth, what eased press of fishing in the area of plots of marine fixed gill nets. In this way the spawning escapement of Pacific salmon into the basin of Kamchatka River this year increased.

Keywords: Pacific salmon, Kamchatka River, Kamchatka Gulf, spawning stock, hydrological-hydroacoustic surveys

For citation: Bugaev A.V., Zikunova O.V., Tepnin O.B., Shubkin S.V., Koval M.V., Soshin A.V., Fadeev E.S., Artyukhina N.B., Malykh K.M. Assessment of the complex effects of fisheries and hydrological conditions in Kamchatsky Gulf on formation of Pacific salmon spawning stocks in Kamchatka River // The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 5–51.

Река Камчатка является крупнейшим водотоком, бассейн ее полностью локализован в границах полуострова Камчатка. Длина реки составляет 758 км, площадь бассейна — 55 900 км². Зона системы водосбора р. Камчатки включает три административных района Камчатского края: Усть-Камчатский, Мильковский и Быстринский. На реке расположены поселки Мильково, Ключи и Усть-Камчатск, являющиеся социально-значимыми краевыми населенными пунктами.

Значение данного водного объекта для рыбной промышленности и коренных малочисленных народов Камчатского края считается приоритетным, так как здесь воспроизводятся значительные региональные ресурсы тихоокеанских лососей. По имеющимся данным, площадь лососевых нерестилищ в бассейне р. Камчатки распределяется следующим образом: чавыча — 0,86 км², нерка — 16,75 км², горбуша — 1,21 км², кета — 5,21 км², кижуч — 5,95 км² (Остроумов, 1975). В этом случае суммарные оценки не приводятся, так как нередко часть нерестовых площадей различных видов перекрывается. Тем не менее нерестовый потенциал бассейна р. Камчатки является одним из наиболее значительных для воспроизводства тихоокеанских лососей в Камчатском крае.

Отметим, что порядка 70–80% подходов (возвратов) производителей лососей р. Камчатки составляет наиболее экономически ценный вид — нерка (Бугаев, 1995; Бугаев и др., 2007). Данное стадо является вторым по численности вида в Азии. При этом современный (2000–2010-е гг.) уровень добычи (вылова) тихоокеанских лососей р. Камчатки достигал порядка

13 тыс. т (5–24 тыс. т). Непосредственно нерки ежегодно добывали в Камчатском заливе и бассейне р. Камчатки приблизительно 8 тыс. т (2–15 тыс. т). Среднегодовое количество уловов кеты и кижуча обычно составляли около 3 и 2 тыс. т соответственно.

Учитывая высокую промысловую значимость лососевой экосистемы р. Камчатки, в течение второй половины XX и первых десятилетий XXI веков было проведено большое количество научно-исследовательских работ, посвященных изучению тихоокеанских лососей этого водоема. Наиболее изученным видом здесь является нерка. Особый вклад в исследование ее биологии внес известный камчатский ученый, доктор биологических наук В.Ф. Бугаев, опубликовавший ряд тематических монографий по данной единице запаса (Бугаев, 1995, 2010, 2011). Более поздние исследования 2010-х гг., как непосредственно нерки, так и других видов тихоокеанских лососей, были больше ориентированы на проблемы организации биологического мониторинга и регулирования лососевого промысла в Камчатском заливе и бассейне р. Камчатки (Шевляков, Фадеев, 2015; Фельдман и др., 2016; Шевляков и др., 2018; Фадеев и др., 2019).

В рамках тематики, рассматриваемой в настоящей работе, наиболее значимыми представляются результаты исследований М.В. Ковалю с соавторами (2020), которые провели комплексный причинно-следственный анализ факторов, определяющих динамику нерестового хода и современное (данные 2018 и 2019 гг.) состояние ресурсов нерки р. Камчатки. Авторами данной статьи было высказано предпо-

ложение, что наиболее вероятной причиной отмеченных в последние годы задержек нерестового хода поздней формы нерки могли послужить снижение размерно-массовых показателей и физиологическая неготовность рыб к анадромной миграции. Кроме того, первостепенным внешним фактором, который мог оказать воздействие на современное состояние ресурсов, а также на популяционную структуру нерки р. Камчатки, определен высокий уровень промышленной эксплуатации этого стада. При этом следует отметить, что выполненный в процессе этой работы подробный анализ потенциального воздействия фоновых условий среды (метеорологических, гидрологических, гидрохимических, гидробиологических, эпизоотических) на характер анадромного хода и структуру нерестовых запасов нерки не показал значимых взаимосвязей. Однако необходимо признать, что, несмотря на отсутствие выявленных четких закономерностей, подобные исследования являются важной вехой для развития понимания многообразия причинно-следственных связей, отвечающих за тот или иной этап онтогенеза и формирование численности производителей нерки р. Камчатки.

В настоящей статье показаны результаты оценки влияния гидрологических условий в Камчатском заливе на интенсивность промысла и формирование нерестовых запасов тихоокеанских лососей р. Камчатки. Работа является продолжением исследований, начатых в 2018 г. (Коваль и др., 2018), когда в данном водном объекте была выполнена пробная гидроакустическая и гидрологическая съемка. В 2019 г. эти работы были продолжены и значительно расширены (Коваль и др., 2020). Настоящие исследования включают обобщенные данные гидроакустических и гидрологических съемок, выполненных специалистами КамчатНИРО в 2019–2021 гг. Накопленная биологическая информация может быть полезна для понимания особенностей анадромного хода тихоокеанских лососей р. Камчатки под воздействием изменчивости гидрологических условий и неводного промысла в Камчатском заливе.

Подчеркнем, что аргумент о высоком уровне влияния интенсивности промысла в Камчатском заливе на нерестовые запасы лососей р. Камчатки неоднократно высказывали специалисты КамчатНИРО, занимающиеся прогнозированием динамики численности лососевых. В настоящее время отраслевой наукой выработана общая позиция, которая указыва-

ет, что именно этот фактор является определяющим при формировании нерестового фонда всех видов тихоокеанских лососей, воспроизводящихся в бассейне данной реки. Кроме того, имеется понимание, что существенное влияние на этот процесс оказывает и высокий уровень ННН-промысла в бассейне р. Камчатки, который обусловлен значительными масштабами речной системы данного водного объекта и наличием большого количества населенных пунктов, расположенных в непосредственной близости от основного русла и крупнейших притоков реки.

Цель представленной работы — оценка комплексного воздействия гидрологических условий и неводного промысла в Камчатском заливе на динамику анадромного хода и формирование нерестовых запасов тихоокеанских лососей р. Камчатки в 2019–2021 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В качестве временных рядов наблюдений о вылове тихоокеанских лососей р. Камчатки использована промысловая статистика 1971–2021 гг., подготовленная на основе данных Северо-Восточного территориального управления Росрыболовства (СВТУ) и архивной информации КамчатНИРО. Данные об уловах представлены начиная с 1971 г., так как с этого года Международной комиссией по анадромным рыбам северной части Тихого океана (North Pacific Anadromous Fish Commission (NPAFC), www.npafc.org) была официально принята к использованию промысловая статистика для регионов Дальнего Востока России.

Оценки нерестового фонда получены по материалам авиаучетных съемок КамчатНИРО, выполненных на лососевых нерестилищах бассейна р. Камчатки в 1981–2021 гг. Методы аэровизуального учета численности нерестующих лососей являются традиционными для Камчатки (Остроумов, 1962, 1975). Построение схем распределения производителей нерки на нерестилищах бассейна р. Камчатки выполнено с помощью программы ArcGIS Pro 2.9.2 (<https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/get-started/whats-new-in-arcgis-pro.htm>).

Анализ сезонной динамики (май–август) и видового состава тихоокеанских лососей, пропущенных на нерест в бассейн р. Камчатки в период пугин 2019–2021 гг., выполнен на основе данных, полученных на контрольном рыболовном участке (РЛУ) № 832 («Тоня Хваленка»), находящемся в пользовании ООО «Дельта Фиш

ЛТД» (рис. 1). Учет численности производителей лососей выполняли по методике, разработанной специалистами КамчатНИРО (Фадеев и др., 2019). Промысловая статистика по пятидневному вылову тихоокеанских лососей р. Камчатки на морских и речных РЛУ также была предоставлена СВТУ.

Данные о гидрологическом режиме и пространственно-количественном распределении лососей в Камчатском заливе в 2019–2021 гг. получены при проведении сотрудниками КамчатНИРО гидролого-гидроакустических съемок. Наблюдения выполняли с помощью малотоннажных морских судов: в 2019 г. — буксир «Опричник» (ООО «Соболь»), в 2020 и 2021 гг. — портовый катер «ПК-1805» (ООО «Ничира»). Съемки проводили с конца мая до начала августа с приблизительной периодичностью один раз в две недели. Ежегодно общая длина галсов гидролого-гидроакустических съемок составляла порядка 120 км, а суммарная площадь по-

лигонов исследований — около 350–360 км² (рис. 2). Всего за период работ в Камчатском заливе выполнено 284 вертикальных зондирования водного слоя (преимущественно до глубины 20–25 м) и 5143 поверхностных измерений (рис. 3, табл. 1).

Определение основных характеристик вод (давление, температура и электропроводность) по вертикальным профилям проводили с помощью гидрологического зонда (портативный профилограф) CastAway-CTD (Xylem Inc.). Измерения режима гидрологических параметров приповерхностного слоя вод (температура, электропроводность, pH, насыщение вод кислородом, мутность, освещенность и концентрация хлорофилла- α) выполняли мультипараметрическими зондами AAQ-RINKO Profiler (JFEAdvantechCo., Ltd.) и HORIBA U-52G. Соленость рассчитывали согласно уравнению состояния морской воды 1980 г. (EOS-80) (Fofonoff, Millard, 1983) с применением программного

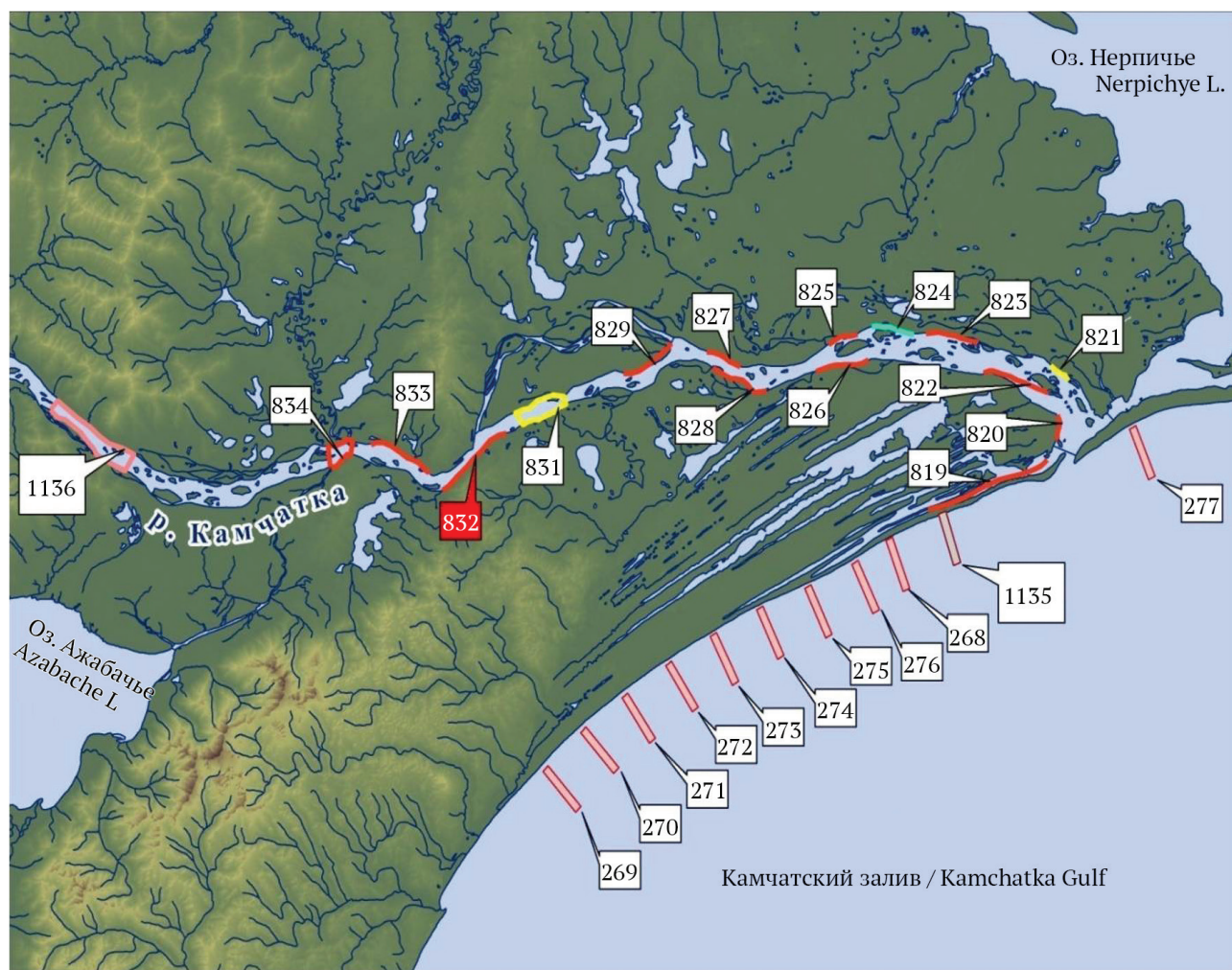


Рис. 1. Расположение морских (Камчатский залив) и речных (нижнее течение р. Камчатки) рыболовных участков (РЛУ) в Усть-Камчатском районе (красным цветом помечен речной контрольный РЛУ № 832)
Fig. 1. Distribution of marine (Kamchatka Gulf) and river (lower reaches of the Kamchatka River) fishing plots in the Ust-Kamchatsky district (the river plot № 832 for control fishing is marked in red)

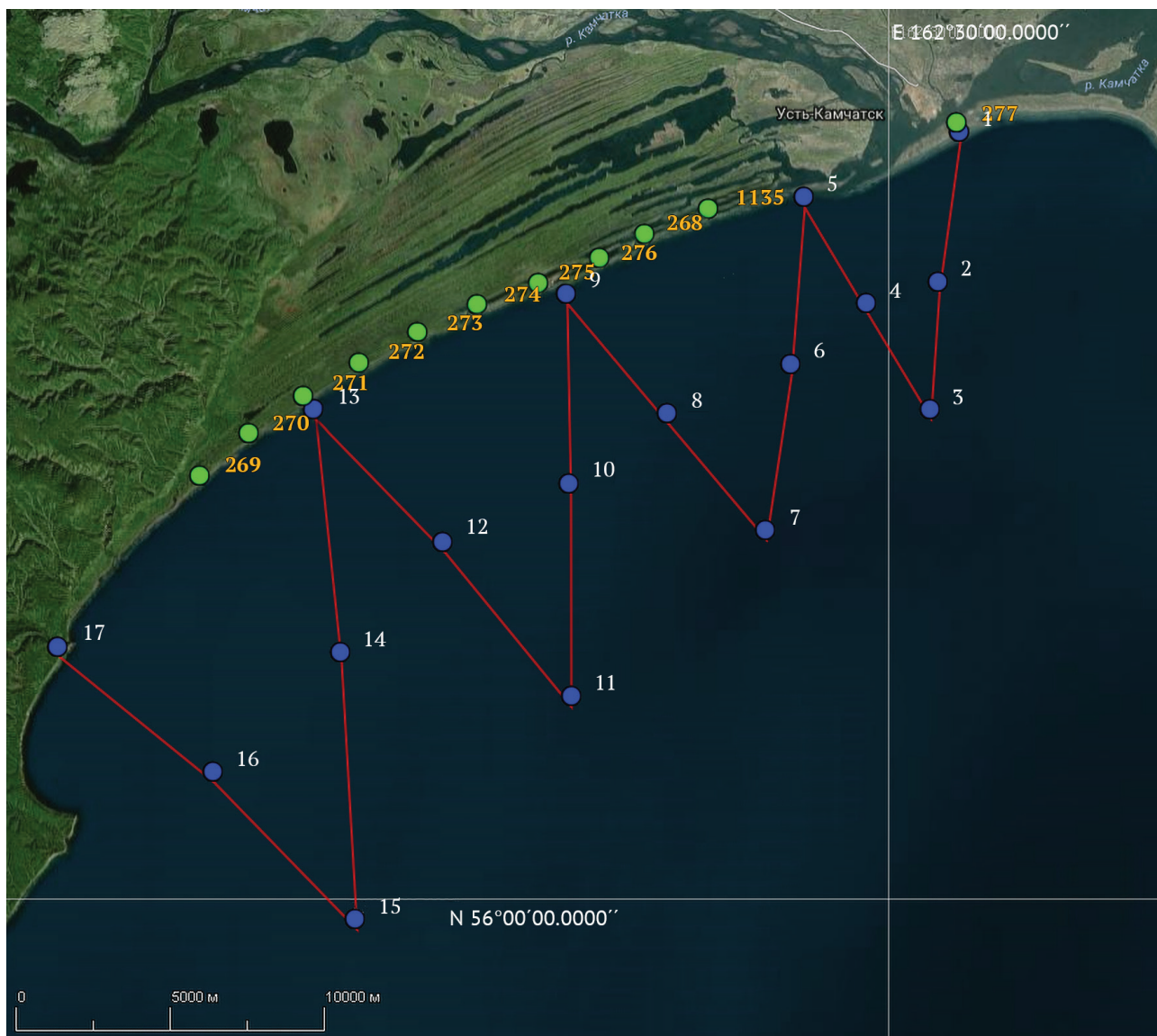


Рис. 2. Генеральная схема галсов гидролого-гидроакустических съемок и расположение станций вертикального зондирования водного слоя в Камчатском заливе в 2019–2021 гг.
Fig. 2. General scheme of the tracks of hydrological-hydroacoustic surveys and distribution of the stations of vertical sounding the waters of Kamchatka Gulf in 2019–2021

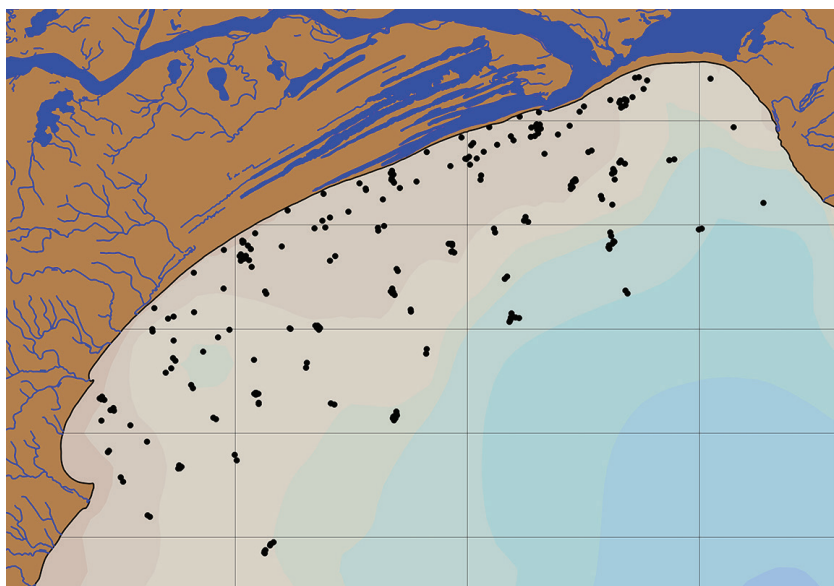


Рис. 3. Общая схема фактических гидрологических станций (вертикальное зондирование), выполненных при проведении гидролого-гидроакустических съемок в Камчатском заливе в 2019–2021 гг.
Fig. 3. General scheme of actual hydrological stations (vertical sounding), examined during the hydrological-hydroacoustic surveys in Kamchatka Gulf in 2019–2021

обеспечения зонда. Полученные первичные данные сводили в общую базу на основе программы Ocean Data View 5.6.2 (Schlitzer, Reiner, Ocean Data View, <https://odv.awi.de>, 2022). В этой же программе в дальнейшем строили карты распределения температуры и солености.

Сбор первичной гидроакустической информации о количественном распределении тихоокеанских лососей в акватории Камчатского залива выполняли с помощью специализированного цифрового эхолота “BioSonics DT-X” с трансдюсером 120 кГц с расщепленным лучом,

максимальной мощностью 1000 Вт и дискретностью приемного тракта < 0,2 дБ (рис. 4). Обработку гидроакустических данных выполняли с помощью специализированной лицензионной программы Myriax Echo View (версия 8.0) (Higginbottom et al., 2008). Карты распределения лососей в эпипелагическом слое вод исследуемого полигона строили с помощью программы SURFER (Surfer 8 User’s Guide, 2002). Расчеты относительной численности лососей выполнены по полигонам Тиссена–Воронова с использованием программы ArcView GIS 3.2a.

Таблица 1. Объем гидрологического материала, собранного при проведении гидролого-гидроакустических съемок в Камчатском заливе в 2019–2021 гг.
Table 1. The hydrological data collected during hydrological and hydroacoustic surveys in Kamchatka Gulf in 2019–2021

Дата съемки Date of survey	Вертикальные профили Vertical profiles	Приповерхностные измерения Subsurface measurements
2019 г.	106	1890
5 июня / June 5	41	–
23 июня / June 23	30	–
7 июля* / July 7	5	572
15 июля / July 15	15	651
31 июля / July 31	15	667
2020 г.	105	3253
31 мая / May 31	20	791
10 июня / June 10	21	728
17 июля / July 17	21	604
25 июля / July 25	23	569
5 августа / August 5	20	561
2021 г.	73	0
2 июня / June 2	16	–
11 июня** / June 11	5	–
1 июля / July 1	17	–
8 июля / July 8	18	–
22 июля / July 22	17	–
ВСЕГО / TOTAL	284	5143

Примечание. В дальнейшей работе гидрологическая информация в указанные даты не приводится из-за недостаточной репрезентативности данных вертикального зондирования: * – 7 июля 2019 г. выполнены 5 станций: 1 в начале и 4 в конце съемки, ** – 11 июня 2021 г. выполнены 5 станций в начале съемки, далее не делали по штормовым условиям.
Note. In further work, hydrological information on the indicated dates is not provided due to insufficient representativeness of vertical sounding data: * – on July 7, 2019, 5 stations were completed: 1 at the beginning and 4 at the end of the survey, ** – on June 11, 2021, 5 stations were completed at the beginning of the survey, then the survey was stopped due to storm conditions.



Рис. 4. Специализированный научный цифровой эхолот “BioSonics DT-X”, с помощью которого выполняли гидроакустические съемки на акватории Камчатского залива в 2019–2021 гг.
Fig. 4. Specialized digital scientific echosounder “BioSonics DT-X”, used during the hydroacoustic surveys in Kamchatka Gulf in 2019–2021

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Многолетние закономерности динамики численности тихоокеанских лососей р. Камчатки

В настоящее время в качестве наиболее показательного критерия для оценки динамики запасов тихоокеанских лососей Северной Пацифики приняты данные о коммерческом вылове этих биоресурсов (NPAFC, www.npafc.org). На рисунке 5 показана динамика суммарных лососевых уловов в Камчатском заливе и бассейне р. Камчатки в 1971–2021 гг. Обращаем внимание, что вылов таких видов, как чавыча, нерка, кета и кижуч, базируются на собственных запасах, воспроизводящихся в р. Камчатке. Уловы горбуши в значительной степени зависят от количества транзитных рыб, облавливаемых в Камчатском заливе во время преднерестовых миграций к водным объектам Северо-Восточной Камчатки.

Из представленных данных видно, что структура лососевых уловов в течение рассматриваемого периода претерпела заметные изменения. В 1971–2021 гг., по среднемноголетним данным, добывали около 8,8 тыс. т тихоокеанских лососей. При этом соотношение видов в уловах имело следующий вид: нерка — 48% (4,2 тыс. т), кета — 19% (1,7 тыс. т), кижуч — 19% (1,7 тыс. т), чавыча — 9% (0,8 тыс. т), горбуша — 5% (0,4 тыс. т). В последнее десятилетие (2012–2021 гг.) среднемноголетний уровень уловов

лососей увеличился практически в 2 раза — до 17,1 тыс. т. Соответственно, изменилась и общая структура видового состава уловов: нерка — 61% (10,5 тыс. т), кета — 22% (3,7 тыс. т), кижуч — 11% (1,8 тыс. т), чавыча — 2% (0,4 тыс. т), горбуша — 4% (0,7 тыс. т). В этот период заметно возросла доля нерки в уловах лососей в Камчатском заливе и бассейне р. Камчатки, а доли кижуча и чавычи, наоборот, снизились.

В настоящее время отмеченная начиная с середины 2000-х гг. тенденция увеличения уловов для той или иной единицы лососевых запасов не является исключением. Подобный тренд зафиксирован специалистами всех стран, где осуществляется масштабное воспроизводство тихоокеанских лососей (NPAFC, www.npafc.org). Наиболее значимой причиной этого могут быть комплексные изменения климата, определяющие океанологические условия различных этапов нагула лососей Азии и Северной Америки в бассейне Северной Пацифики (Кляшторин, Любушин, 2005; Бугаев и др., 2018; Кровнин, 2019; Climate impacts., 2010; и др.).

Однако помимо естественных природных факторов, большое значение для современной динамики запасов водных биоресурсов приобретает и возрастающее влияние промысла. Особенно это характерно для единиц запасов, которые представлены наиболее ценными видами гидробионтов. В бассейне р. Камчатки к таковым относятся чавыча и нерка. Причем по-

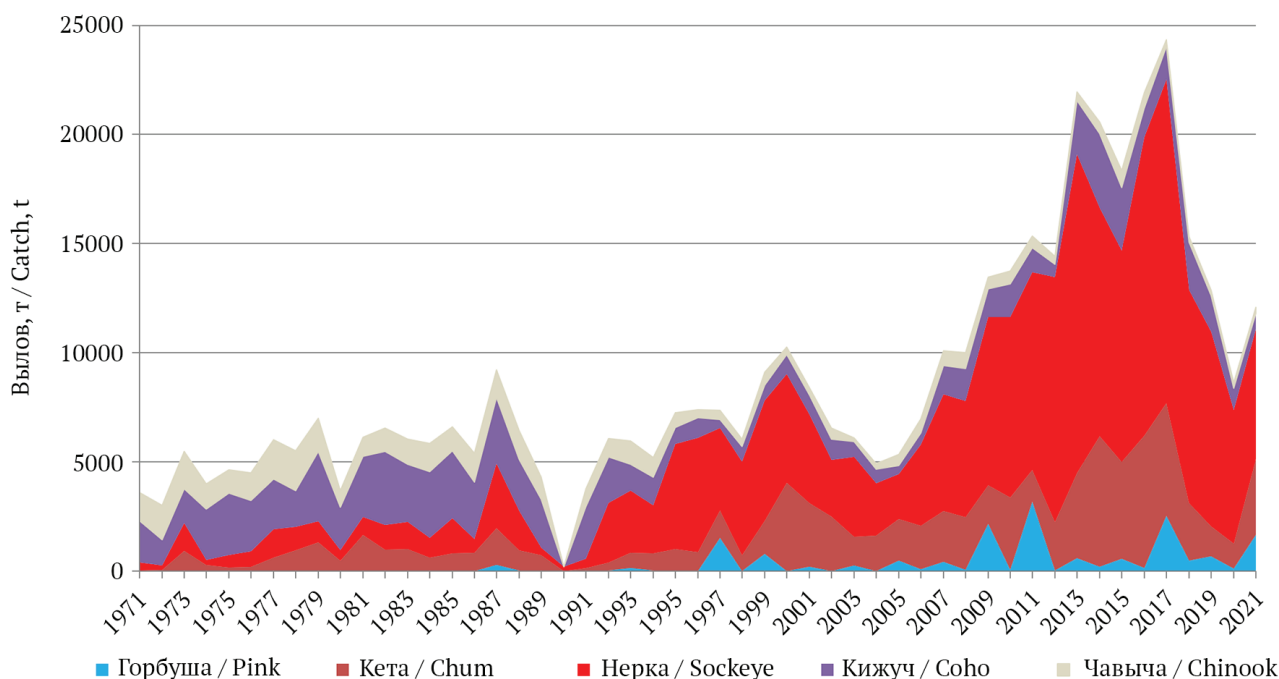


Рис. 5. Динамика уловов тихоокеанских лососей р. Камчатки по данным 1971–2021 гг.
Fig. 5. Dynamics of Pacific salmon catches in the Kamchatka River on the data for 1971–2021

следний вид имеет большее промысловое значение, так как является массовым. Подчеркнем, немаловажную роль в увеличении антропогенного воздействия на рыбные запасы сыграло развитие рыбодобывающих и рыбоперерабатывающих мощностей в 2010-е гг., которое наблюдалось во всем Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне. Непосредственно для р. Камчатки подобная закономерность была неоднократно отмечена специалистами КамчатНИРО для Усть-Камчатского района (Камчатский край), где в основном (более 95%) сосредоточены промысел и переработка запасов лососей, воспроизводящихся в данном водном объекте (Шевляков, Фадеев, 2015; Шевляков и др., 2018; Коваль и др., 2020).

В плане критического анализа сложившейся промысловой обстановки с лососевыми ресурсами р. Камчатки на рубеже XX и XXI веков, наиболее показательно представить динамику численности подходов (пропуск на нерест + вылов) самого массового вида лососей этого водоема — нерки. На рисунке 6 показаны многолетняя (1991–2021 гг.) изменчивость количества выловленных и пропущенных на нерест производителей, а также интенсивность промысла (доля вылова от величины подхода) нерки р. Камчатки.

Представленная динамика численности отражает последовательный рост доли промыслового изъятия нерки р. Камчатки от общего подхода производителей вида. Причем, в 1990-е гг. этот показатель по среднемуголетним данным составлял порядка 55%, в 2000-е гг. — около 60%, а в 2010-е гг. достиг 85%. Понятно, что подобное увеличение интенсивности промысла не могло не отразиться непосредственно на численности

и структуре нерестового запаса этого вида в бассейне р. Камчатки.

Анализ пространственного и количественного распределения производителей ранней и поздней нерки р. Камчатки, по данным авиачетных съемок 1981–2021 гг. (рис. 7 и 8), показал, что в последнее десятилетие рассматриваемого периода реально наблюдается деградация нерестового фонда вида. Особенно четко это прослеживается в последние годы наблюдений (2018–2021 гг.). Основным признаком вырождения нерестового фонда камчатского стада нерки является сокращение общей численности производителей на нерестилищах среднего и верхнего течения реки. По сути, воспроизводство вида сосредоточилось в двух локальных центрах нижнего течения реки: бассейнах оз. Азабачьего и р. Еловки. Подобная тенденция прослеживается для обеих сезонных форм нерки р. Камчатки.

Сравнительная динамика процесса сокращения нерестовой численности нерки, воспроизводящейся в верхнем, среднем и нижнем течении р. Камчатки, показана на графиках, построенных по данным количества пропуска на нерест производителей для десятилетних периодов (1981–2020 гг.) и за последние три года (2019–2021 гг.) (рис. 9 и 10). В этом случае для анализа современной ситуации мы акцентировали внимание только на указанном трехлетнем периоде, так как именно в эти годы были выполнены полноценные гидролого-гидроакустические съемки в Камчатском заливе. Однако, как отмечено выше, серьезное ухудшение обстановки по формированию нерестового фонда нерки р. Камчатки сильно проявилось, начиная уже с 2018 г.

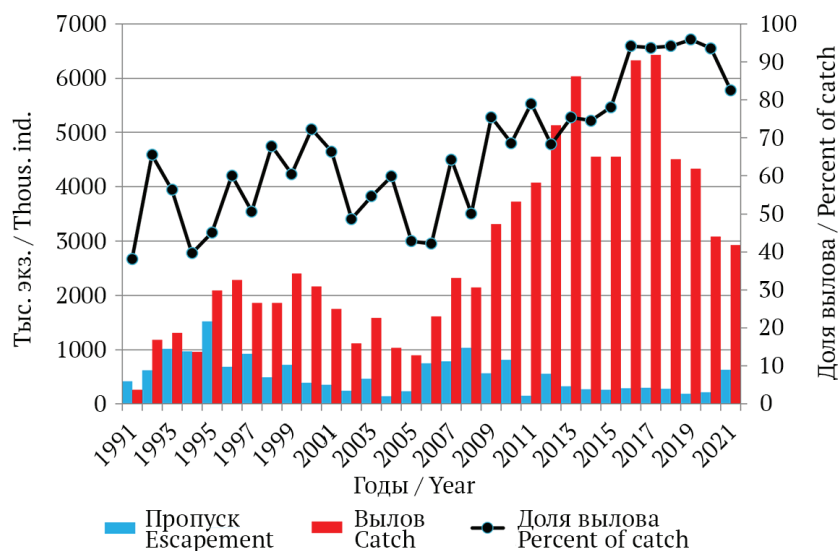


Рис. 6. Динамика подходов (пропуск и вылов) и интенсивность промысла нерки р. Камчатки по данным 1991–2021 гг.

Fig. 6. Dynamics of the run (catch and escapement) and intensity of harvesting sockeye salmon of Kamchatka River on the data for 1991–2021

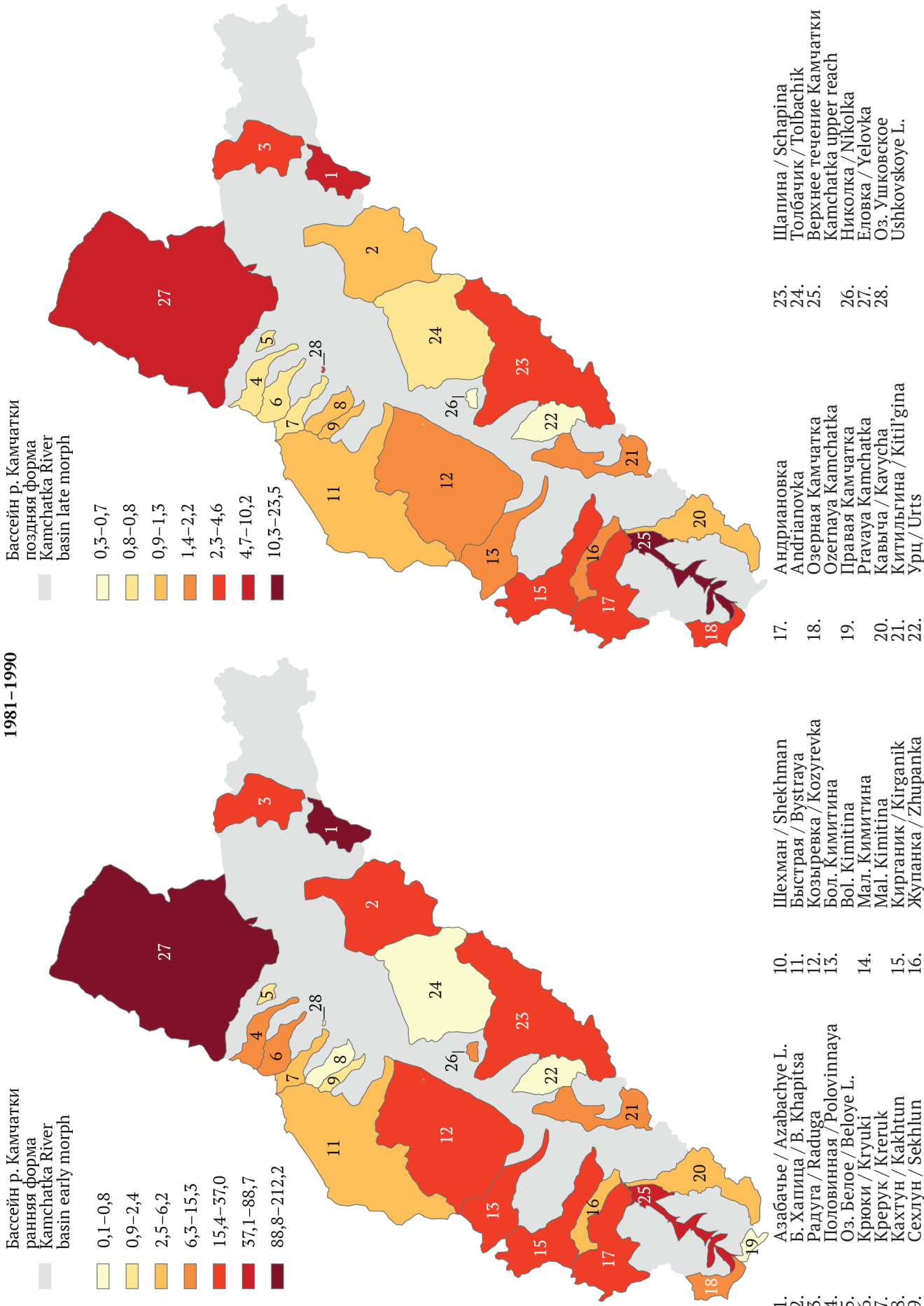


Рис. 7. Карты-схемы среднегодового пространственного и количественного распределения нерки на нерестилищах бассейна р. Камчатка по десятилетиям 1981–2020 гг.: слева – ранняя форма, справа – поздняя форма
Fig. 7. Schematic maps of the longterm average spatial and quantitative distribution of sockeye salmon on spawning grounds of the Kamchatka River basin by decades for 1981–2020: left – early morph, right – late morph

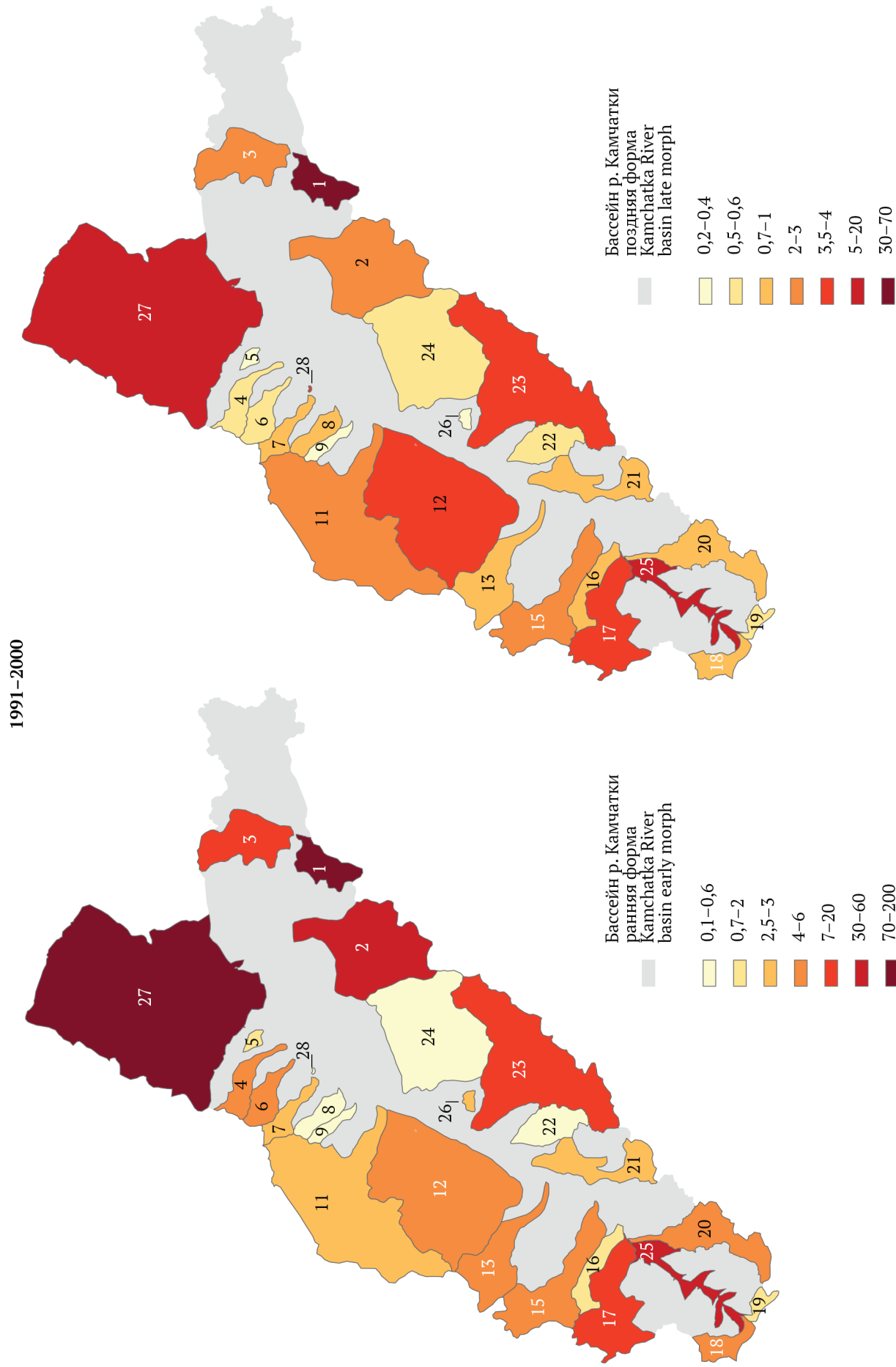


Рис. 7. Продолжение. Начало на с. 13 / Fig. 7. Continued. Begins on page 13

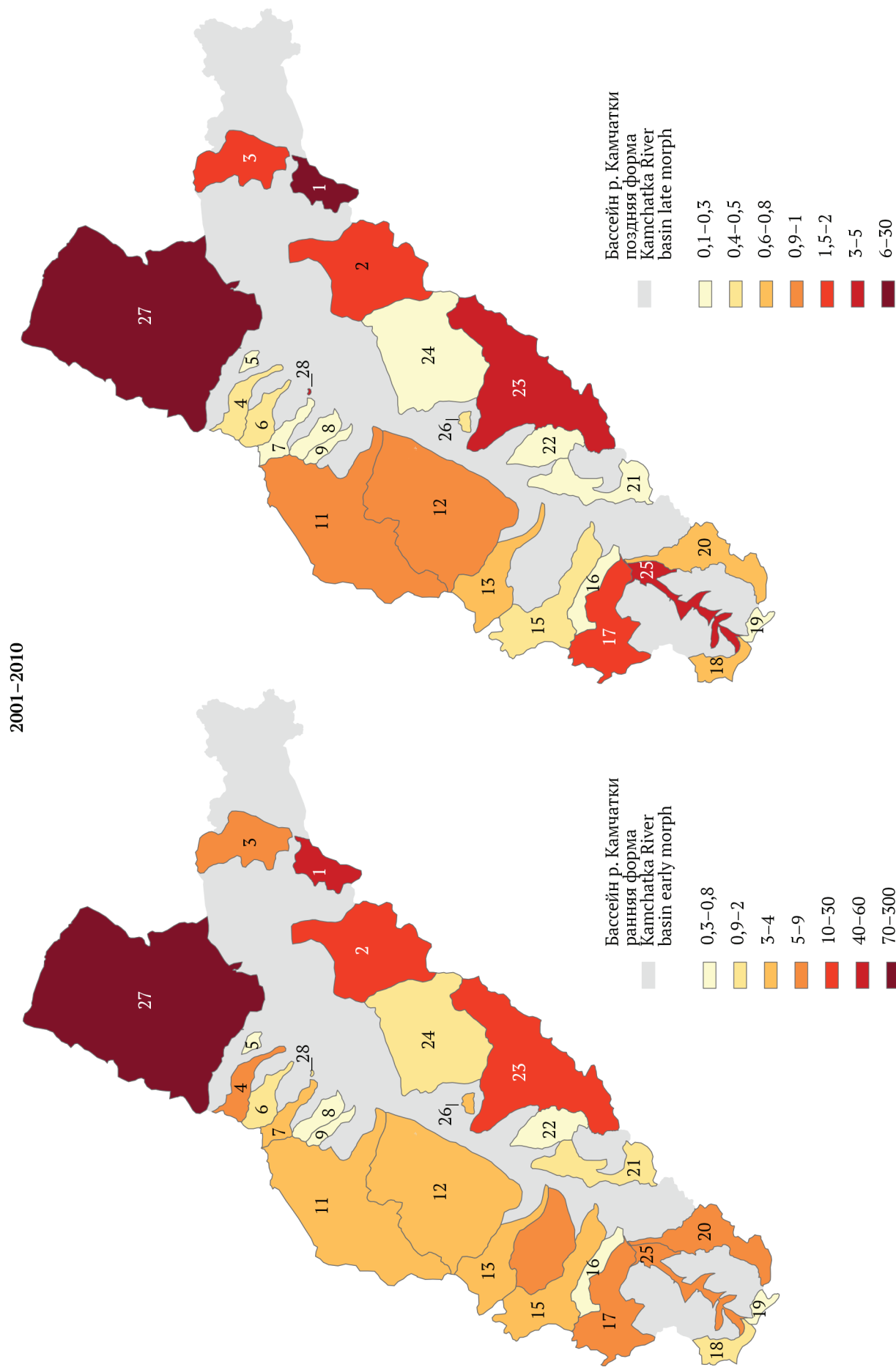


Рис. 7. Продолжение. Начало на с. 13 / Fig. 7. Continued. Begins on page 13

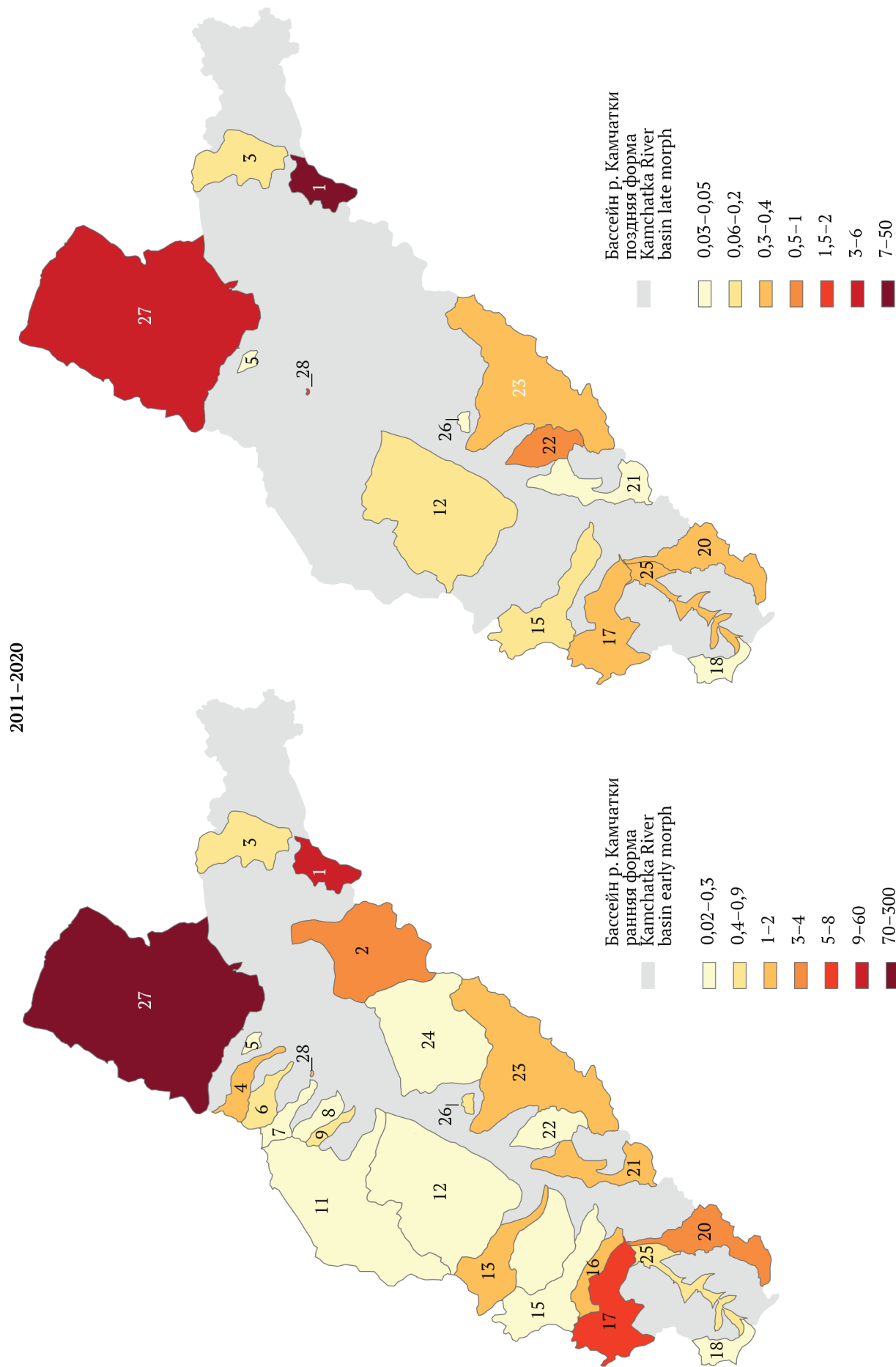


Рис. 7. Окончание. Начало на с. 13 / Fig. 7. The end. Begins on page 13

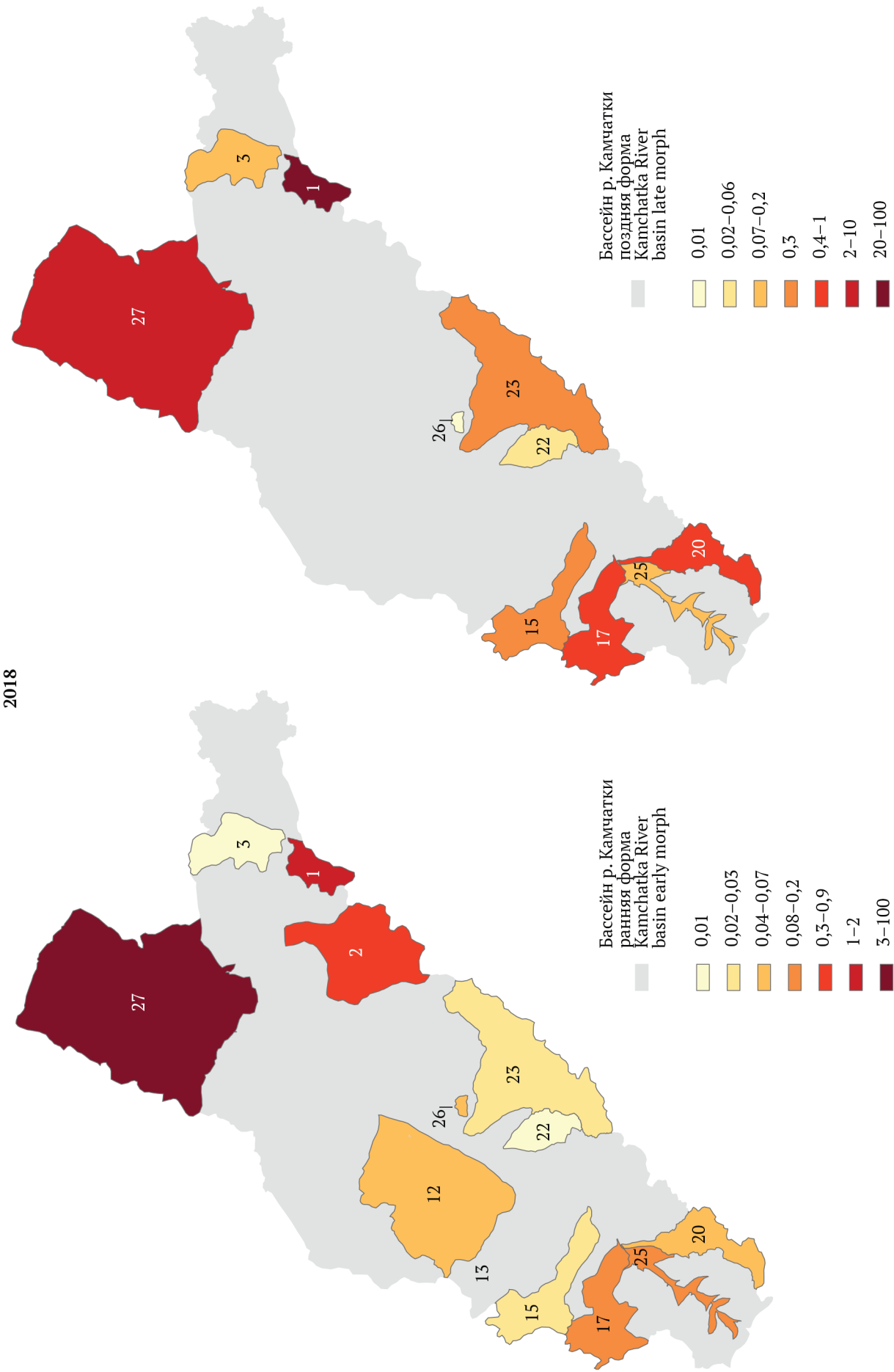


Рис. 8. Карты-схемы пространственного и количественного распределения нерки на нерестилищах бассейна р. Камчатка в 2019–2021 гг.: слева — ранняя форма, справа — поздняя. Нумерация бассейнов аналогично рис. 7
Fig. 8. Schematic maps of the spatial and quantitative distribution of sockeye salmon on spawning grounds of the Kamchatka River basin in 2019–2021: left – early morph, right – late morph. The numbering of the stock units is as in Fig. 7

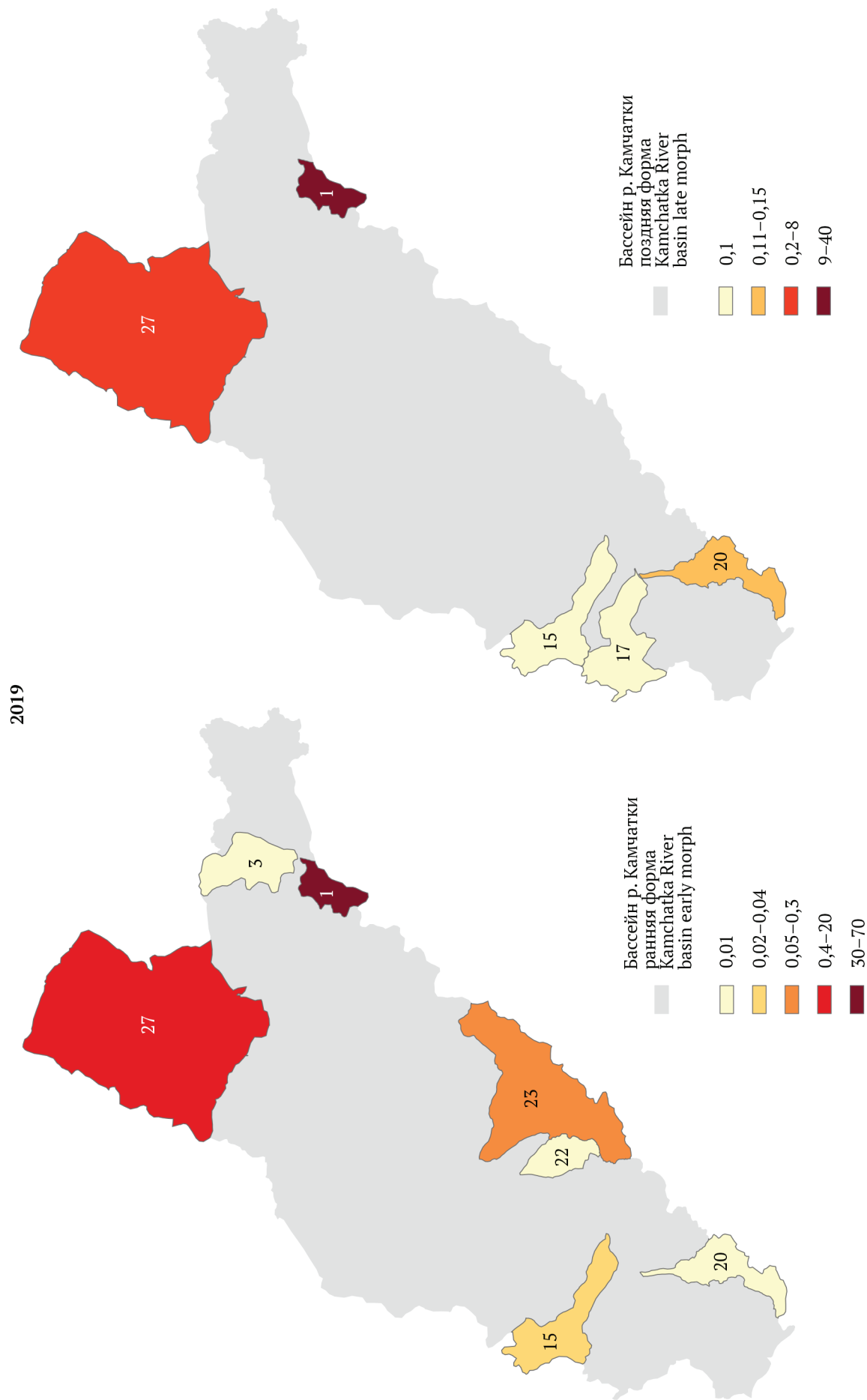


Рис. 8. Продолжение. Начало на с. 17 / Fig. 8. Continued. Begins on page 17

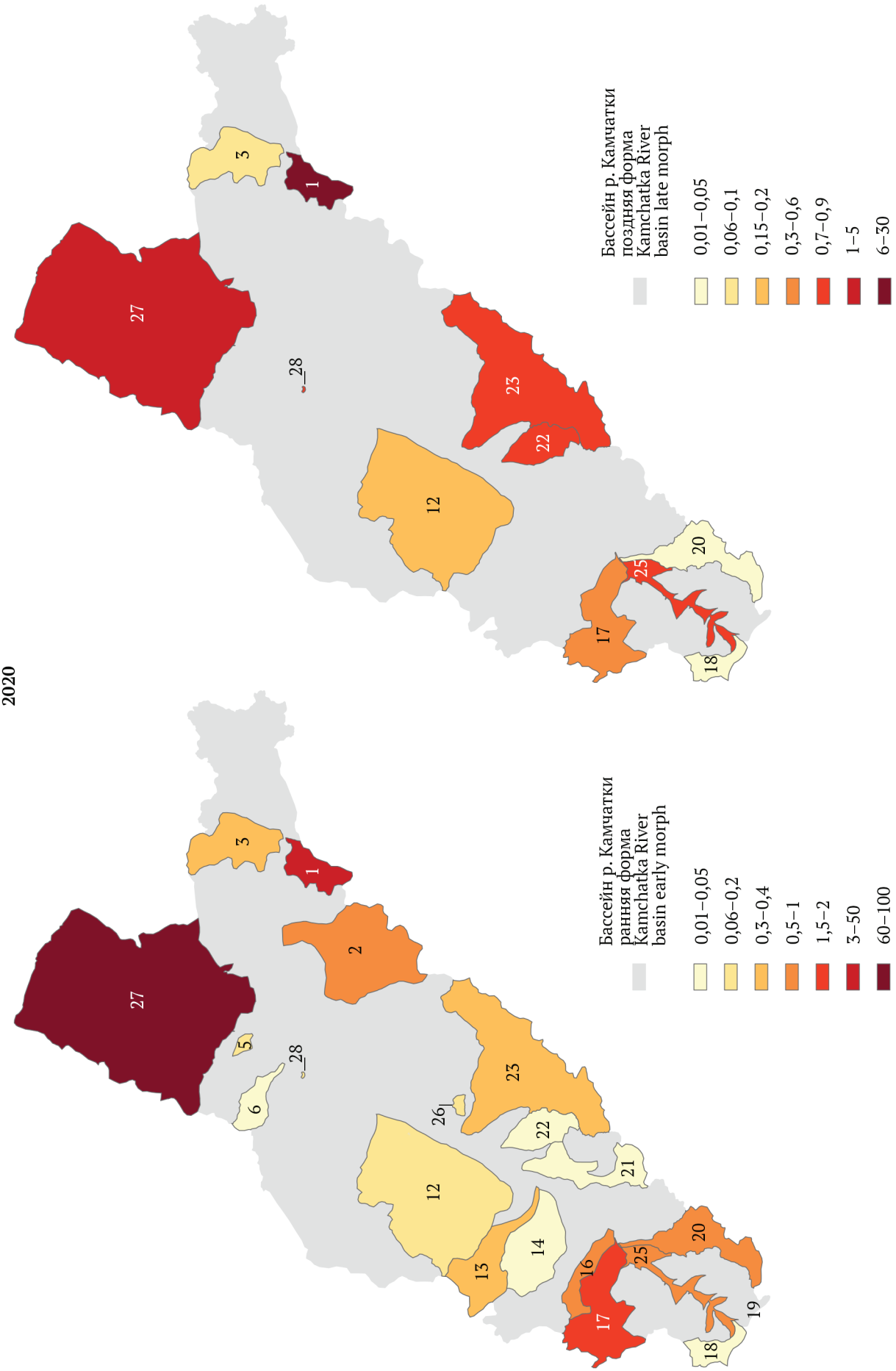


Рис. 8. Продолжение. Начало на с. 17 / Fig. 8. Continued. Begins on page 17

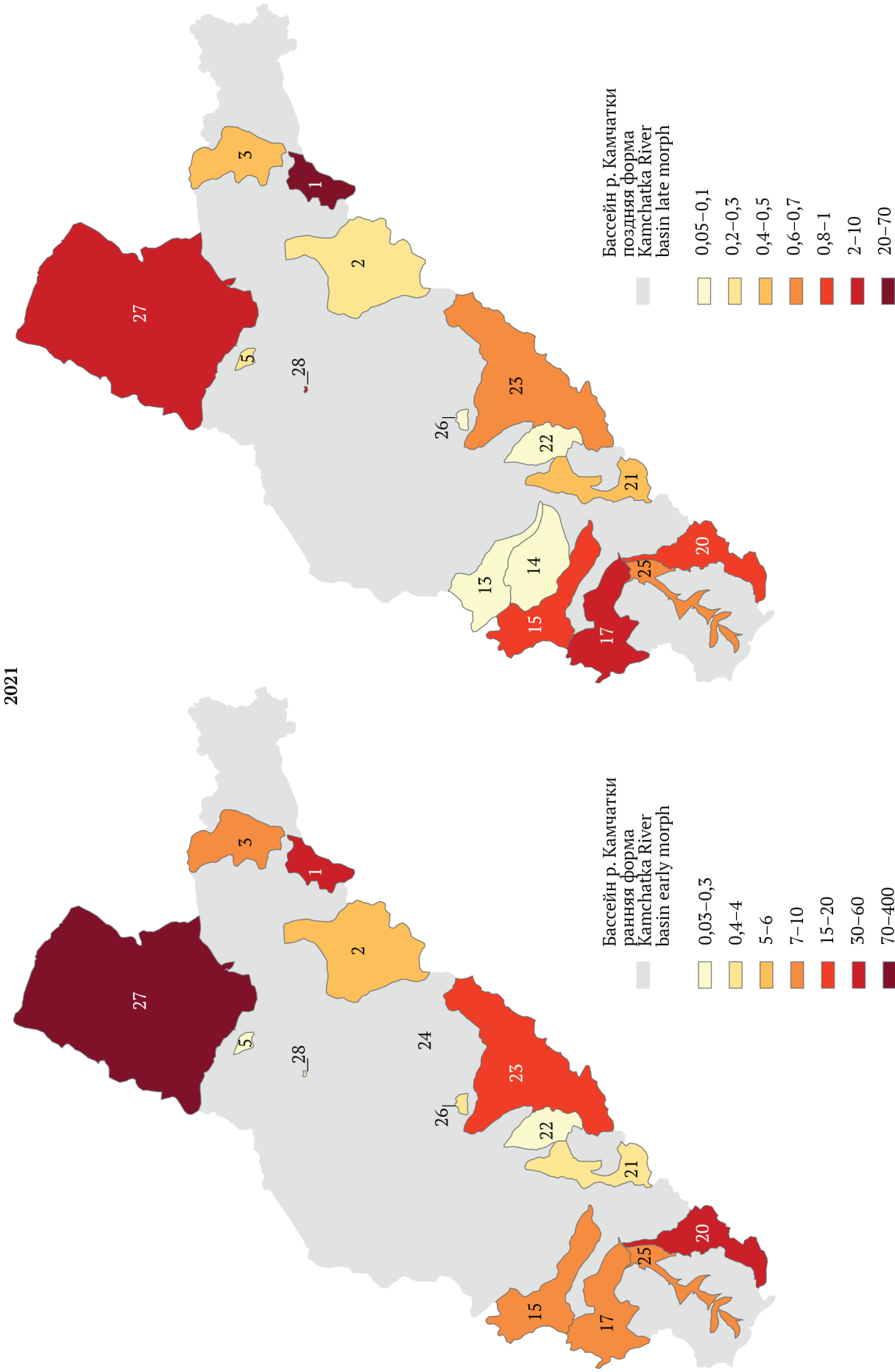


Рис. 8. Окончание. Начало на с. 17 / Fig. 8. The end. Begins on page 17

В настоящее время различными специалистами КамчатНИРО проведен ряд исследований по оценке целевых ориентиров пропуска производителей нерки на нерестилища бассейна р. Камчатки для обеспечения эффективного воспроизводства и формирования максимального возможного вылова. Наиболее часто в литературе упоминаются оценки опти-

мального заполнения нерестилищ нерки данного стада на уровне 500–600 тыс. экз. (Бугаев, 1995, 2010, 2011). По данным математического моделирования разноуровневых взаимосвязей «запас – пополнение», средним целевым ориентиром пропуска производителей вида в рассматриваемый водный объект является величина в 460 тыс. экз., а для расширенного

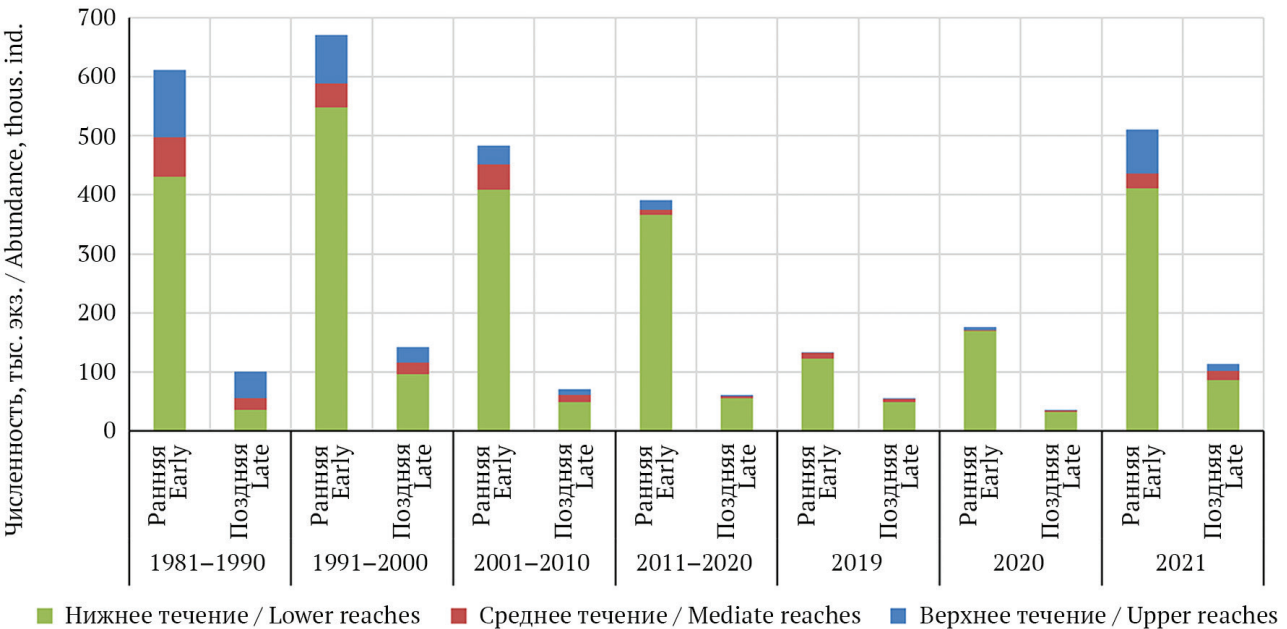


Рис. 9. Динамика численности пропуска ранней и поздней форм нерки на нерестилища нижнего, среднего и верхнего течений бассейна р. Камчатки в 1981–2021 гг.
Fig. 9. Dynamics of the escapement of sockeye salmon early and late morphs on spawning grounds of the lower, mediate and upper reaches of the Kamchatka River basin in 1981–2021

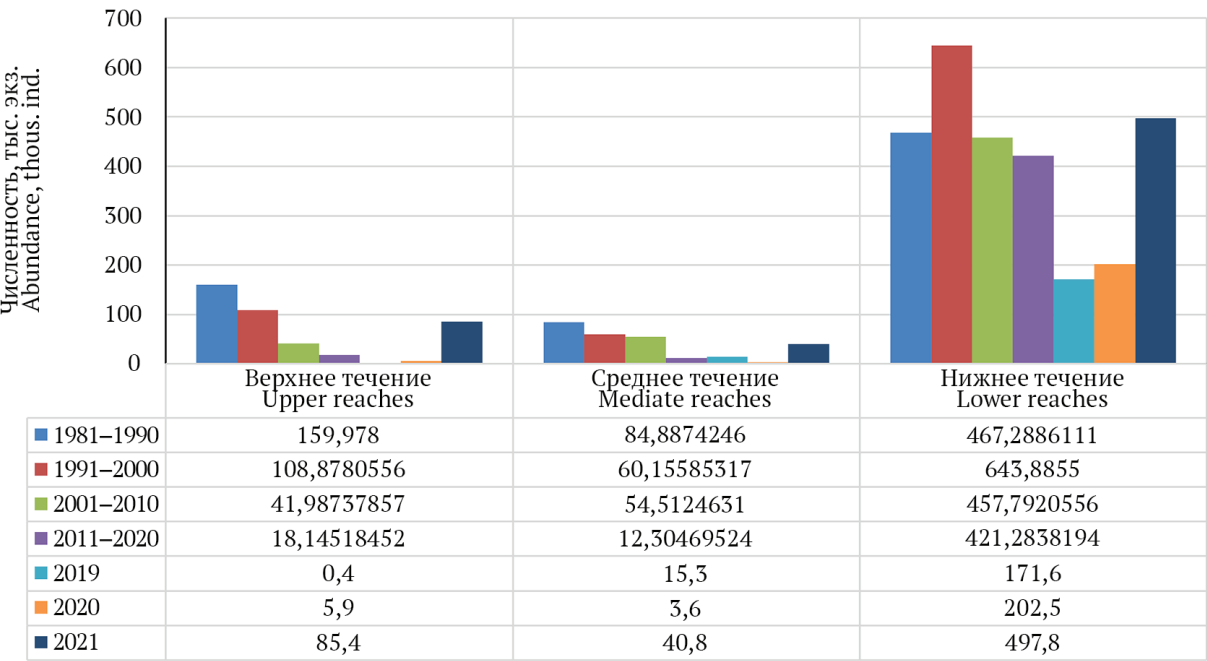


Рис. 10. Среднемноголетнее распределение численности пропуска нерки на нерестилища нижнего, среднего и верхнего течений бассейна р. Камчатки в 1981–2021 гг.
Fig. 10. Longterm average distribution of sockeye salmon escapement on spawning grounds of the lower, mediate and upper reaches of the Kamchatka River basin in 1981–2021

воспроизводства — 850 тыс. экз. (Фельдман и др., 2016). Учитывая указанные оценки, полагаем, что ориентиром для максимально эффективного воспроизводства и последующего промышленного рыболовства нерки р. Камчатки может быть величина пропуска на уровне 650 тыс. экз. (ранняя форма ~ 450 тыс. экз., поздняя форма ~ 200 тыс. экз.).

На рисунке 11 графически показана сравнительная динамика заполнения нерестилищ производителей нерки в бассейне р. Камчатки относительно модельных целевых ориентиров пропуска по десятилетиям (1981–2020 гг.) и в последние три года (2019–2021 гг.), которые являются целевыми для данной работы. Из представленных графиков видно, что средний ориентир пропуска был достигнут только в 1981–2010 гг. и 2021 г. В следующее десятилетие (2011–2020 гг.) пропуск был ниже, а в 2019 и 2020 гг. — значительно ниже этого ориентира. Последнее указывает на крайне сложную ситуацию, сложившуюся с формированием нерестовых запасов нерки р. Камчатки в последние годы. Несомненно, такой уровень пропуска негативно отразится на численности возвратов вида в данный водоем в ближайшей перспективе с учетом возраста созревания соответствующих поколений производителей.

Как мы уже упоминали, специалистами КамчатНИРО неоднократно была отмечена высокая роль воздействия рыболовства на запасы

как непосредственно нерки, так и других видов тихоокеанских лососей р. Камчатки (Шевляков, Фадеев, 2015; Шевляков и др., 2018; Коваль и др., 2020). Причем всеми указывалось, что основной пресс промысла на региональные лососевые запасы приходится на период добычи в Камчатском заливе. На примере нерки видно, что доля изъятия вида на морских РЛУ в Камчатском заливе по данным последних 10 лет (2012–2021 гг.) составляет около 80% (рис. 12). Достаточно схожая ситуация наблюдается для общего вылова всех видов тихоокеанских лососей, воспроизводящихся в бассейне р. Камчатки.

Таким образом, еще раз акцентируем внимание на том, что роль промысла в Камчатском заливе в освоении лососевых ресурсов р. Камчатки очень важна. Причем добыча (вылов) тихоокеанских лососей осуществляется здесь с использованием только неселективных орудий лова — ставных неводов, что позволяет облавливать все виды, мигрирующие к устью реки. Однако следует уточнить, что максимальный уровень промыслового прессинга на морских РЛУ Камчатского залива (~ 70–90%) приходится только на самые массовые виды — нерку и кету. Добыча относительно малочисленных видов (чавыча — на ~20–30%, кижуч — на ~40–50%) сосредоточена непосредственно в бассейне р. Камчатки, то есть на речных РЛУ. Здесь промысел ведется с использованием плавных жаберных сетей.

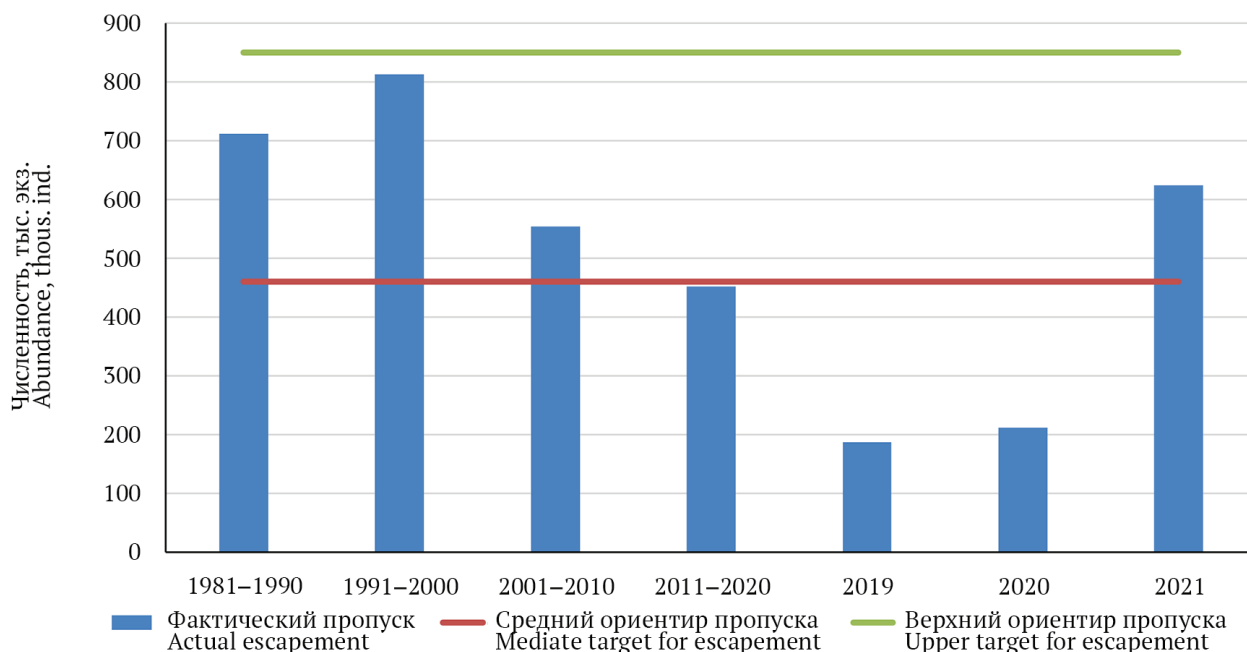


Рис. 11. Динамика численности нерки на нерестилищах бассейна р. Камчатки относительно целевых ориентиров пропуска по данным 1981–2021 гг.
Fig. 11. Dynamics of sockeye salmon abundance on spawning grounds of the Kamchatka River basin vs target values of escapement on the data for 1981–2021

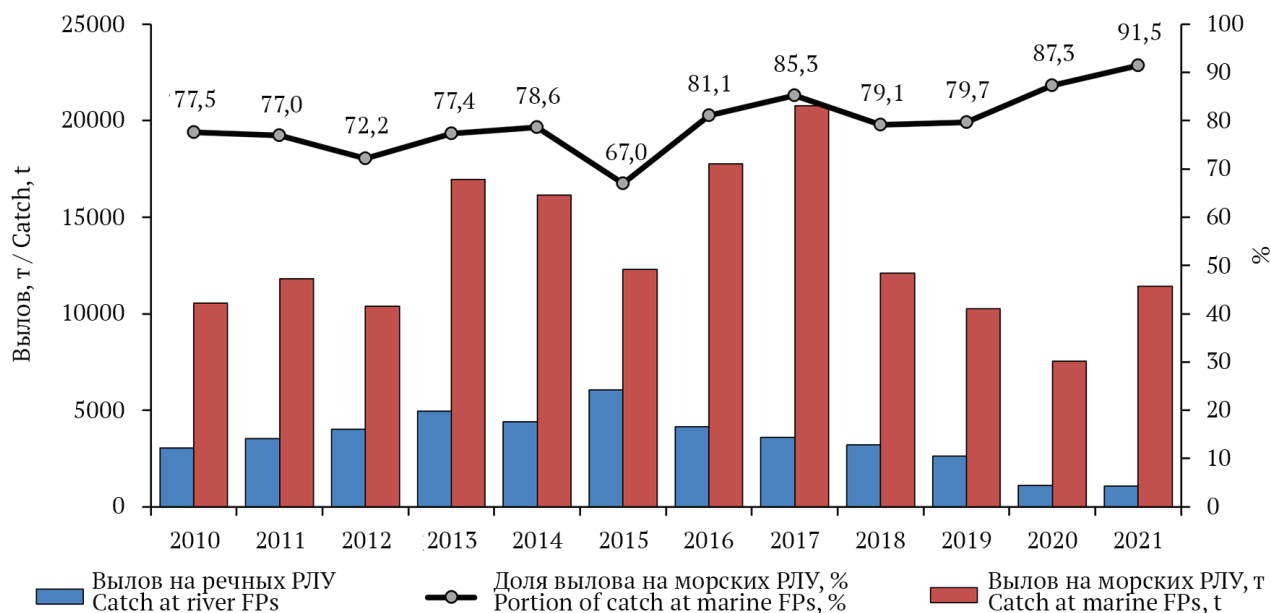


Рис. 12. Динамика вылова нерки р. Камчатки на речных и морских рыболовных участках (РЛУ) по данным 2012–2021 гг.

Fig. 12. Dynamics of the catch of sockeye salmon of Kamchatka River at the river and marine fishing plots on the data for 2012–2021

Обращаем внимание, что в данном случае повышенный уровень изъятия чавычи и кижуча на речных РЛУ обусловлен следующими причинами:

1. Чавыча, как наиболее малочисленный вид, не образует в Камчатском заливе плотных скоплений (как нерка и кета), поэтому ее облов ставными неводами не столь эффективен. Кроме того, продолжительное время чавычу на речных РЛУ добывали с применением сетей с размером ячеи 70 мм и выше, что позволяло облавливать более крупные особи, то есть существовала определенная селективность лова этого вида. Однако с 2014 г. введено ограничение на использование сетей с ячейей не более 70 мм, позволившее сократить целевой облов более крупных особей чавычи.

2. Кижуч отличается от других видов тихоокеанских лососей более поздним периодом нереста. Его основной анадромный ход в бассейне р. Камчатки проходит во второй половине августа и сентябре. При этом кижуч, как и чавыча, из-за своей относительной малочисленности также не образует плотных скоплений в Камчатском заливе. По этой причине его промысел с использованием морских ставных неводов нерентабелен. Поэтому рыбалка в Камчатском заливе заканчивается в конце августа, когда завершается рунный ход кеты.

Анализ данных гидролого-гидроакустических съемок и распределение промысловой нагрузки в Камчатском заливе во время преднерестовых миграций тихоокеанских лососей в 2019–2021 гг.

В период путины в Усть-Камчатском районе в 2018 г. было отмечено резкое снижение численности подходов тихоокеанских лососей к устью р. Камчатки. В первую очередь проблема обозначилась по наиболее массовому виду — нерке. Причем помимо общего снижения численности также отмечалась задержка захода производителей — как непосредственно нерки, так и других видов тихоокеанских лососей — в речной бассейн. В связи с этим специалистами КамчатНИРО была разработана концепция проведения гидролого-гидроакустических съемок в акватории Камчатского залива для исследования возможных причин подобных задержек анадромного хода, а также для учета потенциальной численности преднерестовых скоплений тихоокеанских лососей в зоне облова ставных неводов. Напомним, что в 2018 г. были выполнены первые попытки подобной съемки, а в 2019–2021 гг. данные исследования проводили уже на системной основе. Полученные результаты логично разделить на два информативных блока: гидрологический и гидроакустический. В дальнейшем мы приведем анализ общих закономерностей, определяющих

характер пространственного распределения тихоокеанских лососей в акватории полигона исследований.

Гидрологические данные. За период исследований в 2019–2021 гг. всего было выполнено 15 гидрологических съемок. В результате получены данные горизонтального и вертикального распределения некоторых параметров гидрологического режима (температура, соленость, pH, насыщение вод кислородом, мутность, освещенность и концентрация хлорофилла- α). Однако наиболее значимыми гидрологическими параметрами, влияющими на распределение тихоокеанских лососей в Камчатском заливе, определены два из них — температура и соленость (Коваль и др., 2020). Поэтому в нашей работе мы используем только эти показатели. Данные о распределении температуры и солености поверхностного слоя воды в Камчатском заливе во время проведения съемок в 2019–2021 гг. представлены на рисунках 13–15.

2019 г. В этот год выполнено пять последовательных гидрологических съемок (5 июня – 31 июля) с определением параметров среды в поверхностном слое и вертикальных профилях на отдельных станциях. К сожалению, съемка 7 июля по техническим причинам (сбой работы вертикального зондирующего комплекса) не была выполнена полностью, поэтому гидрологические данные по ней не приводятся. По аналогичной причине не были получены данные приповерхностных измерений режима вод 5 и 23 июня.

В результате проведенных в 2019 г. исследований выяснено, что в акватории северной части Камчатского залива гидрологические условия в период проведения исследований отличались значительной изменчивостью. Зона, подверженная распреснению, увеличивалась и сокращалась в очень широком диапазоне. Это зависело не только от уровня стока р. Камчатки (максимального в июне–июле, по данным ГМС в п. Ключи), но и от направления и длительности ветрового воздействия, фазы прилива и направленности морских течений. Кроме того, вертикальное развитие зоны смешения было очень незначительным. Слой скачка солености, как впрочем, и температуры, залегал достаточно близко к поверхности, не более 3–5 м (чаще менее 2 м).

Обработка гидрологических данных показала, что 5 июня, в период начала паводка в бассейне р. Камчатки, наиболее распресненные

и теплые воды распространялись вдоль побережья в юго-западном направлении. Самые заметные градиенты температуры и солености наблюдались к северо-востоку от устья реки, а также в центральной части обследованной акватории. На юге зона распреснения оказалась наиболее развитой, постепенно сужаясь в направлении устья р. Камчатки. Заметное потепление и распреснение вод на значительной части полигона исследований было отмечено 23 июня.

Последующая съемка, выполненная 15 июля, показала, что в результате воздействия длительного сгонного ветра в прибрежной зоне образовались узкие полосы относительно холодных (12 °C) и соленых вод (до 27‰). Трансформированные воды р. Камчатки оказались отжаты от побережья, хотя их «шлейф» хорошо прослеживался в юго-западном направлении, который постепенно расширялся и «осолонялся». Съемка 31 июля выявила возврат к характерному полю распределения температуры и солености: речной сток и воды смешения были прижаты к берегу, где и наблюдались наиболее высокие значения температуры и минимальные величины солености.

2020 г. В этот год выполнено пять последовательных гидрологических съемок (31 мая – 05 августа) с непрерывным определением параметров среды в поверхностном слое и вертикальных профилей на отдельных станциях. Полученные гидрологические данные можно считать наиболее адекватными и продолжительными за весь трехлетний период наблюдений.

Съемка, выполненная 31 мая, показала, что распространение распресненных и относительно теплых вод, образованных при смешении стока р. Камчатки с морскими водами Камчатского залива, наиболее заметно в прибрежной приустьевой зоне. Позднее, 10 июня, было отмечено отклонение потока распресненных и теплых вод от побережья в восточном направлении. Причем с севера в данную область довольно далеко вклинивались морские воды с высокой соленостью и низкой температурой. В результате чего здесь образовалась зона с высокими пространственными термогалинными градиентами.

Причиной данного явления было господство юго-юго-западного ветра, постепенно усиливавшегося до скорости более 6 м/с (по данным ГМС п. Усть-Камчатск (Аэропорт)). Это привело к значительному снижению

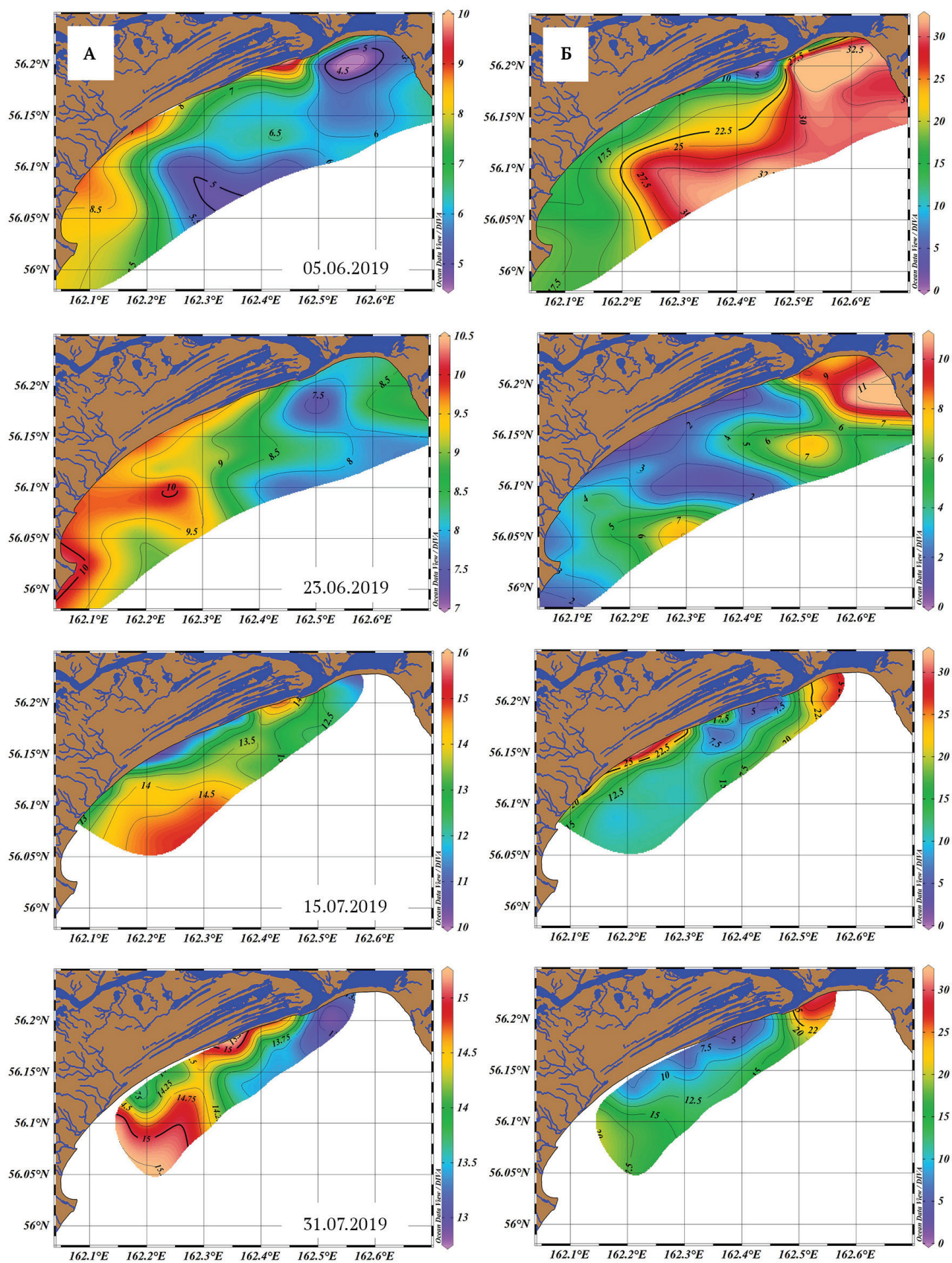


Рис. 13. Распределение показателей температуры (°C) (А) и солёности (‰) (Б) поверхностного слоя воды по данным гидрологической съёмки в Камчатском заливе в июне–июле 2019 г.
 Fig. 13. Surface water temperature (°C) (A) and salinity (‰) (B) distribution on the data of hydrological survey in Kamchatka Gulf in June–July of 2019

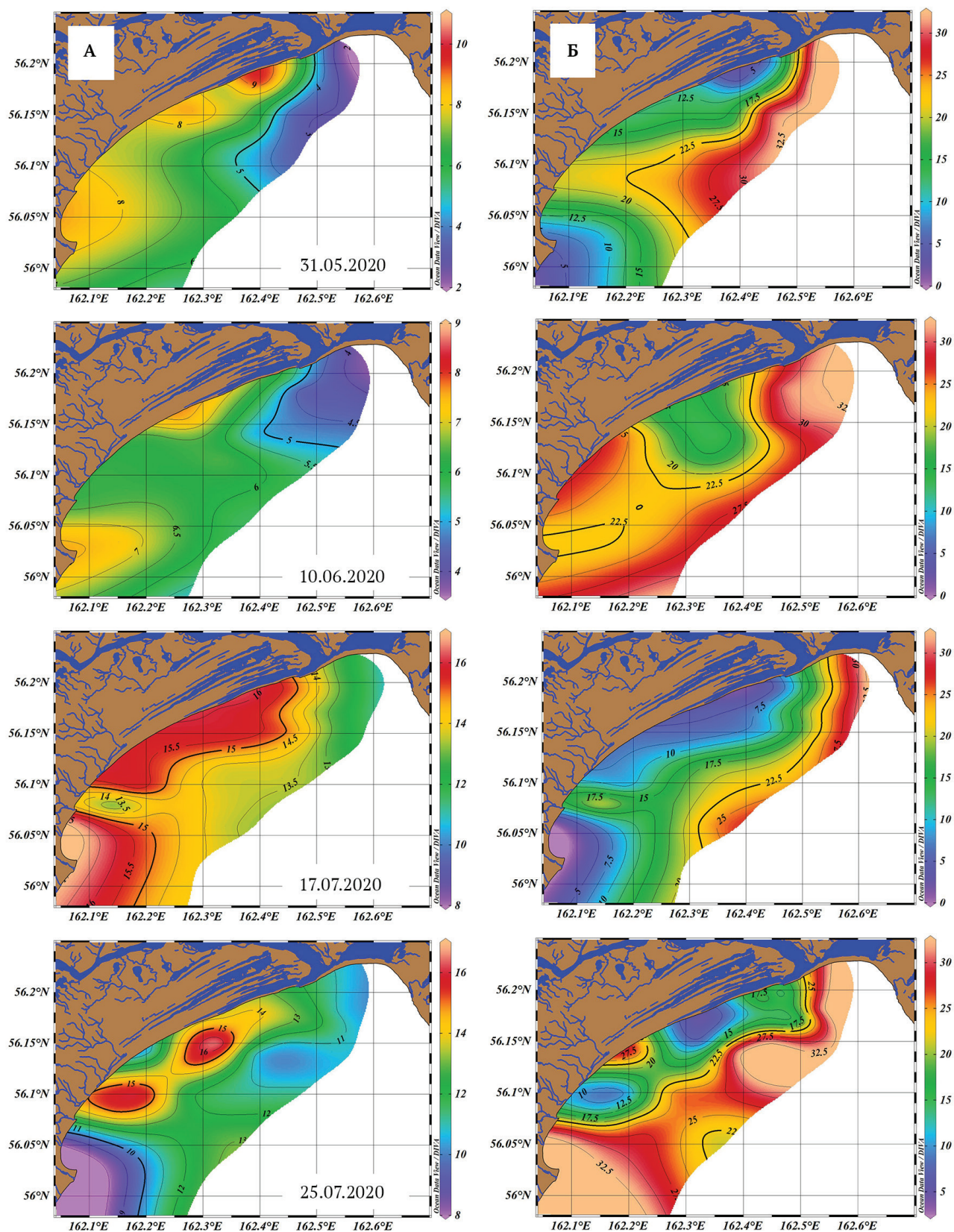


Рис. 14. Распределение показателей температуры (°C) (А) и солености (‰) (Б) поверхностного слоя воды по данным гидрологической съемки в Камчатском заливе в мае–августе 2020 г.
Fig. 14. Surface water temperature (°C) (A) and salinity (‰) (B) distribution on the data of hydrological survey in Kamchatka Gulf in May–August of 2020

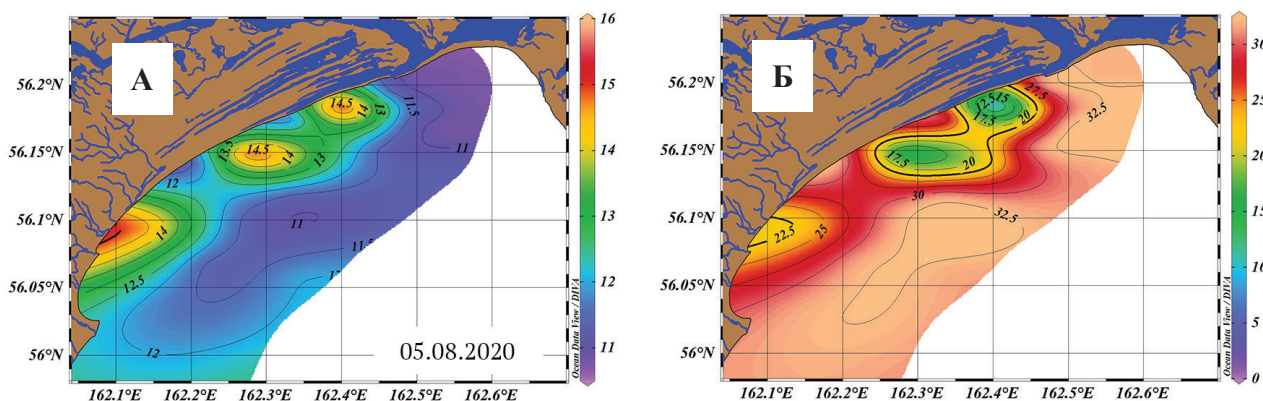


Рис. 14. Окончание. Начало на с. 28 / Fig. 14. The end. Begins on page 26

температуры поверхностного слоя в зоне распреснения по сравнению с картиной, наблюдавшейся в конце мая. Среднее снижение температуры воды в районе устья р. Камчатки достигало почти 2 °С. Вероятной причиной может служить и общее ухудшение метеобстановки в районе исследований с середины первой декады июня: увеличение облачности (уменьшение прихода солнечной инсоляции), усиление ветрового перемешивания, а возможно, и подъем воды в р. Камчатке, увеличивающий уровень стока.

Последующая съемка, выполненная 17 июля, четко показала наличие широкой зоны распространения трансформированных вод р. Камчатки по изотерме 15 °С и изогалине 12,5‰. Если обратиться к данным вертикального зондирования вод в прибрежной части съемки, то можно заметить, что распресненные и прогретые воды даже на небольшом удалении от берега занимали не более 1–2 м по глубине. Съемка 25 июля показала, что уровень стока р. Камчатки и его влияние на прибрежные воды Камчатского залива заметно снизились. Так, площадь вод с температурой поверхности выше 15 °С стала меньше почти в три раза, также как площадь вод с соленостью менее 12,5‰. Кроме того, стоит отметить, что океанские воды к концу июля во всей обследованной толще оказались более теплыми: об этом говорит последовательное повышение средней температуры в течение проведения съемок. При этом рост средней солености, как и уменьшение уровня мутности вод, наиболее вероятно обусловлены именно понижением объемов стока р. Камчатки в этот период.

Последняя съемка, проведенная 5 августа, показала, что отмеченная выше тенденция сохранилась. Так, воды поверхности с темпера-

турой выше 15 °С и соленостью менее 12,5‰ отмечались только в непосредственной близости от устья реки. Причем, средняя температура всего объема обследованных вод оказалась на 3 °С выше наблюдавшейся в конце июля, а соленость превышала аналогичный показатель практически на 1‰. В результате зона распространения распресненных вод сократилась по отношению к наблюдавшейся ранее картине.

В целом можно отметить, что в период с середины июля по начало августа в водах северной части Камчатского залива, в непосредственной близости от устья р. Камчатки наблюдалось постепенное снижение объемов выноса пресных вод. Это выражалось в уменьшении температуры, повышении солености и снижении мутности в тонком поверхностном слое — 0–2 м. Одновременно происходило повышение температуры и солености в слое вод по горизонтам от 2 до 25 м.

2021 г. В этот год также выполнено пять последовательных гидрологических съемок (2 июня – 22 июля) с определением вертикальных профилей на отдельных станциях. К сожалению, вертикальное зондирование на съемке 11 июня не было проведено в полной мере из-за штормовой обстановки. Поэтому данные по ней не приводятся. Кроме того, по техническим причинам не выполняли приповерхностные измерения водного режима.

Съемка, выполненная 2 июня, показала наличие в Камчатском заливе значительной по площади зоны распреснения вод (изогалина 22,5‰). Это указывает на изменение характера динамики стока р. Камчатки. В предыдущие два года зона распресненных вод была значительно уже и прижата к побережью, где локализована основная группа ставных неводов. Последующая съемка 1 июля позволила опре-

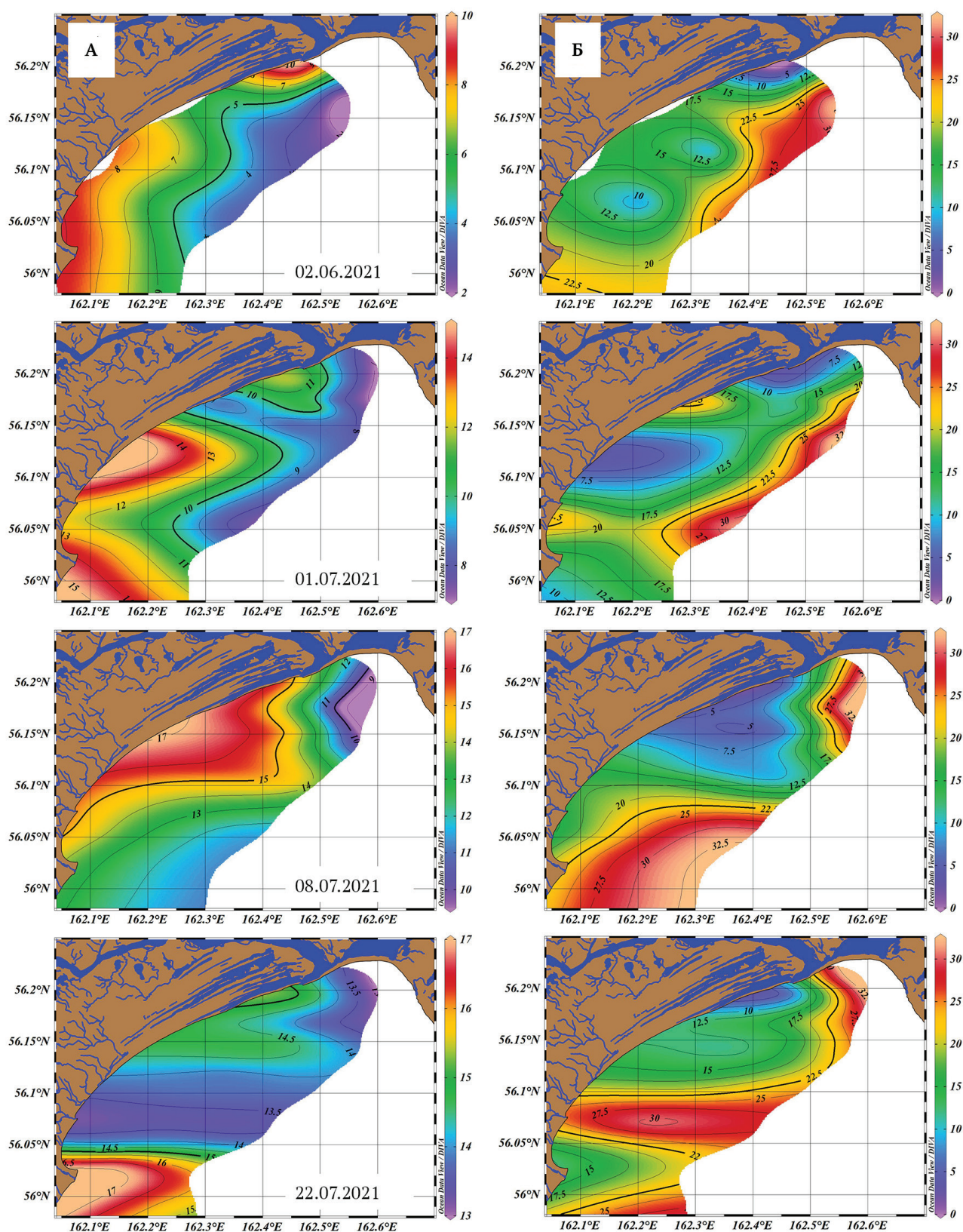


Рис. 15. Распределение показателей температуры (°C) (А) и солености (‰) (Б) поверхностного слоя воды по данным гидрологической съемки в Камчатском заливе в июне–июле 2021 г.
Fig. 15. Surface water temperature (°C) (A) and salinity (‰) (B) distribution on the data of hydrological survey in Kamchatka Gulf in June–July of 2021

делить, что распресненные воды были несколько отжаты апвеллингом в северо-восточном направлении в центральной части побережья, прилегающего к полигону исследований. Апвеллинг продуцировал подъем относительно холодных и соленых вод. Вторая зона теплых и распресненных вод была зафиксирована на юго-западном участке акватории полигона съемки. В качестве общей тенденции в июне можно отметить значительное распространение распресненных вод в сторону океана и наличие локального апвеллинга в районе ставных неводов.

Съемка 8 июля показала, что распресненные стоком р. Камчатки воды распространялись еще дальше от побережья, но были «прижаты» солеными и холодными океанскими водами с севера и юга района исследований. По имеющимся данным вертикального зондирования, глубина слоя распреснения даже в прибрежье не превышала 4 м и резко уменьшалась при удалении от берега. Съемка 22 июля дала приблизительно сходные результаты пространственного распределения температурных показателей и солености поверхностных вод. При этом глубина слоя распреснения не превышала 3 м. Можно отметить, что в июле влияние относительно холодных океанских вод на локализацию опресненной зоны возросло.

В целом, характеризуя проведенные съемки 2019–2021 гг., можно выделить основные закономерности гидрологической обстановки в акватории полигона исследований:

1. Область распреснения вод Камчатского залива под воздействием стока р. Камчатки (условно до изогалины 22,5‰) в июне–июле 2021 г. была значительно шире, чем в 2019 и 2020 гг. Причем значительная часть распресненных вод распространялась на открытую (центральную) часть залива.

2. Воды поверхностного слоя в Камчатском заливе в 2021 г. оказались наиболее «холодными» относительно 2019 и 2020 гг. При этом изотерма 5 °C была значительно приближена к побережью по сравнению с предшествующими годами.

3. Средняя температура всего обследованного слоя воды в Камчатском заливе в 2021 г. составила 1,63 °C («объемный индекс теплосодержания»). Аналогичный показатель 2020 г. соответствовал 1,94 °C. Соленость вод в 2021 г. равнялась 30,52‰ («объемного индекса солености»), а в 2020 г. — 31,59‰. Следует уточнить,

что в 2019 г. вертикальное зондирование выполняли в слое воды в среднем на 10 м меньше, чем в 2020 и 2021 гг. Поэтому в настоящей работе сравнение показателей «объемных индексов теплосодержания и солености» вод с этим годом не приводится, так как подобное сопоставление не будет корректным.

Гидроакустические данные. За период исследований в 2019–2021 гг. результативно всего было выполнено 13 гидроакустических съемок. Данные о пространственном и количественном распределении тихоокеанских лососей в Камчатском заливе в период проведения съемок в 2019–2021 гг. представлены на рисунках 16–18.

2019 г. В этот год выполнены три гидроакустические съемки (7–31 июля). К сожалению, результаты учета 2019 г. нельзя назвать полноценными, так как исследованиями был охвачен только заключительный этап массовой преднерестовой миграции многочисленной ранней нерки в Камчатском заливе. В данный год в основном оценен характер распределения второй относительно малочисленной волны подходов тихоокеанских лососей (кета и поздняя нерка), мигрирующих к устью р. Камчатки.

Первая съемка, выполненная 7 июля, показала, что тихоокеанские лососи в прибрежных водах Камчатского залива в основном концентрировались в пределах той части акватории, которая находилась под воздействием стока р. Камчатки. Ядра скоплений рыб образовывались практически вдоль всей береговой линии, где расположены ставные невода. Первая зона высокой концентрации лососей (от 5,0 до 25,0 тыс. экз./км²) была отмечена на траверзе РЛУ № 270–275, а вторая — в районе РЛУ № 268, 1135. Судя по характеру распределения и направления движения рыб в акватории залива, можно предположить, что в момент проведения съемки наблюдался подход лососей из открытых вод центральной части Камчатского залива в зону речного стока. Общая численность рыб в обследованном районе по состоянию на 7 июля составила около 45 тыс. экз.

Дальнейшие наблюдения, полученные 15 июля, показали, что тихоокеанские лососи в прибрежных водах Камчатского залива концентрировались в основном в пределах той части акватории, которая в значительной мере находилась под воздействием стока р. Камчатки. Преобладающее количество рыб было учтено западнее и непосредственно перед устьевой зоной — в пределах 10,0–25,0 тыс. экз./км².

Второе по плотности скопление лососей зафиксировали в юго-западной части полигона исследований — на уровне 5,0–10,0 тыс. экз./км². Судя по характеру распределения и направлению преднерестовых миграций рыб в акватории залива, можно предположить, что в мо-

мент проведения съемки наблюдался подход второй волны лососей (кета и поздняя нерка) из открытых тихоокеанских вод. Общая численность всех видов рыб в обследованном районе по состоянию на 15 июля составила около 33 тыс. экз.

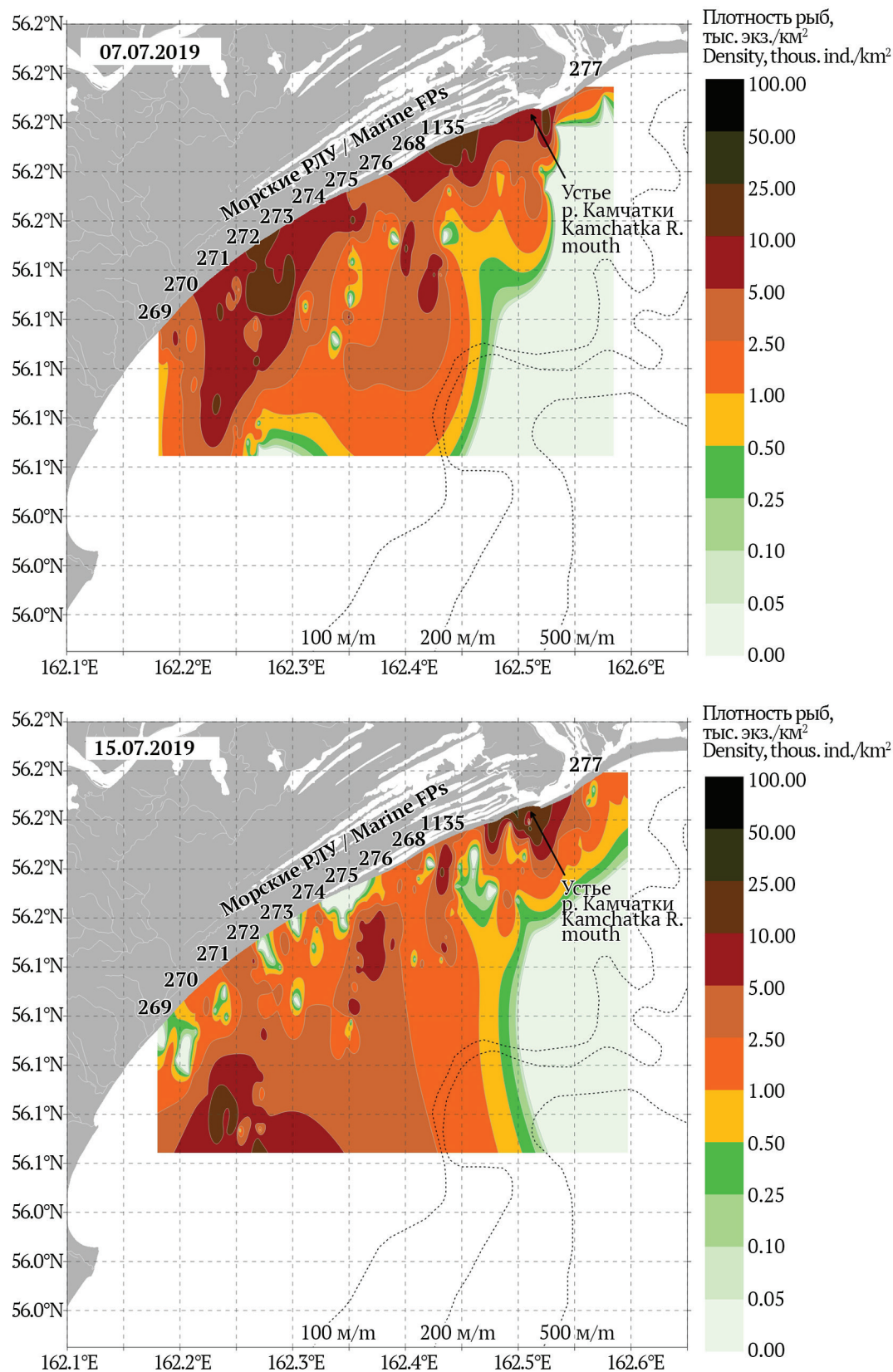


Рис. 16. Пространственное и количественное распределение тихоокеанских лососей (тыс. экз./км²) в акватории Камчатского залива по данным гидроакустических съемок в июле 2019 г.
Fig. 16. Spatial and quantitative distribution of Pacific salmon (thous. ind./km²) in the waters of Kamchatka Gulf on the data of hydroacoustic surveys in July of 2019

Последняя съемка, выполненная 31 июля, показала, что наиболее плотные скопления тихоокеанских лососей оставались только в предустьевой зоне р. Камчатки, а также в районе РЛУ № 270–274. Максимальная плотность

скоплений рыб в обоих случаях достигала порядка 25,0–100,0 тыс. экз./км². Это указывает на завершающую фазу захода основной массы тихоокеанских лососей в р. Камчатку. Данные скопления могли быть сформированы не-

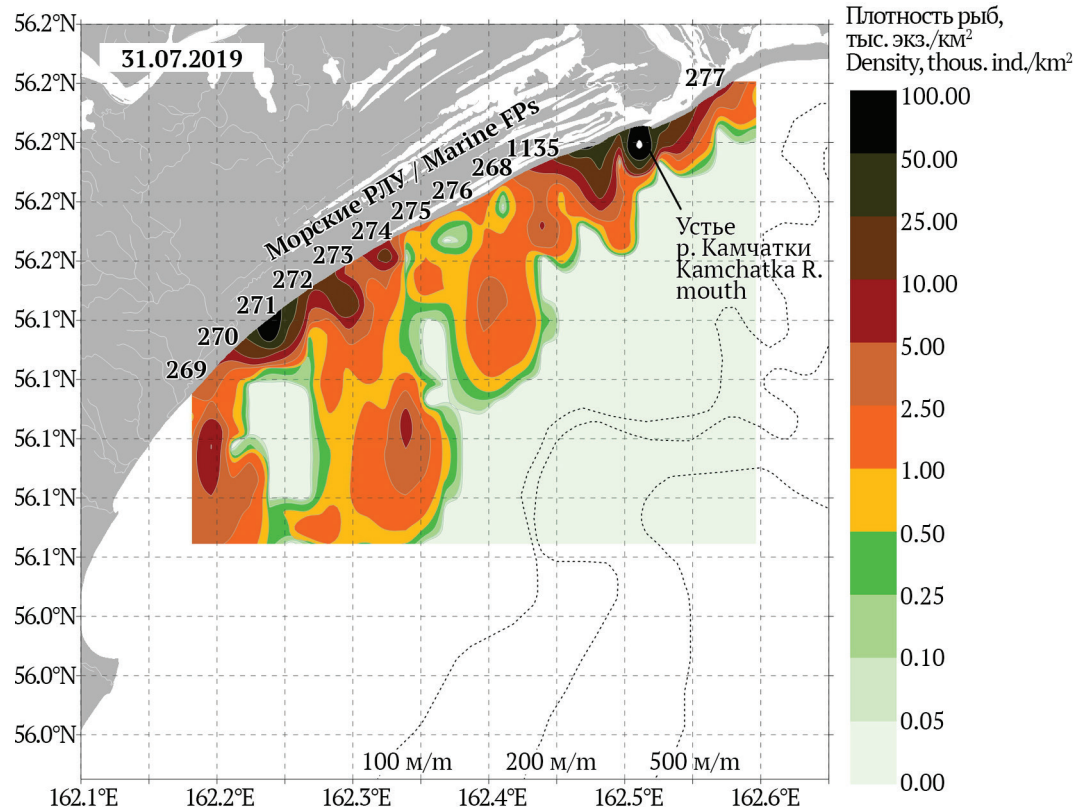


Рис. 16. Окончание. Начало на с. 30
Fig. 16. The end. Begins on page 30

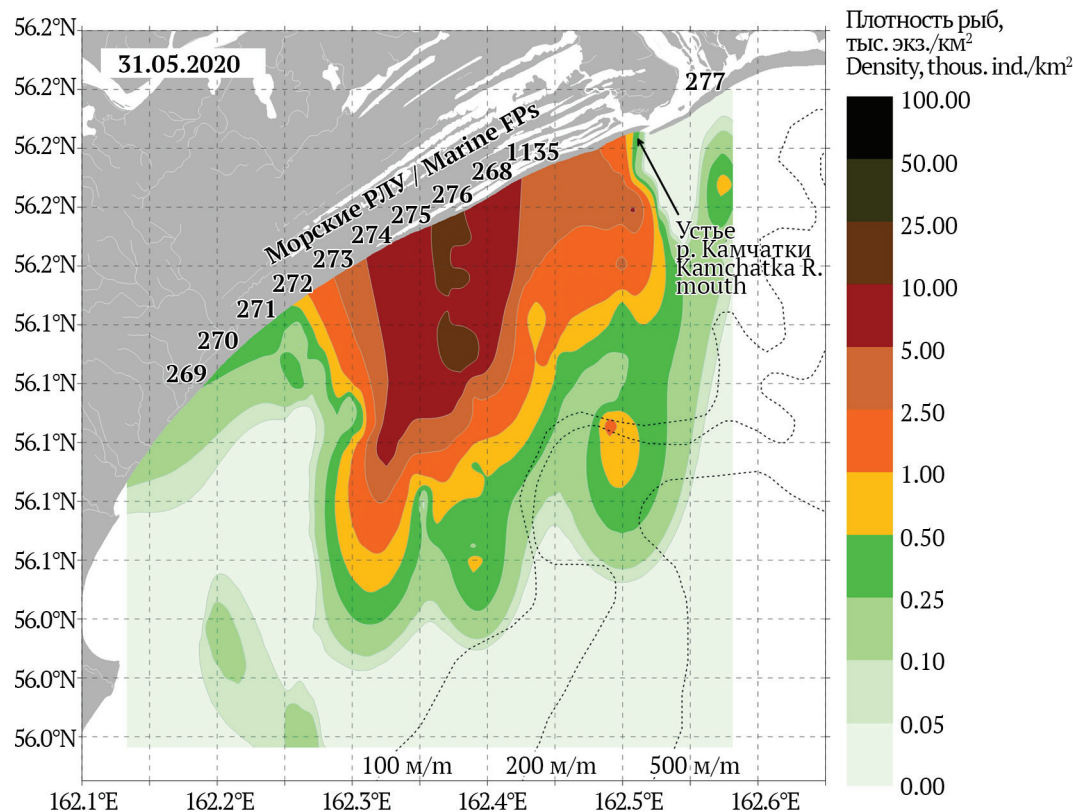


Рис. 17. Пространственное и количественное распределение тихоокеанских лососей (тыс. экз./км²) в акватории Камчатского залива по данным гидроакустических съемок в мае – августе 2020 г.
Fig. 17. Spatial and quantitative distribution of Pacific salmon (thous. ind./km²) in the waters of Kamchatka Gulf on the data of hydroacoustic surveys in May – August of 2020

сколькими видами с более поздними сроками нереста — кета, поздняя нерка и кижуч. Общая численность лососей в обследованном районе по состоянию на 31 июля составила около 36 тыс. экз.

В целом отметим, что в 2019 г. оценки относительной численности лососей в результате трех проведенных съемок оставались очень низкими. В данном случае затруднительно определить их адекватность, так как учет ло-

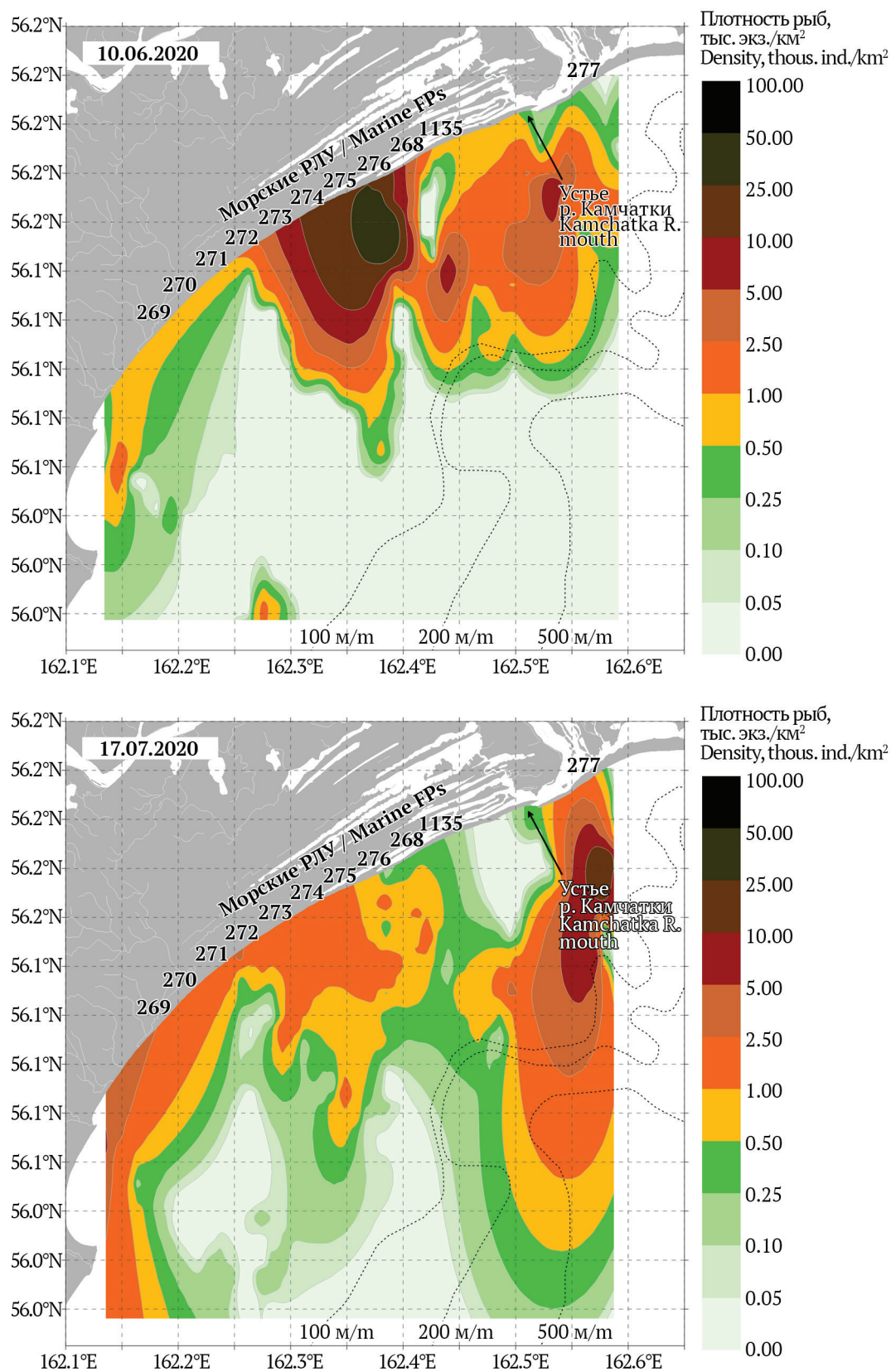


Рис. 17. Продолжение. Начало на с. 31
Fig. 17. Continued. Begins on page 31

сосей во время массовых подходов ранней нерки (июнь) не был проведен. Не исключено также, что имели место системные технические проблемы с гидроакустическим оборудованием, повлекшие количественный недоучет части

тихоокеанских лососей в акватории полигона исследований.

2020 г. В данный год было выполнено пять полноценных гидроакустических съемок (31 мая – 05 августа), которые позволили охарак-

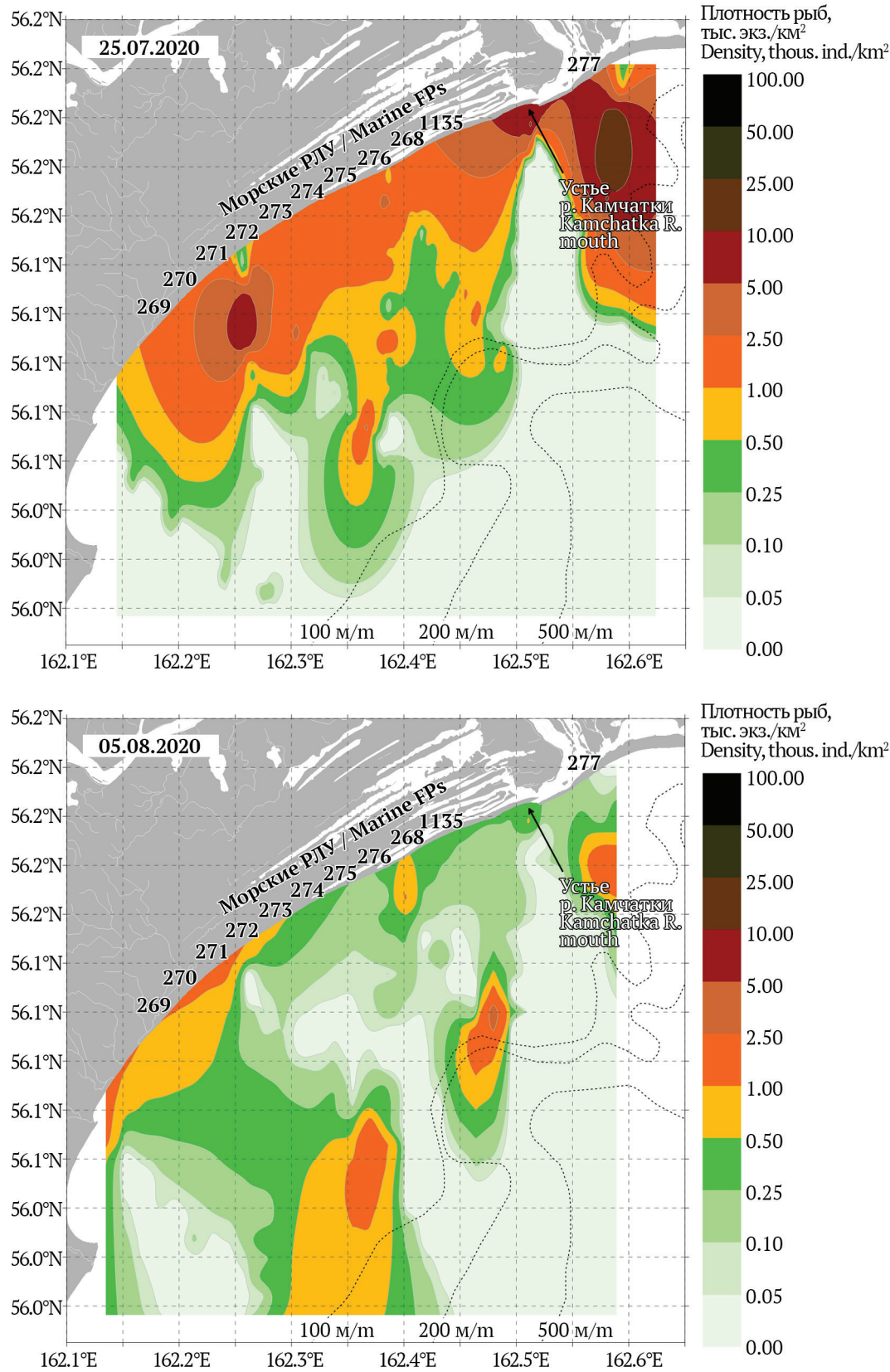


Рис. 17. Окончание. Начало на с. 31
Fig. 17. The end. Begins on page 31

теризовать преднерестовые миграции и оценить относительную численность тихоокеанских лососей в Камчатском заливе перед заходом в бассейн р. Камчатки.

Первая съемка, проведенная 31 мая, позволила определить, что максимальные скопле-

ния лососей (с относительной численностью 10,0–25,0 тыс. экз./км²) были отмечены в прибрежной зоне, на дистанции не превышающей 1–2 км от берега и на расстоянии приблизительно 7–11 км от устья реки (в пределах расположения РЛУ № 268–274). Непосредственно

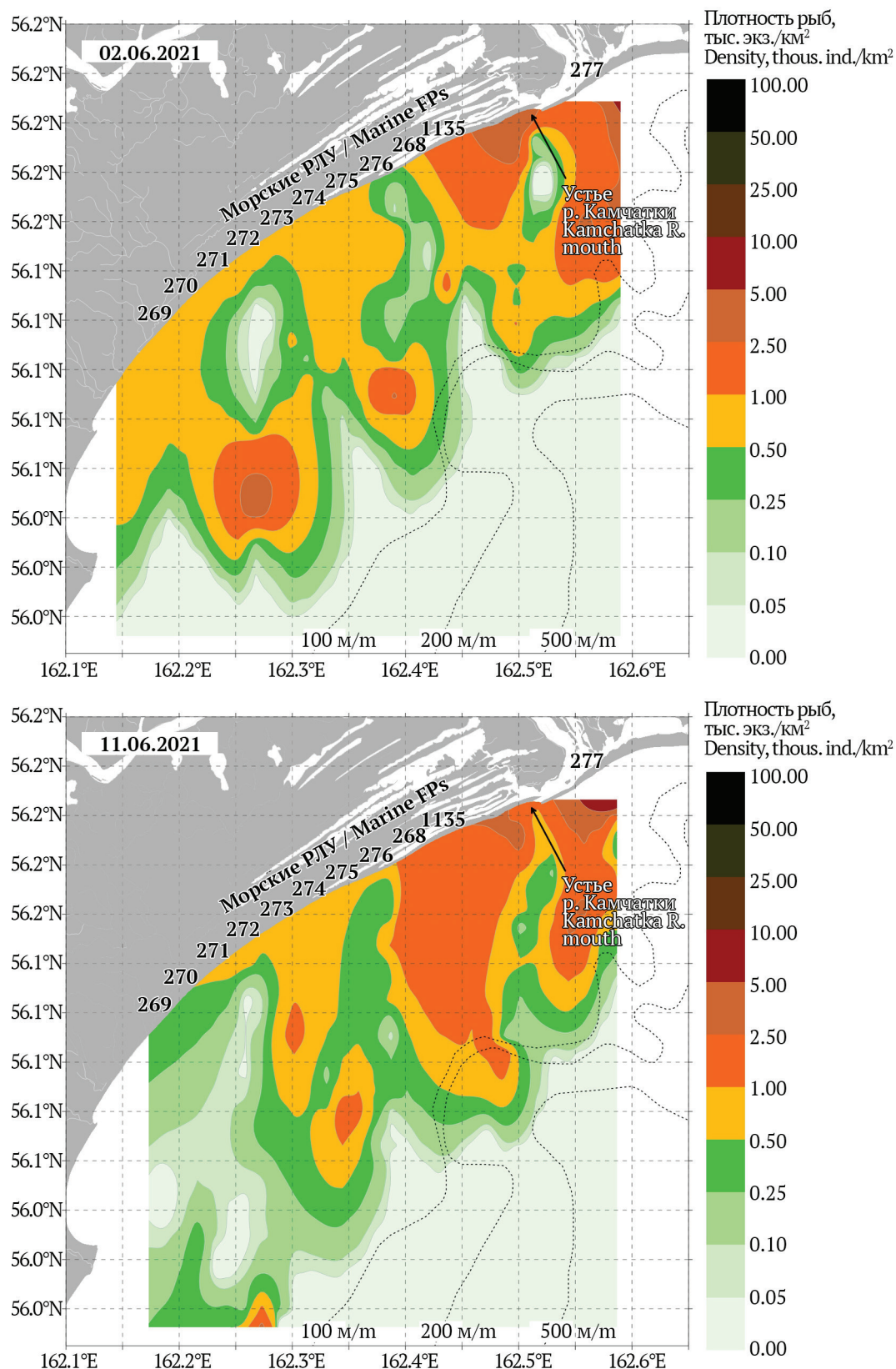


Рис. 18. Пространственное и количественное распределение тихоокеанских лососей (тыс. экз./км²) в акватории Камчатского залива по данным гидроакустических съемок в июне–июле 2021 г.
Fig. 18. Spatial and quantitative distribution of Pacific salmon (thous. ind./km²) in the waters of Kamchatka Gulf on the data of hydroacoustic surveys in June–July of 2021

перед устьем р. Камчатки концентрация рыб была относительно невысока: от 2,5 до 5,0 тыс. экз./км². Характер распределения скоплений указывает, что лососи мигрируют в зону речного стока, где локализована центральная группа ставных неводов. Учитывая

периоду проведения съемки (конец мая), понятно, что зафиксированное значительное скопление рыб в основном было представлено ранней неркой и в меньшей степени чавычей. Результаты съемки позволили оценить относительную численность тихоокеанских лосо-

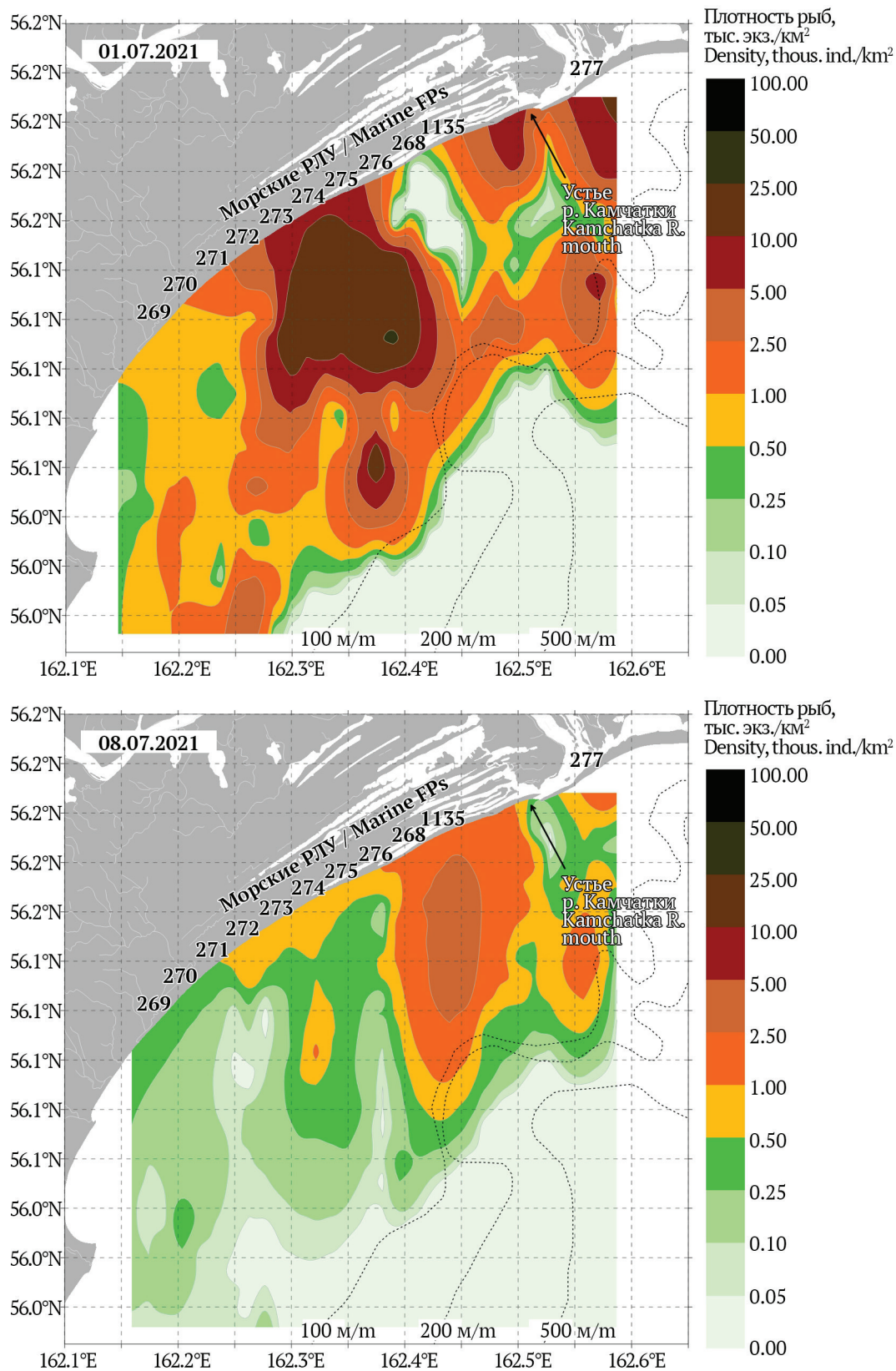


Рис. 18. Продолжение. Начало на с. 34
Fig. 18. Continued. Begins on page 34

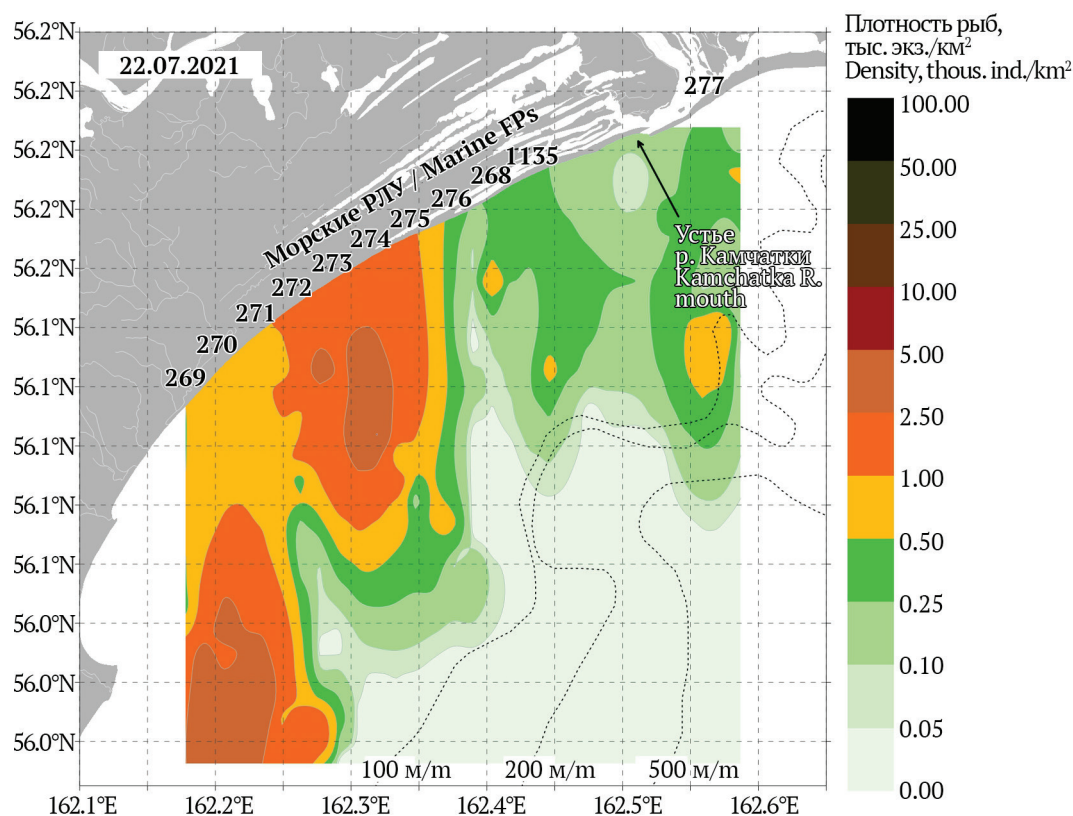


Рис. 18. Окончание. Начало на с. 34
Fig. 18. The end. Begins on page 34

сей на обследованной акватории, которая по состоянию на 31 мая составила 543 тыс. экз.

Съемка, выполненная 10 июня, показала, что основная масса преднерестовых скоплений тихоокеанских лососей была локализована практически в той же зоне, что и 31 мая. При этом заметно возросла максимальная плотность скоплений, достигнув от 25,0 до 50,0 тыс. экз./км². Это свидетельствует о новом подходе лососей (в основном ранней нерки) в прибрежную зону Камчатского залива, концентрирующихся перед заходом в р. Камчатку. Основной отличительной особенностью распределения рыб 10 июня было то, что в данный период их основные концентрации наблюдались на расстоянии более 1–1,5 км от берега, то есть близко к зоне облова ставных неводов. Это свидетельствует о продолжающемся движении лососей вдоль береговой линии в зону стока р. Камчатки. Подобная ситуация в Камчатском заливе складывается во время массовых подходов ранней формы нерки. Общая оценка относительной численности лососей в акватории полигона исследований по состоянию на 10 июня составила 820 тыс. экз.

Следующая съемка, проведенная 17 июля, позволила определить лишь одно достаточно плотное скопление тихоокеанских лососей (со средней численностью ~ 5,0–10,0 тыс. экз./км²), локализованное на удалении ~ 5–7 км от устья

р. Камчатки. Незначительные скопления рыб (численностью ~ 1,0–2,5 тыс. экз./км²) наблюдались в прибрежной зоне южнее устья реки. На остальной части акватории полигона исследований средняя плотность скоплений, как правило, не превышала 0,25–0,50 тыс. экз./км². Подобная картина распределения лососей в середине июля свидетельствует о завершении массового анадромного хода ранней нерки и начале подхода менее многочисленных единиц запасов — кеты и поздней нерки. Общая оценка относительной численности лососей на данном этапе преднерестовых миграций в акватории полигона исследований по состоянию на 17 июля составила 213 тыс. экз.

Результаты съемки, выполненной 25 июля, показали достаточно сходный характер количественного распределения лососей в исследуемой части Камчатского залива с данными предыдущей съемки. Основное скопление рыб также было зафиксировано непосредственно в районе устья р. Камчатки — ~ 10,0–25,0 тыс. экз./км². На остальной акватории полигона исследований плотность скоплений, как правило, не превышала 2,5–5,0 тыс. экз./км². Относительная численность лососей в районе проведения съемки по состоянию на 25 июля была оценена на уровне 150 тыс. экз.

Последняя съемка 2020 г. была выполнена 5 августа. В этот период плотность основных

скоплений тихоокеанских лососей заметно упала — до 0,5–2,5 тыс. экз./км². На большей части полигона исследований их общая численность была еще ниже — около 0,1–0,5 тыс. экз./км². Полученные результаты свидетельствовали о снижении общей численности лососей в акватории Камчатского залива, что характерно для завершающего этапа региональных преднерестовых миграций этой группы рыб. Оцененная относительная численность лососей в районе проведения съемки по состоянию на 5 августа составила 55 тыс. экз.

2021 г. Выполнено пять гидроакустических съемок (2 июня – 22 июля). Их хронология позволила зафиксировать основные этапы преднерестовых миграций массовых единиц запасов тихоокеанских лососей в Камчатском заливе. По результатам съемок также были получены оценки их относительной численности.

Гидроакустические наблюдения 2 июня показали, что тихоокеанские лососи в прибрежных водах Камчатского залива концентрировались в основном в пределах той части акватории, которая находилась под воздействием стока р. Камчатки. Преобладающее количество рыб учтено на восточном участке залива и непосредственно перед устьем реки, где наблюдались разреженные скопления рыб численностью от 1,0 до 5,0 тыс. экз./км². В центральной и юго-западной частях обследованной акватории скопления лососей были незначительно плотнее — около 2,5–5,0 тыс. экз./км². В основном они концентрировались на удалении 8 км от берега (на траверзе РЛУ № 268, 1135, 277). Судя по характеру распределения и направлению движения рыб в акватории полигона исследований, можно предположить, что в момент проведения съемки наблюдался подход лососей из открытых вод центральной части Камчатского залива в зону речного стока мимо расположения морских РЛУ. При этом общая численность лососей в районе полигона исследований по состоянию на 2 июня была оценена на уровне 261 тыс. экз.

Съемка, выполненная 11 июня, показала, что широкий фронт тихоокеанских лососей был локализован в зоне стока р. Камчатки без образования достаточно плотных скоплений. При этом, как и 2 июня, значительная часть мигрирующих лососей распределялась на обширной акватории вне зоны действия ставных неводов на расстоянии 2–10 км от берега (на траверсе РЛУ № 276, 268 и 1135). Преобладающее количество рыб было учтено в центральной части

обследованной акватории, где наблюдались скопления лососей численностью от 2,5 до 5,0 тыс. экз./км². Отметим, что в первой декаде июня, как правило, начинается рунный анадромный ход ранней нерки в нижнем течении р. Камчатки. Тем не менее в этот период 2021 г. в прибрежной зоне Камчатского залива не было зафиксировано мощных скоплений по аналогии с 2019 и 2020 гг. Это указывает на то, что лососи в массе мигрировали к устью р. Камчатки более разреженным и широким фронтом через центральную часть залива. Общая численность лососей в обследованном районе по состоянию на 11 июня составила около 265 тыс. экз., то есть обстановка, по сравнению со 2 июня, практически не изменилась.

Съемка, проведенная 1 июля, позволила выявить значительное скопление тихоокеанских лососей (от 10 до 25 тыс. экз./м²) в центральной и юго-западной частях обследованной акватории, на дистанции от 2 до 6 км от берега (на траверсе РЛУ № 272, 273, 274 и 275), а также в приустьевой зоне р. Камчатки. Без определения видового состава скопления лососей, образованного в мористой части полигона исследований, достаточно затруднительно обозначить стадию преднерестового хода той или иной единицы запаса. Судя по периодике съемки, вероятно, мы наблюдали заключительный этап захода ранней нерки, а также подход части стад кеты и поздней нерки. Общая оцененная численность лососей в обследованном районе по состоянию на 1 июля составила 1440 тыс. экз.

Следующая съемка была проведена 8 июля, то есть в достаточно близкие сроки. Характер распределения лососей в акватории Камчатского залива снова заметно поменялся. В этот период структура скоплений рыб была сходна с таковой по наблюдениям 2 и 11 июня. Основная масса лососей концентрировалась широким фронтом в зоне стока р. Камчатки. Плотность скоплений составляла от 1,0 до 5,0 тыс. экз./км². Наиболее высокая концентрация лососей была отмечена в центральной части обследованной акватории, на дистанции от 2 до 5 км от берега (на траверсе РЛУ № 1135, 268 и 276). Оцененная численность лососей в обследованном районе по состоянию на 8 июля составила около 204 тыс. экз. Общее снижение численности лососей в этот период (спустя 7 дней) подтверждает, что в начале июля наиболее значимое скопление в основном было образовано ранней формой нерки, завершающей заход в р. Камчатку.

Последняя съемка, выполненная 22 июля, продемонстрировала картину подхода в район исследований массовых видов, представляющих вторую волну тихоокеанских лососей р. Камчатки с более поздними сроками нереста — кеты и поздней нерки. Относительно плотные скопления этих видов рыб были зафиксированы на западе и юго-западе полигона исследований — от 1,0 до 5,0 тыс. экз./км². В основном лососи концентрировались на удалении от 2 до 7 км от берега (на траверзе РЛУ № 275, 274, 273, 272 и 271). Оцененная численность рыб в обследованном районе по состоянию на 22 июля составила около 237 тыс. экз.

Дальнейший анализ структуры и динамики уловов тихоокеанских лососей ставными неводами на морских РЛУ Камчатского залива в июне–июле 2019–2021 гг. показал, что полученные в процессе гидроакустической съемки данные о характере распределения рыб в акватории исследований соответствуют общим закономерностям подхода производителей основных лососевых единиц запасов к устью р. Камчатки (рис. 19–21). Проведенные съемки позволяют проследить отмеченную зависимость с 15-дневной периодичностью.

Как ранее отмечено, современное заметное снижение уловов тихоокеанских лососей р. Камчатки было зафиксировано в период 2018–2020 гг. Характер распределения 15-дневных уловов в ставных неводах достаточно синхронен с логикой формирования наиболее плотных скоплений лососей в приустьевой и прилегающей прибрежной зоне, где локализована большая часть морских РЛУ. При этом видно, что в годы проведения гидроакустических съемок развитие лососевого промысла в Камчатском заливе имело свои особенности. В 2019 г. максимальные уловы лососей были отмечены 1–15 июня. Несомненно, это связано с динамикой рунного хода ранней формы нерки. Во второй половине июня и первой половине июля уловы лососей заметно снизились. Существенное увеличение вылова было зафиксировано только 16–31 июля, что напрямую связано с подходами поздней формы нерки и кеты. В 2020 г. общая интенсивность промысла в Камчатском заливе оставалась относительно низкой в течение всей активной фазы преднерестового хода лососей (июнь–июль). Достаточно затруднительно было выделить четко выраженные фазы миграций основных единиц запасов. Причем во все рассматриваемые периоды максимальные уловы варьировали на уров-

не порядка 200 т. В то время как в 2019 г. эти показатели соответствовали уровню 300–400 т. В 2021 г. ситуация изменилась еще более заметно. Максимальные уловы лососей ставными неводами были отмечены 16–30 июня и 16–31 июля. Понятно, что наблюдалось снижение уловов ранней нерки в традиционный период массового преднерестового хода (первая половина июня). Более значимый подход этого вида в Камчатский залив пришелся на вторую половину июня. Во второй половине июля уловы лососей снова заметно возросли. Причем существенную роль в этом сыграла кета, уловы которой в 2021 г. были максимальными по сравнению с 2018 и 2019 гг.

Подобные перестройки в динамике промысла тихоокеанских лососей, наблюдаемые в Камчатском заливе в рассматриваемый период, позволяют говорить об изменениях численности основных единиц лососевых запасов р. Камчатки (ранняя нерка, поздняя нерка и кета). Причем показанная ранее высокая интенсивность промысла на морских РЛУ подтверждает, что в конечном итоге именно добыча (вылов) с использованием ставных неводов имеет решающее значение для формирования нерестовых запасов указанных видов.

Кроме того, полученные в результате гидролого-гидроакустических съемок данные показали, что распределение скоплений тихоокеанских лососей в Камчатском заливе заметно зависит от распространения вод, опресненных под воздействием стока р. Камчатки. При этом зона опресненных вод, как правило, охватывала акваторию, прилегающую к устью реки, и части побережья, где расположены морские РЛУ. Именно здесь формируются наиболее плотные скопления лососей перед заходом в реку, что делает их доступными для облова ставными неводами.

Подчеркнем, что, начиная с 2019 г., в Камчатском заливе применяются ставные невода с длиной центрального троса, устанавливаемого от береговой полосы вглубь залива, не более 1000 м. Это решение рыбодобывающие компании Усть-Камчатского района приняли после 2018 г., когда из-за низких подходов лососей было признано целесообразным уменьшить зону облова за счет регламентирования длины крыла ставных неводов. В предыдущие годы длина центрального троса некоторых неводов достигала около 1200–1300 м.

Заклучение о том, что распределение скоплений лососей в Камчатском заливе зависит

от зоны опресненных вод стока р. Камчатки, было дано в статье М.В. Коваля с соавторами (2020). Эти наблюдения получены на основе данных гидролого-гидроакустической съемки 2019 г. Последующие исследования гидроло-

гического режима и распределения скоплений лососей в Камчатском заливе в результате проведенных съемок в 2020 и 2021 гг. подтвердили эту закономерность. Однако в 2021 г. зона распределения вод залива значительно расши-

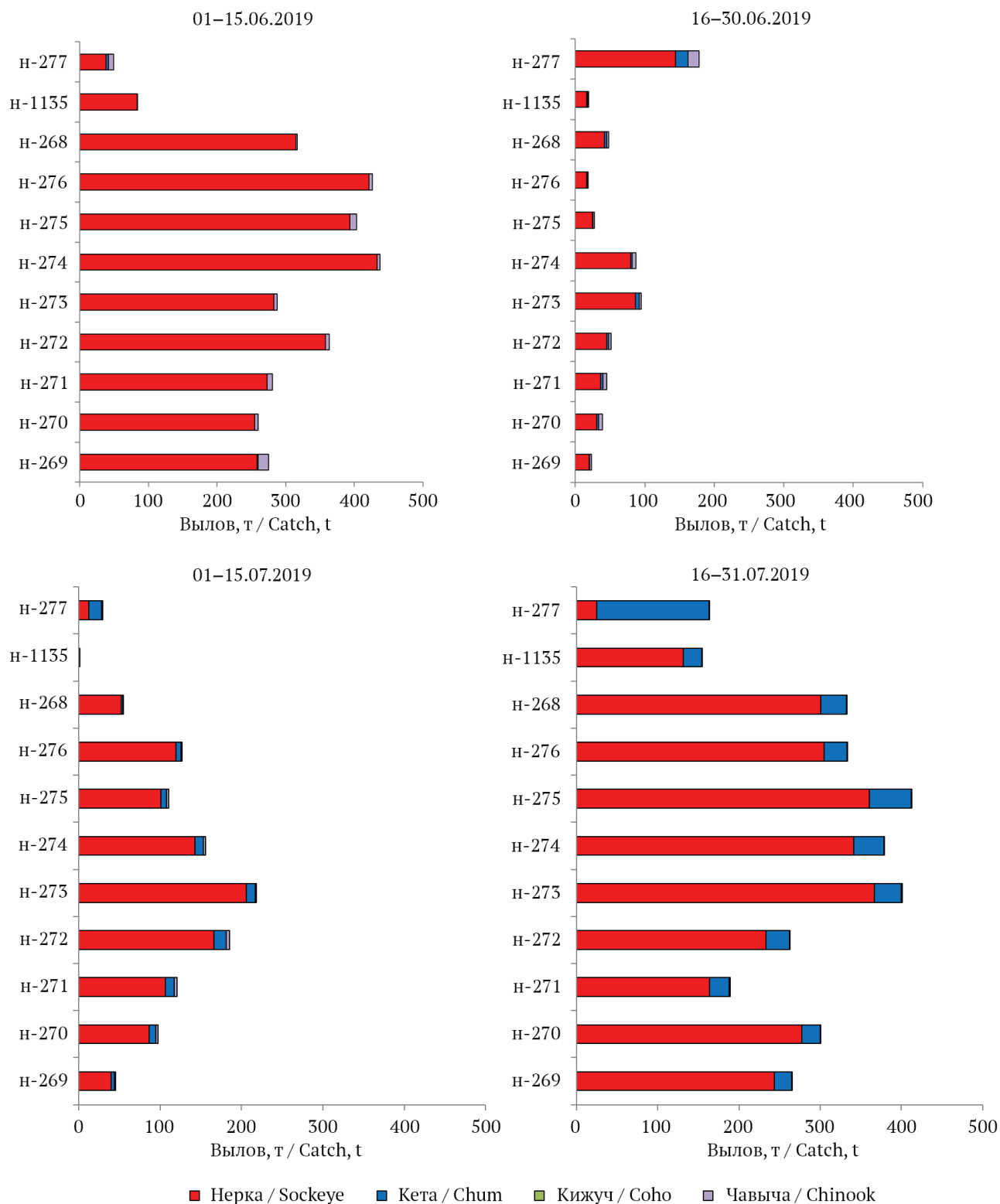


Рис. 19. Распределение 15-дневных уловов тихоокеанских лососей на рыболовных участках Камчатского залива в июне–июле 2019 г. (по оси ординат указаны номера РЛУ)
Fig. 19. Distribution of 15-day catches of Pacific salmon at the fishing plots of Kamchatka Gulf in June–July of 2019 (the plot numbers are shown along the y-axis)

рилась. Это привело к перераспределению плотности скоплений лососей в акватории полигона съёмки. В результате концентрация

рыб в устьевой и прибрежной зонах, где локализовано большинство ставных неводов, заметно снизилась. Значительная часть лососей

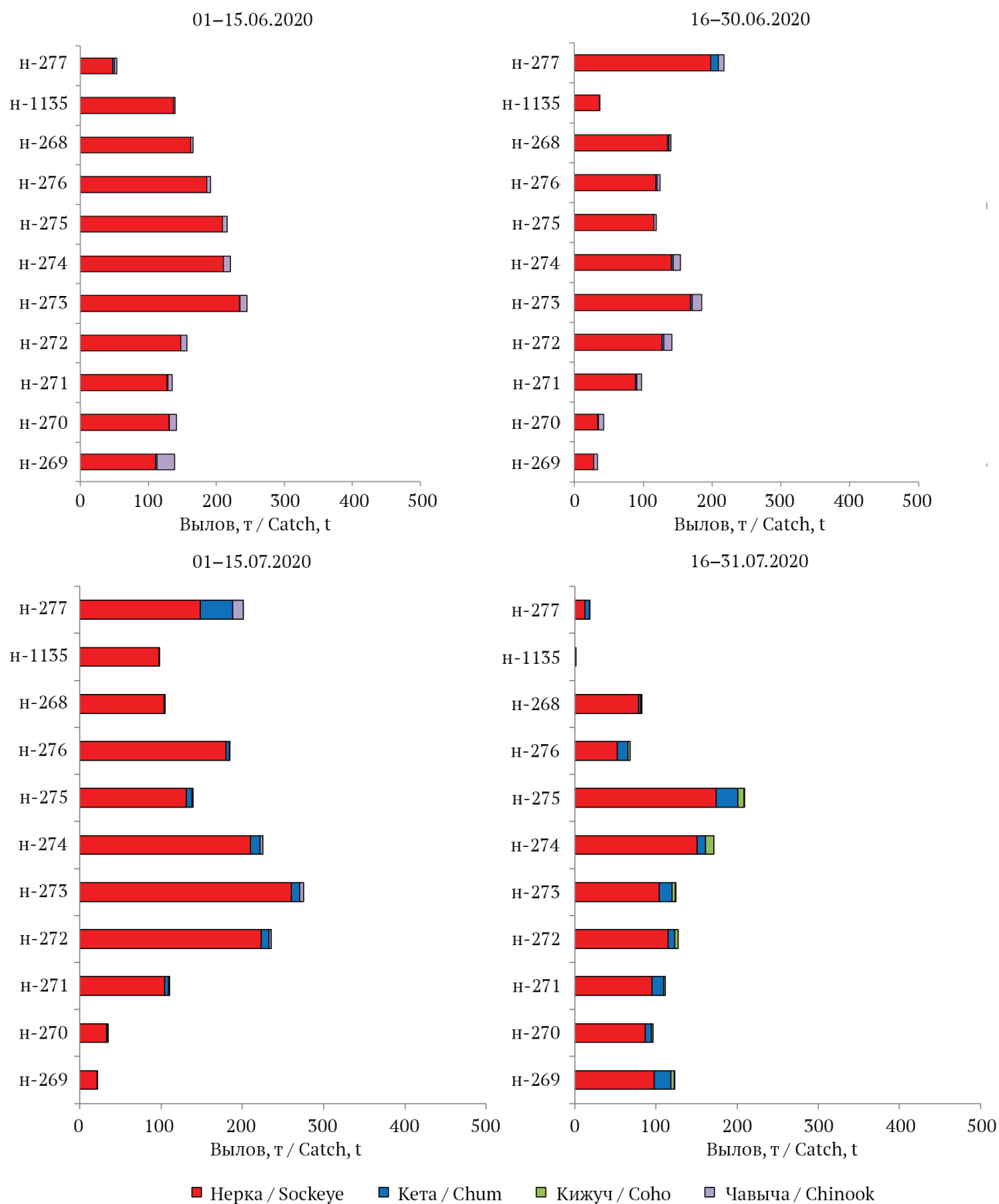


Рис. 20. Распределение 15-дневных уловов тихоокеанских лососей на рыболовных участках Камчатского залива в июне–июле 2020 г. (по оси ординат указаны номера РЛУ)
 Fig. 20. Distribution of 15-day catches of Pacific salmon at the fishing plots of Kamchatka Gulf in June–July of 2020 (the plot numbers are shown along the y-axis)

мигрировала через центральную часть Камчатского залива к устью р. Камчатки, минуя РЛУ. Причем наиболее четко это отразилось на

преднерестовом ходе ранней нерки в июне, а также кеты и поздней нерки во второй половине июля.

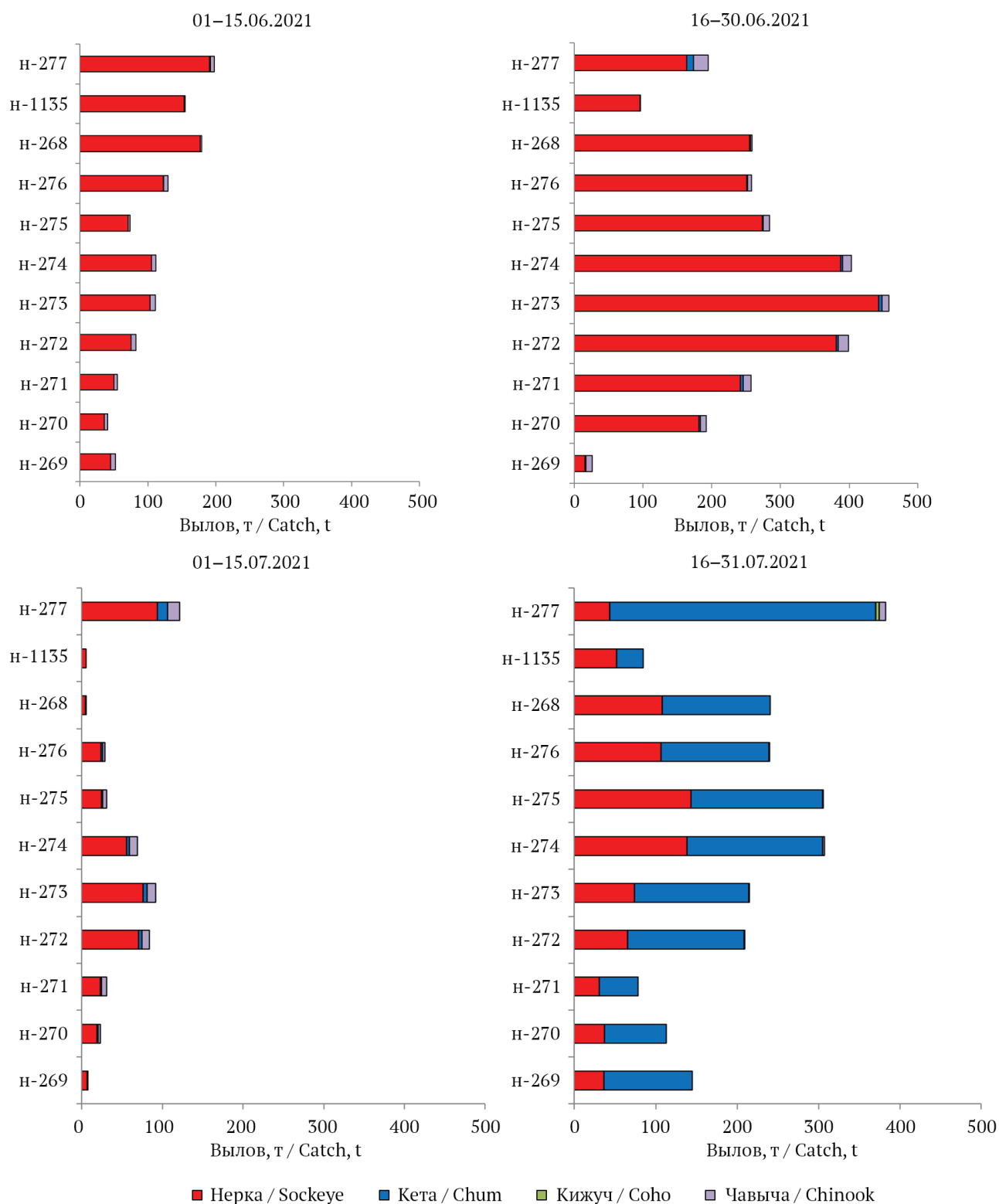


Рис. 21. Распределение 15-дневных уловов тихоокеанских лососей на рыболовных участках Камчатского залива в июне–июле 2021 г. (по оси ординат указаны номера РЛУ)
Fig. 21. Distribution of 15-day catches of Pacific salmon at the fishing plots of Kamchatka Gulf in June–July of 2021 (the plot numbers are shown along the y-axis)

Динамика численности подходов и особенности анадромных миграций тихоокеанских лососей р. Камчатки в 2019–2021 гг.

По завершении преднерестовых миграций в Камчатском заливе тихоокеанские лососи заходят в р. Камчатку, где, двигаясь вверх по реке, производители осуществляют анадромную (нерестовую) миграцию. На данном этапе жизни лососи также подвергаются воздействию промысла, но уже на речных РЛУ. Кроме того, следует уточнить, что помимо официального рыболовства, существует и браконьерский лов (ННН-промысел), который достаточно масштабен в пределах бассейна р. Камчатки. Кроме того, на тихоокеанских лососей во время анадромных миграций влияет еще и экосистемный фактор — смертность в результате воздействия хищников (медведи, лисы, птицы и т. п.). В результате, оставшаяся после комплексного воздействия промысла и хищников часть производителей собственно и формирует нерестовый запас, который оценивается по количеству рыб, достигших нерестилищ.

При изучении динамики численности запасов тихоокеанских лососей прежде всего анализируют две величины: вылов и заполнение нерестилищ (пропуск на нерест). Суммарно эти величины формируют численность подходов (возвратов) производителей лососей к месту воспроизводства (водный объект или географический регион). В рамках настоящей работы мы оценивали динамику подходов лососей р. Камчатки с использованием следующих параметров:

- данные по количеству добытых (выловленных) тихоокеанских лососей на морских и речных РЛУ;
- расчетные модельные оценки численности пропуска производителей тихоокеанских лососей вверх по течению реки после прохождения контрольного РЛУ № 832;
- данные авиаучетных работ по оценке заполнения нерестилищ тихоокеанских лососей.

Следует отметить, что непосредственно итоговые оценки нерестовых запасов тихоокеанских лососей р. Камчатки были получены на основе комплексного подхода, включающего экстраполированные модельные оценки пропуска и уточняющие фактические данные аэровизуального учета численности рыб на нерестилищах. Подчеркнем, что модельные оценки пропуска априори выше, чем фактические оценки заполнения нерестилищ. Это связано как с антропогенным воздействием (промысел,

браконьерство), продолжающимся после учета на РЛУ № 832, так и с неизбежной экосистемной смертностью (хищники). При использовании комплексного подхода для оценки нерестовых запасов лососей последние два фактора учитываются на экспертном уровне.

Динамика численности подходов (вылов + пропуск) тихоокеанских лососей р. Камчатки в течение пугин 2019–2021 гг. представлена на рисунке 22. В рассматриваемом случае в качестве показателей пропуска использованы модельные оценки, так как это позволяет охарактеризовать общие подходы всех видов лососей данного водного объекта.

Как видно из графиков рис. 22, в течение всех трех лет в нерестовых подходах тихоокеанских лососей ежегодно наблюдались по четыре более-менее выраженных пика численности. Первые два пика связаны с ходом ранней нерки, третий — с подходом поздней нерки и кеты, а четвертый пик — с подходами кижуча. Уточним, что в середине июля уловы (как морские, так и речные) снижаются, поскольку в этот период Комиссией по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб в Камчатском крае устанавливаются 2–3-недельные проходные периоды. Промысел обычно возобновляется по мере поступления актуальной информации о заходе лососей, имеющих более поздние сроки нереста и представляющих вторую волну массового преднерестового/анадромного хода. Суммарные оценки подходов всех видов тихоокеанских лососей р. Камчатки в рассматриваемый период составили: 2019 г. — 5,65 млн экз., 2020 г. — 4,47 млн экз., 2021 г. — 5,96 млн экз.

Динамика соотношения видового состава лососей во время промысла в Камчатском заливе и бассейне р. Камчатки представлена на рисунке 23. На гистограммах четко видна доминирующая роль многочисленной ранней нерки, когда в июне ее уловы составляли более 90–95%. В конце июля и августе в уловах заметно возрастала встречаемость кеты и кижуча — до 20–30% и 60–70% соответственно.

В бассейне р. Камчатки нерка, как неоднократно отмечено, является самым массовым видом, имеющим наиболее продолжительный период анадромного хода. Поэтому изменения внутривидовой структуры ее подходов могут быть показательными для оценки влияния промысла на нерестовые запасы вида. Имеющиеся данные генетической идентификации нерки из уловов ставных неводов в Камчатском заливе

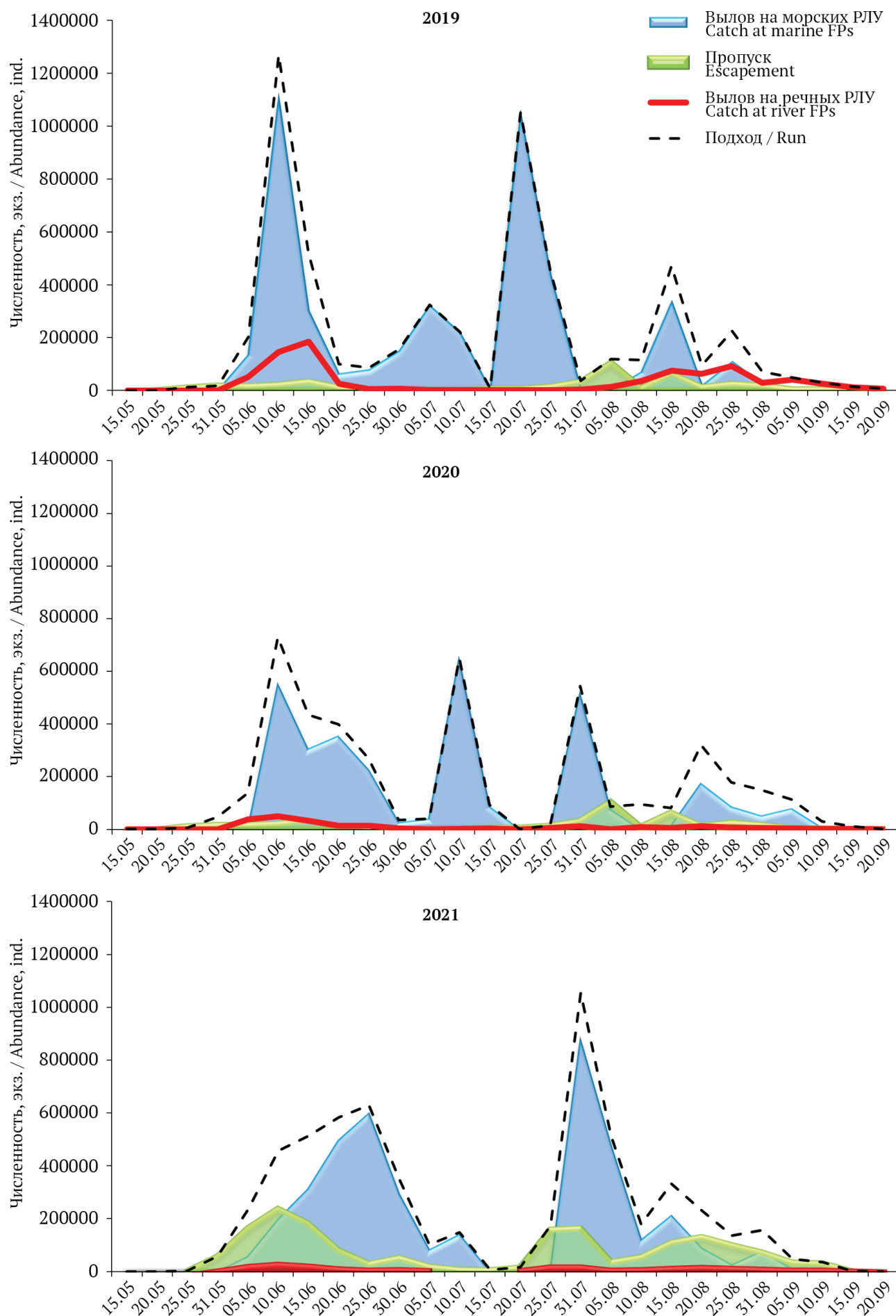


Рис. 22. Динамика численности подходов (вылов + пропуск) тихоокеанских лососей р. Камчатки в течение путин 2019–2021 гг.
 Fig. 22. Dynamics of the runs (catch + escapement) of Pacific salmon of Kamchatka River during the fishery campaigns 2019–2021

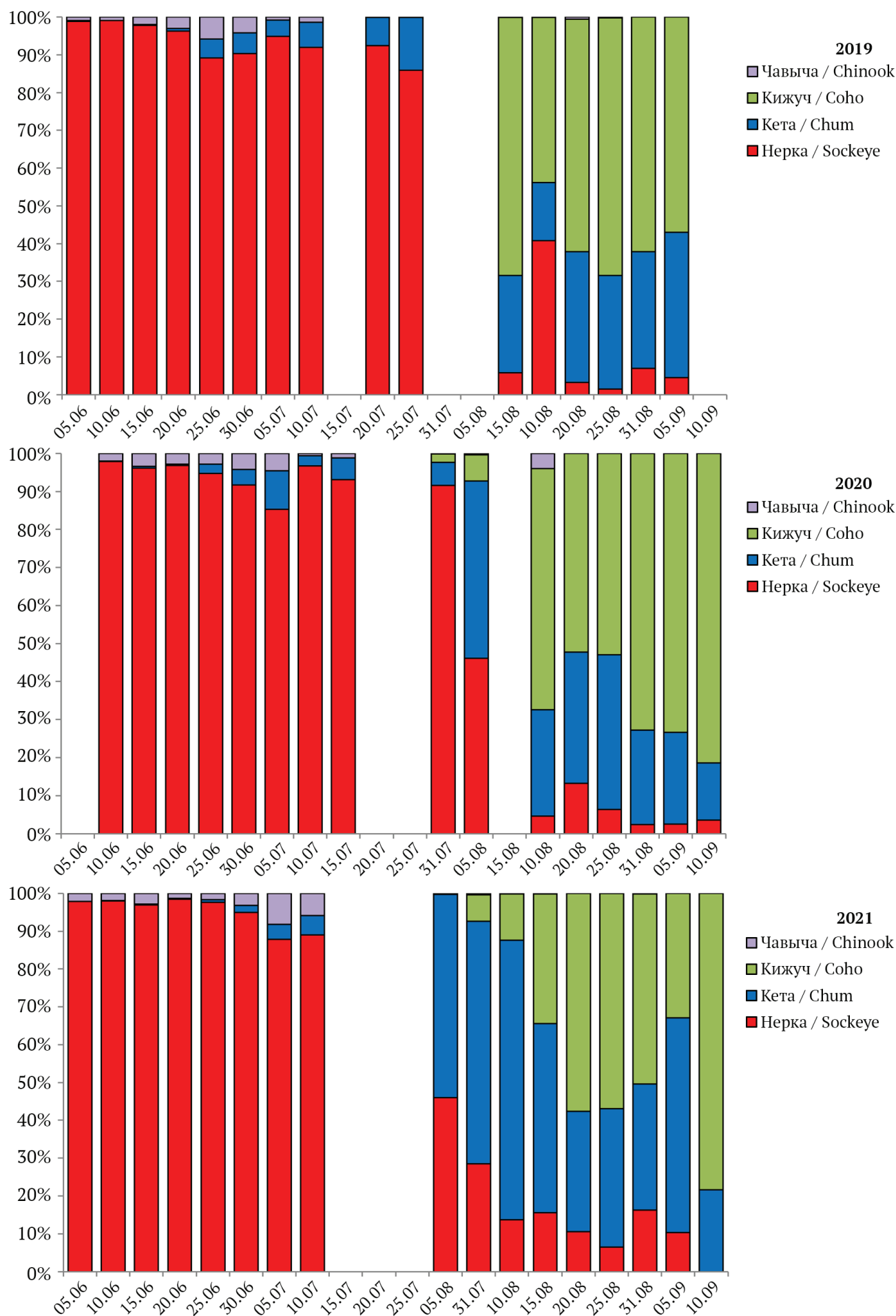


Рис. 23. Динамика соотношения видового состава уловов тихоокеанских лососей р. Камчатка в течение путин 2019–2021 гг.
Fig. 23. Dynamics of species composition ratio in Pacific salmon catches of Kamchatka River during the fishery campaigns 2019–2021

показали, что в 2018 г. в июне доминировали рыбы, воспроизводящиеся в бассейне р. Еловки, а также в среднем и верхнем течении р. Камчатки, на уровне ~65% (неопубликованные данные зав. лаб. молекулярной генетики КамчатНИРО О.А. Пильганчук). В июле того же года в уловах преобладала нерка поздней расы, воспроизводящаяся в бассейне оз. Азабачьего — ~55%. В 2019 г. подобные исследования были проведены на контрольном РЛУ № 832 в бассейне р. Камчатки (Пильганчук и др., 2021). По полученным данным, доля нерки р. Еловки, среднего и верхнего течения р. Камчатки в июне составила ~55%, то есть снизилась приблизительно на 10%. В июле–августе встречаемость поздней нерки оз. Азабачьего была на уровне 2018 г., также составляя ~55%. К сожалению, информация о внутривидовом составе нерки из уловов 2020 и 2021 гг. пока не получена. В настоящее время генетический анализ данных проб еще не выполнен.

Из этих данных видно, что в июньских (~60% от общего объема добычи вида) уловах 2018 и 2019 гг. наблюдалось последовательное снижение доли ранней нерки р. Еловки, а также среднего и верхнего течения р. Камчатки. Соответственно, в этот же период доля рыб, воспроизводимых в оз. Азабачьем, наоборот, несколько возросла. В июльских уловах 2018 и 2019 гг. соотношение двух группировок локальных стад поздней нерки оставалось приблизительно сходным. Принимая во внимание, что локальные стада нерки оз. Азабачьего и р. Еловки в современный период образуют порядка 90% нерестового запаса вида в бассейне р. Камчатки, понятно, что изменчивость численности подходов данных локальных единиц запасов напрямую определяет характер промысла как в Камчатском заливе, так и в бассейне р. Камчатки. Соответственно, уровень запасов и внутривидовая структура нерки ранней и поздней рас в целом влияют на темпоральное распределение и величину пиков численности уловов, формируемых всеми видами тихоокеанских лососей во время преднерестовых/аналогичных миграций в регионе.

Однако накопление нерестового запаса лососей р. Камчатки не всегда проходит в соответствии с логикой динамики общих подходов. На рисунке 24 показано соотношение видового состава тихоокеанских лососей, пропущенных на нерест в бассейн р. Камчатки в течение путей 2019–2021 гг. Из представленных графиков видно, что в пропусках более высоки доли ча-

вычи, а также кеты и кижуча, по сравнению с промысловыми уловами. В значительной степени это связано со сроками открытия промысла в Камчатском заливе и бассейне р. Камчатки, а также с проходными периодами, когда добыча (вылов) лососей в режиме промышленного рыболовства не ведется. Плюс имеется ориентация всего промысла в Камчатском заливе на облов нерки, как наиболее экономически ценного вида тихоокеанских лососей, поскольку неводный лов подразумевает более эффективный облов массовых единиц запасов.

Информация о пропуске производителей тихоокеанских лососей в бассейн р. Камчатки в 2019–2021 гг. представлена в таблице 2. Из полученных данных четко видно, что для всех видов наблюдается последовательное увеличение численности пропуска производителей, составляющих потенциальный нерестовый запас. Максимальные показатели пропуска были отмечены в 2021 г.

Однако, как отмечено выше, фактические показатели оцениваемого нерестового запаса лососей р. Камчатки могут отличаться от модельных данных. Например, это заметно по принятым оценкам заполнения нерестилищ нерки в период 2019–2021 гг. (2019 г. — 0,187 млн экз., 2020 г. — 0,212 млн экз., 2021 г. — 0,624 млн экз.). Отметим, что в 2020 и 2021 гг. был использован комплексный подход, включающий следующие данные: авиаучет (КамчатНИРО), гидроакустический счет в бассейне оз. Азабачьего (КамчатНИРО), промысловая статистика на речных РЛУ (СВТУ), оценки браконьерского изъятия (СВТУ), экосистемная смертность (экспертные данные КамчатНИРО по остаточному принципу). При этом подчеркнем, что авиаучетные исследования на нерестилищах являются базовыми для получения окончательных оценок нерестовых запасов лососей р. Камчатки.

Кроме того, обращаем внимание, что контраст разницы принятых оценок заполнения нерестилищ по данным комплексного подхода заметно выше между двумя сходными 2019 и 2020 гг., а также отличающимся 2021 г. Подобную разницу пропуска на уровне порядка 400 тыс. экз. невозможно объяснить только межгодовыми изменениями численности подходов. Об этом говорят данные фактического вылова нерки р. Камчатки, которые составили: в 2019 г. — 3,8 млн экз., в 2020 г. — 2,7 млн экз., в 2021 г. — 2,6 млн экз. Видно, что объемы вылова в 2020 и 2021 гг. были практически идентичны.

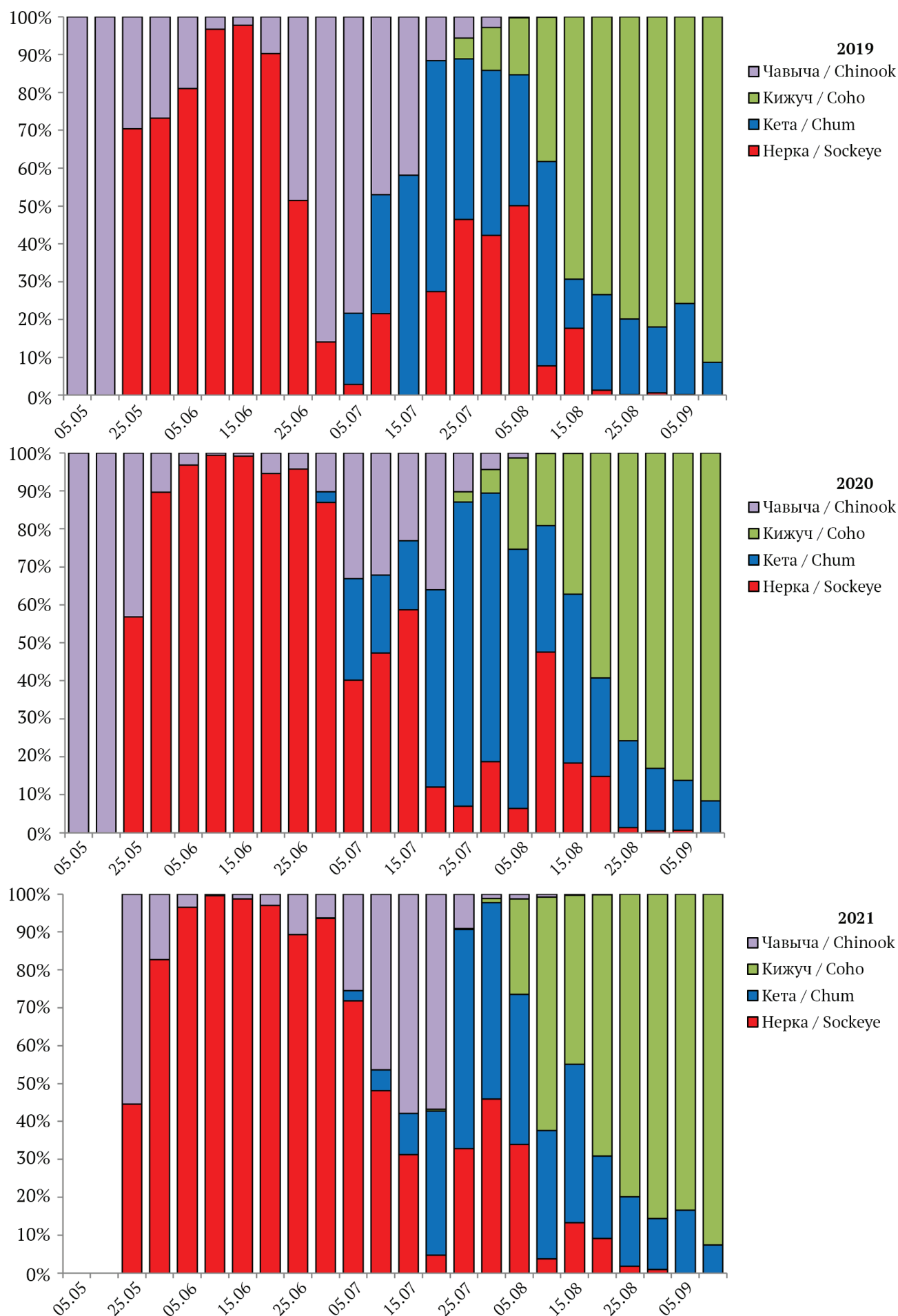


Рис. 24. Динамика соотношения видового состава тихоокеанских лососей, пропущенных в бассейн р. Камчатка River basin during the fishery campaigns 2019–2021 гг.
Fig. 24. Dynamics of the Pacific salmon species ratio in the escapement to the Kamchatka River basin during the fishery campaigns 2019–2021

Поэтому повышенный пропуск производителей на нерест в 2021 г. не мог зависеть только от численности подходов, поскольку в этом случае и вылов был бы выше.

Наиболее вероятно, что основную роль в формировании нерестовых запасов тихоокеанских лососей р. Камчатки в 2021 г. сыграли изменившиеся гидрологические условия в Камчатском заливе. Как отмечено выше, в этот год зона опресненных вод в заливе в результате воздействия стока реки была наиболее обширной, по сравнению с предыдущими годами. Это привело к перераспределению преднерестовых скоплений лососей на подходах к устьевой зоне р. Камчатки. Значительная часть рыб в июне и второй половине июля мигрировали через центральную часть Камчатского залива. При этом общая плотность скоплений в зоне воздействия ставных неводов уменьшилась, что привело к снижению промысловой нагрузки на заходящих в реку лососей.

Причиной изменений характера преднерестовых миграций лососей в Камчатском заливе могло послужить изменение геоморфологии устья р. Камчатки. Исследования, проведенные специалистами КамчатНИРО в устье р. Камчатки, показали, что в 2018–2020 гг. наблюдался постепенный промыв нового устья реки в районе косы, соединяющейся с левым берегом (рис. 25 и 26). Соответственно, в 2021 г. коса, выступающая в устьевой зоне р. Камчатки и направляющая речной сток на юго-запад (зона локализации РЛУ), была размыта. Это привело к перенаправлению потока течения и к обмелению приустьевой части фарватера. В связи с изменением устья и фарватера пресная вода из реки в 2021 г. направилась в открытую (центральную) часть Камчатского залива, а не параллельно берегу в юго-западном направлении, в зону действия ставных неводов. Поэтому в тот год тихоокеанские лососи не образовывали высоких концентраций в прибрежных водах традиционной зоны действия речного стока.

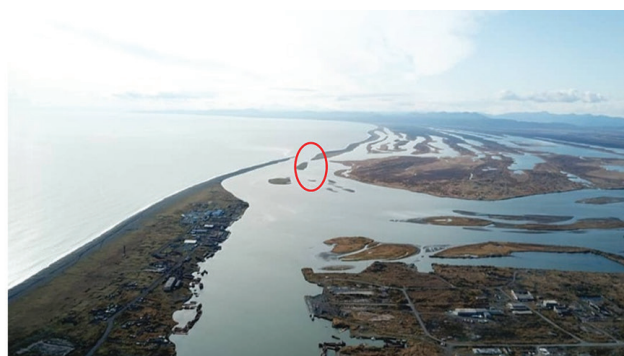
Таблица 2. Пропуск производителей тихоокеанских лососей в бассейн р. Камчатки по данным модельных расчетов в 2019–2021 гг., тыс. экз.

Table 2. The escapement of Pacific salmon spawners into the Kamchatka River basin on the data of model calculations in 2019–2021, thous. ind.

Вид / Species	2019	2020	2021
Нерка / Sockeye	187,6	508,9	958,1
Кета / Chum	92,8	161,6	324,8
Кижуч / Coho	125,3	319,4	381,0
Чавыча / Chinook	24,6	21,1	65,3



24.09.2018



04.09.2019



26.06.2020



17.04.2021

Рис. 25. Геоморфологические изменения устья р. Камчатки в 2018–2021 гг.

Fig. 25. Geomorphological changes of the Kamchatka River mouth in 2018–2021



Рис. 26. Состояние устья р. Камчатки 11.06.2021
Fig. 26. The state of the Kamchatka River mouth on 11.06.2021

Таким образом, в результате отмеченного природного явления эффективность лососевого промысла в Камчатском заливе в 2021 г. несколько упала, что позволило повышенному количеству производителей зайти в р. Камчатку. Данные ретроспективных исследований изменчивости геоморфологии устья р. Камчатки подтверждают неоднократные случаи подобных явлений в течение XVIII–XX вв. (Горин, 2013, 2014). Учитывая долговременный характер подобных перестроек в морфодинамике устьев крупных рек, полагаем, что данная ситуация с выявленными закономерностями преднерестовых миграций тихоокеанских лососей в Камчатском заливе может сохраниться и в ближайшей перспективе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили оценить влияние промысла и гидрологических условий в Камчатском заливе на формирование нерестовых запасов тихоокеанских лососей р. Камчатки в современный период. Полученные данные основаны на анализе многолетней динамики численности региональных лососевых запасов и результатах гидролого-гидроакустических съемок, выполненных в Камчатском заливе в 2019–2021 гг.

Выявлено, что высокий уровень многолетнего промыслового воздействия привел к поэтапному сокращению численности нерестовых запасов тихоокеанских лососей в бассейне р. Камчатки в течение 1981–2020 гг. На современном этапе (2018–2020 гг.) практически утрачены промысловая значимость и имевшийся потенциал воспроизводства всех видов лососей в среднем и верхнем течении реки. Однако следует отметить, что помимо официального рыболовства, значительную роль в снижении региональных нерестовых запасов лососей сыграл и масштабный ННН-промысел, который

ведется местным населением в бассейне р. Камчатки.

В связи с этой тенденцией динамики запасов лососей р. Камчатки специалисты КамчатНИРО приняли дополнительные меры по регулированию лососевого промысла в Камчатском заливе и бассейне этой реки. В результате была разработана целевая стратегия управления промыслом тихоокеанских лососей р. Камчатки, включающая комплекс ограничений по началу открытия их добычи (вылова), а также формирование системы проходных дней и периодов полной остановки промысла для обеспечения пропуска производителей на нерест. Все рекомендации ежегодно рассматривались на Дальневосточном научно-промысловом совете Росрыболовства и утверждались решениями Комиссии по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб в Камчатском крае.

Кроме того, биологический мониторинг тихоокеанских лососей р. Камчатки, ежегодно проводимый специалистами КамчатНИРО, заметно усилили, дополнительно включив в программу исследований гидроакустические учетные работы и контрольный лов на РЛУ № 832. Проведение гидролого-гидроакустических съемок в Камчатском заливе, начатых в 2018 г., также было частью дополнительных мер по усилению научного мониторинга в регионе. Весь комплекс этих мероприятий позволил более точно оценить особенности преднерестовых/анадромных миграций тихоокеанских лососей р. Камчатки в современный период для принятия оперативных решений по регулированию их промысла.

Одним из наиболее значимых наблюдений, полученных в результате проведенных исследований, является зафиксированный факт того, что в 2021 г. общее заполнение нерестилищ производителями тихоокеанских лососей

в бассейне р. Камчатки было максимальным за последние 10 лет. Результаты проведенных исследований позволили определить, что данное обстоятельство напрямую связано с изменениями гидрологического режима в Камчатском заливе в зоне воздействия стока речных вод. Отмеченная закономерность была обусловлена морфодинамикой устья р. Камчатки. В результате чего произошел размыв косы, направляющей поток пресных вод в юго-западном направлении, где локализованы рыболовные участки, ведущие промысел с использованием ставных неводов. Поэтому опресненная вода широким потоком направилась в центральную часть Камчатского залива. Это привело к перераспределению преднерестовых скоплений лососей на путях миграций к устью реки, так как мигрирующие рыбы ориентируются на опресненные воды стока водоема воспроизводства. Именно это, наряду с принятыми организационными решениями по управлению промыслом, и послужило причиной повышенного захода производителей лососей в бассейн р. Камчатки в 2021 г.

Кроме того, дополнительно отметим, что полученные оценки нерестовых запасов лососей р. Камчатки в 2021 г. указывают на достижение целевых ориентиров пропуска для производителей всех видов. В случае с неркой пропуск близок к уровню, необходимому для расширенного воспроизводства вида.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 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.
- Бугаев В.Ф. 1995. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности). М.: Колос. 464 с.
- Бугаев В.Ф. 2010. Нерка реки Камчатки (биология, численность, промысел). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 232 с.
- Бугаев В.Ф. 2011. Азиатская нерка – 2 (биологическая структура и динамика численности локальных стад в конце XX – начале XXI вв.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 380 с.
- Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О., Зорбиди Ж.Х., Остроумов А.Г., Тиллер И.В. 2007. Рыбы реки Камчатка / Под ред. д. б. н. В.Ф. Бугаева. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 459 с.
- Горин С.Л. 2013. Современные морфологическое строение и гидрологический режим эстуария реки Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана (Эстуарий реки Камчатки. Итоги комплексного изучения экосистемы. Ч. I). Вып. 31. С. 6–26.
- Горин С.Л. 2014. Морфодинамика устья реки Камчатки в XVIII–XX вв. и ее влияние на гидрологический режим устьевых водоемов // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана (Эстуарий реки Камчатки. Итоги комплексного изучения экосистемы. Ч. II). Вып. 32. С. 79–88.
- Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. 2005. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности. М.: ВНИРО. 235 с.
- Коваль М.В., Тепнин О.Б., Горин С.Л. 2018. К вопросу о гидрологическом режиме северной части Камчатского залива и возможности влияния ставных неводов на пропуск производителей нерки в р. Камчатке в путину 2018 г. // Бюл. № 13 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. С. 222–228.
- Коваль М.В., Тепнин О.Б., Горин С.Л., Фадеев Е.С., Зикунова О.В., Лепская Е.В., Шубкин С.В., Рудакова С.Л., Пильганчук О.А., Городовская С.Б. 2020. Факторы, определяющие динамику нерестового хода и современное состояние ресурсов нерки *Oncorhynchus nerka* р. Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 57. С. 5–66.
- Кровнин А.С. 2019. Роль крупномасштабных климатических факторов Северного полушария в многолетних колебаниях запасов основных объектов российского промысла. Дис. ... канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 149 с.
- Остроумов А.Г. 1962. Опыт применения аэрометодов учета тихоокеанских лососей в реках Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Кн. ред. «Камчатской правды». 41 с.
- 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. 21–33.
- Пильганчук О.А., Фадеев Е.С., Денисенко А.Д., Шпигальская Н.Ю. 2021. Генетическая идентификация состава смешанных выборок ранней формы нерки из уловов морских ставных неводов в Камчатском заливе в 2019 г. / Матер. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 17–18 ноября 2021 г.). С. 164–167.
- Фадеев Е.С., Шевляков Е.А., Фельдман М.Г. 2019. Комплексный мониторинг пропуска производителей тихоокеанских лососей р. Камчатки в ре-

жиме реального времени // Изв. ТИНРО. Т. 197. С. 3–20.

Фельдман М.Г., Шевляков Е.А., Артюхина Н.Б. 2016. Оценка ориентиров пропуск производителей тихоокеанских лососей *Oncorhynchus* в бассейнах рек Восточной и Юго-Восточной Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 41. С. 51–80.

Шевляков Е.А., Зикунова О.В., Фадеев Е.С., Фельдман М.Г. 2018. Промысел нерки р. Камчатки в 2018 г.: мониторинг запасов, ориентиры управления, оперативное регулирование и результаты // Бюл. № 13 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. С. 52–67.

Шевляков Е.А., Фадеев Е.С. 2015. Проблемы рационального рыболовства тихоокеанских лососей в бассейне р. Камчатка и Камчатском заливе, меры управления // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 38. С. 7–25.

Climate impacts on pacific salmon: bibliography. 2010. NPAFC, Special publication. № 2. 168 p. (Available at <http://www.npafc.org>).

Fofonoff N.P., Millard R.C. 1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater / Unesco Technical Papers in Marine Science. № 44. 53 p.

Higginbottom I., Woon S., Schneider P. 2008. Hydroacoustic data processing for standard stock assessment using Echoview. Vol. 1. (Technical manual) / Myriax Software Pty Ltd, Hobart, Tasmania. 161 p. (Available from <http://www.echoview.com>)

Surfer 8 User's Guide. 2002. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientist and Engineers. Golden Software Inc. 640 p.

REFERENCES

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

Bugaev V.F. *Aziatskaya nerka (presnovodnyi period zhizni, struktura lokal'nykh stad, dinamika chislennosti)* [Asian Sockeye Salmon (Freshwater Period, Structure of Local Stocks and Abundance Dynamics)]. Moscow: Kolos, 1995, 464 p.

Bugaev V.F. *Nerka reki Kamchatki (biologiya, chislennost, promysel)* [Sockeye Salmon of the Kamchatka River. Life history. Abundance. Utilization]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2010, 232 p.

Bugaev V.F. *Aziatskaya nerka-2 (biologicheskaya struktura i dinamika chislennosti lokal'nykh stad v kontse XX – nachale XXI vv.)* [Asian sockeye salmon-2 (biological structure and abundance dynamics of local stocks in the late XX – early XXI century)]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2011, 380 p.

Bugayev V.F., Vronskiy B.B., Zavarina L.O., Zorbidi Z.K., Ostroumov A.G., Tiller I.V. *Ryby reki Kamchatki* [Fish of the Kamchatka River]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2007, 459 p.

Gorin S.L. Present-day morphological structure and hydrological conditions of the Kamchatka River Estuary. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2013, vol. 31, pp. 6–26. (In Russian)

Gorin S.L. Morphodynamics of Kamchatka River mouth area in the XVIII–XX centuries and effects on hydrological regime of tributary system within the area. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2014, vol. 32, pp. 79–88. (In Russian)

Klyashtorin L.B., Lyubushin A.A. *Tsiklicheskiye izmeneniya klimata i ryboproduktivnosti* [Cyclical changes in climate and fish productivity]. Moscow: VNIRO, 2005, 235 p.

Koval M.V., Tepnin O.B., Gorin S.L. On the issue of the hydrological regime of the northern part of the Kamchatka Bay and the possibility of the influence of fixed seines on the passage of sockeye salmon breeders into the River Kamchatka in Putin 2018. *Bulletin of Pacific salmon studies in Far East*, Vladivostok: TINRO-Centr, 2018, vol. 13, pp. 222–228. (In Russian)

Koval M.V., Tepnin O.B., Gorin S.L., Fadeev E.S., Zikunova O.V., Lepskaya E.V., Shubkin S.V., Rudakova S.L., Pilganchuk O.A., Gorodovskaya S.B. Factors determining spawning run dynamics and current state of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* resources in the Kamchatka River. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2020, vol. 57, pp. 5–66. (In Russian)

Krovnin A.S. *Rol krupnomasshtabnykh klimaticheskikh faktorov Severnogo polushariya v mnogoletnikh kolebaniyakh zapasov osnovnykh obyektov rossiyskogo promysla. Dis. kand. biol. nauk* [The role of large-scale climatic factors of the Northern Hemisphere in long-term fluctuations in the stocks of the main objects of the Russian fishery. Dis. cand. biol. sciences]. Moscow: VNIRO, 2019, 149 p.

Ostroumov A.G. *Opyt primeneniya aerometodov ucheta tikhoookeanskikh lososey v rekakh Kamchatki*

[The experience of using aeromethods of Pacific salmon accounting in the rivers of Kamchatka]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 1962, 41 p.

Ostroumov A.G. The Spawning Fund and the State of Stocks of Far Eastern Salmon in the Water Bodies of the Kamchatka Peninsula and the Koryak Highlands in 1957–1971 (Based on aerial surveys and aerial photographs). *Trudy VNIRO*, 1975, vol. 106, pp. 21–33. (In Russian)

Pilganchuk O.A., Fadeev E.S., Denisenko A.D., Shpigalskaya N.Yu. Genetic identification of the composition of mixed samples of the early form of sockeye salmon from the catches of seine nets in the Kamchatka Gulf in 2019. *Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters*. Materials of XXII international scientific conference (Petropavlovsk-Kamchatsky, November 17–18, 2021). Petropavlovsk-Kamchatsky, 2021, pp. 164–167. (In Russian)

Fadeev E.S., Shevlyakov E.A., Feldman M.G. Complex monitoring of salmon spawners escapement to the Kamchatka River in real time regime. *Izvestiya TINRO*, 2019, vol. 197, pp. 3–20. (In Russian)

Feldman M.G., Shevlyakov E.A., Artukhina N.B. An assessment of the pacific salmon *Oncorhynchus* adult escapement parameters for the river basins on East and Southeast Kamchatka. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2016, vol. 41, pp. 51–80. (In Russian)

Shevlyakov E.A., Zikunova O.V., Fadeyev E.S., Feldman M.G. Fishing sockeye r. Kamchatka in 2018: monitoring of stocks, management benchmarks, operational regulation and results. *Bulletin of Pacific salmon studies in Far East*, Vladivostok: TINRO-Centr, 2018, vol. 13, pp. 52–67. (In Russian)

Shevlyakov E.A., Fadeev E.S. Problems of rational fishery of pacific salmon in the basin of the River Kamchatka and Kamchatsky Gulf, measures of management. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2015, vol. 38, pp. 5–28. (In Russian with English abstract)

Climate impacts on pacific salmon: bibliography. NPAFC, Special publication, 2010. № 2. 168 p. (Available at <http://www.npafc.org>)

Fofonoff N.P., Millard R.C. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater / Unesco Technical Papers in Marine Science, 1983, № 44. 53 p. Higginbottom I., Woon S., Schneider P. Hydroacoustic data processing for standard stock assessment using Echoview. Vol. 1. (Technical manual) / Myriax Software Pty Ltd, Hobart, Tasmania, 2008, 161 p. (Available from <http://www.echoview.com>)

Surfer 8 User's Guide. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientist and Engineers. Golden Software Inc., 2002, 640 p.

Информация об авторах

А.В. Бугаев — док. биол. наук, зам. руководителя Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

О.В. Зикунова — канд. биол. наук, зав. лабораторией Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

О.Б. Тепнин — зав. сектором Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

С.В. Шубкин — вед. специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

М.В. Коваль — канд. биол. наук, зав. отделом Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

А.В. Сошин — ст. специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

Е.С. Фадеев — канд. биол. наук, вед. специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

Н.Б. Артюхина — зав. сектором Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

К.М. Малых — зав. лабораторией Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

Information about the authors

Alexandr V. Bugaev – D. Sc. (Biology), Deputy Director (KamchatNIRO)

Olga V. Zikunova – Ph. D. (Biology), Head of Lab. (KamchatNIRO)

Oleg B. Tepnin – Head of Division (KamchatNIRO)

Sergey V. Shubkin – Leading specialist (KamchatNIRO)

Maxim V. Koval – Ph. D. (Biology), Head of Department (KamchatNIRO)

Artiom V. Soshin – Senior Specialist (KamchatNIRO)

Evgeny S. Fadeev – Ph. D. (Biology), Leading Specialist (KamchatNIRO)

Nina B. Artyukhina – Head of Division (KamchatNIRO)

Kiril M. Malykh – Head of Lab. (KamchatNIRO)

Статья поступила в редакцию: 24.06.2022

Одобрена после рецензирования: 15.07.2022

Статья принята к публикации: 17.07.2022

Научная статья / Original article

УДК 575.17:597.553.2

doi:10.15853/2072-8212.2022.66.52-67



ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОЛОДИ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (WALBAUM) ОХОТОМОРСКОГО БАСЕЙНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕСТРИКЦИОННОГО АНАЛИЗА МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДНК И АНАЛИЗА ОДНОНУКЛЕОТИДНЫХ ПОЛИМОРФИЗМОВ

Косицына Анна Игоревна¹, Шпигальская Нина Юрьевна¹, Сергеев Алексей Алексеевич², Сошнина Валерия Александровна², Савенков Владимир Владимирович¹, Денисенко Анастасия Дмитриевна¹, Муравская Ульяна Олеговна¹, Зеленина Дарья Александровна²

¹Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, kositsyna.a.i@kamniro.ru, shpigalskaya.n.u@kamniro.ru, savenkov.v.v@kamniro.ru, denisenko.a.d@kamniro.ru, muravskaya.u.o@kamniro.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва, Россия, sergeev_aleksey@mail.ru, alnestle@yandex.ru, zelenina@vniro.ru

Аннотация. Представлены данные о региональном составе морских смешанных скоплений молоди горбуши Охотоморского бассейна в период посткатадромных миграций 2021 г. Выявлена высокая вероятность значительного преобладания нерестовых возвратов горбуши южного комплекса стад и резкого снижения ее подходов в северные регионы в 2022 г. Идентификационные оценки молоди, полученные по результатам RFLP-анализа мтДНК и анализа аллельной изменчивости SNP-локусов, соотнесены с величинами фактических региональных уловов и нерестовых подходов. Отмечено близкое соответствие расчетных оценок и фактических данных для северного комплекса стад. Результаты генетической идентификации оказались несколько заниженными для Сахалино-Курильского региона и завышенными для южной части материкового побережья Охотского моря.

Ключевые слова: горбуша, Охотоморский бассейн, смешанные скопления, молодь, генетическая идентификация, нерестовые возвраты, региональные уловы

Благодарности: работа выполнена в рамках госзадания ФГБНУ «ВНИРО» и при поддержке гранта Минобрнауки РФ (соглашение № 075-15-2021-1084); авторы выражают искреннюю признательность всем сотрудникам дальневосточных филиалов ФГБНУ «ВНИРО», принимавшим участие в сборе генетического материала, а также благодарят А.В. Кожевникова, А.П. Лозового и И.А. Заочного, ежегодно собирающих качественные пробы в непростых условиях охотоморских съемок.

Для цитирования: Косицына А.И., Шпигальская Н.Ю., Сергеев А.А., Сошнина В.А., Савенков В.В., Денисенко А.Д., Муравская У.О., Зеленина Д.А. Генетическая идентификация молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) Охотоморского бассейна по результатам рестрикционного анализа митохондриальной ДНК и анализа однонуклеотидных полиморфизмов // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. № 66. С. 52–67.

GENETIC IDENTIFICATION OF JUVENILE PINK SALMON *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (WALBAUM) IN THE OKHOTSK SEA BASIN BASED ON THE RESULTS OF RESTRICTION ANALYSIS OF MITOCHONDRIAL DNA AND ANALYSIS OF SINGLE-NUCLEOTIDE POLYMORPHISM

Anna I. Kositsyna¹, Nina Yu. Shpigalskaya¹, Alexey A. Sergeev², Valeria A. Soshnina², Vladimir V. Savenkov¹, Anastasiya D. Denisenko¹, Ulyana O. Muravskaya¹, Darya A. Zelenina¹

¹Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, kositsyna.a.i@kamniro.ru, shpigalskaya.n.u@kamniro.ru, savenkov.v.v@kamniro.ru, denisenko.a.d@kamniro.ru, muravskaya.u.o@kamniro.ru

²Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia, sergeev_aleksey@mail.ru, alnestle@yandex.ru, zelenina@vniro.ru

Abstract. Data on the regional composition of marine mixed aggregations of young pink salmon in the Okhotsk Sea basin during the post-catadromic migrations in 2021 are presented. The high probability of significant prevalence of spawning returns of southern stock complex of pink salmon and sharp decrease of their returns to the northern regions in 2022 are revealed. Identification estimates of juvenile fish obtained from RFLP analysis of mtDNA and analysis of SNP-loci allelic variability were correlated with the values of actual regional catches and spawning runs. A close correspondence between calculated estimates and actual data for the northern herd complex was noted. Results of the genetic identification were somewhat underestimated for the Sakhalin-Kuril Region and overestimated for the southern part of the continental coast of the Sea of Okhotsk.

Keywords: pink salmon, Okhotsk Sea basin, mixed aggregations, juvenile fish, genetic identifications, spawning runs, regional catches

Acknowledgments: this work was performed within the framework of the State Assignment of the FSBSI “VNIRO” and with the support of a grant from the Ministry of Education and Science of the RF (Agreement No 075-15-2021-1084); authors express their sincere gratitude to all the employees of the Far Eastern branches of FSBSI “VNIRO”, who participated in the collection of genetic material, and also thank A.V. Kozhevnikov, A.P. Lozovoy and I.A. Zaochny, who annually collected high-quality samples in difficult conditions of marine surveys.

For citation: Kositsyna A.I., Shpigalskaya N.Yu., Sergeev A.A., Soshnina V.A., Savenkov V.V., Denisenko A.D., Muravskaya U.O., Zelenina D.A. Genetic identification of juvenile pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) in the Okhotsk Sea basin based on the results of restriction analysis of mitochondrial DNA and analysis of single-nucleotide polymorphism // The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 66. P. 52–67. (In Russian)

Горбуша — наиболее массовый вид тихоокеанских лососей, и именно численность ее нерестовых подходов определяет успех путины в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в целом. В современный период наибольшие уловы и подходы этого вида характерны для западного и восточного побережий Камчатки, при этом существенный вклад в воспроизводство вносят также все прочие регионы бассейна Охотского моря. В последнее десятилетие на Западной Камчатке, материковом побережье Охотского моря и в Сахалино-Курильском регионе ежегодно добывалось в среднем 162,4 тыс. т горбуши: от 50,5 тыс. т в 2017 г. до 400,0 тыс. т в 2018 г. Величина региональных уловов характеризовалась крайней нестабильностью, кратно меняясь как в сторону уменьшения, так и увеличения в течение всего нескольких циклов воспроизводства линий четных и нечетных лет нереста. Например, в 2014 г. на западнокамчатском побережье уловы горбуши составили 8,3 тыс. т, а уже в 2018 г. объемы добычи (вылова) достигли рекордных значений: 301,3 тыс. т — 75,3% от суммарной величины уловов во всем Охотоморском бассейне. Такой размах колебаний численности нерестовых подходов, причины которых в настоящее время имеют только предположительный характер, предопределяет то, что горбуша является наиболее сложным для прогнозирования динамики численности видом тихоокеанских лососей.

При разработке материалов, обосновывающих прогноз нерестовых подходов горбуши в регионы воспроизводства бассейна Охотского моря, а также объемы прогнозируемого вылова в предстоящую путину учитывается вся доступная информация, касающаяся вопросов формирования численности соответствующего поколения, и одно из ключевых значений придается результатам осенней учетной траловой съемки молоди. В последние годы при-

шло понимание, что комплекс исходных данных для прогнозирования промысловых взрывов должен включать не только промысловую статистику и фактическую информацию о заполнении нерестилищ родительским поколением, количестве скатившейся молоди и сопутствующих фоновых условиях, но и оценки численности молоди из различных регионов в смешанных скоплениях на этапе раннего морского нагула. Предполагается, что для особей, миновавших критический прибрежный период, далее будет сохраняться примерно такое же региональное соотношение численности, а его адекватное определение позволит скорректировать предварительные прогнозные оценки.

Начиная с 2009 г., региональный состав смешанных выборок из уловов ежегодных траловых съемок молоди горбуши в ранний морской период нагула в Охотском море определяется на основании данных RFLP-анализа (анализа полиморфизма длин рестриктных фрагментов) участка *Cytb/D-loop* митохондриальной ДНК (Шпигальская и др., 2011, 2012; Shpigalskaya et al., 2016; Косицына и др., 2018, 2019, 2021; Бугаев и др., 2020б). В 2022 г. идентификация регионального состава выборок молоди впервые была проведена с использованием ядерных генетических маркеров — SNP-локусов (точечных однонуклеотидных полиморфизмов).

Цель представленной работы заключается в сравнительной оценке результатов определения регионального состава молоди горбуши из смешанных охотоморских скоплений на основании данных RFLP-анализа мтДНК и совокупности SNP-локусов, а также соотношении полученных расчетных данных с фактическими уловами и численностью нерестовых подходов производителей в регионы воспроизводства.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор биологического материала проведен в период осенней учетной траловой съемки молоди

горбуши в Охотском море, выполненной на НИС «Профессор Кагановский» и НИС «ТИНРО» с 03 октября по 26 октября 2021 г. (рис. 1, табл. 1). В анализ включены выборки из уловов, где результативность тралений (экз./траление) превышала 250 особей. Тканевые пробы горбуши фиксировали 96%-м этанолом. Всего было проанализировано 1194 экз. молоди.

Выделение и очистку тотальной ДНК проводили методом адсорбции на микроколонках PALL на основании методики, описанной ранее (Ivanova et al., 2006). Для амплификации участка *Cytb/D-loop* митохондриальной ДНК использовали последовательности праймеров AJG13 и AJG15 (Шпигальская и др., 2011). Амплифика-

цию проводили в 25 мкл смеси, содержащей 10×Encyclo buffer, 50×смесь dNTP (0,2 mM каждого), 50×Encyclo полимеразу (Евроген, Россия), 5 пкМ каждого праймера, 1 мкл ДНК. Режим полимеразной цепной реакции: I — 95 °C (3 мин), II — 30 циклов: 94 °C (20 сек), 57 °C (20 сек), 72 °C (1 мин 30 сек), III — заключительная элонгация 68 °C (1 мин).

В качестве популяционно-генетических маркеров использовали комбинированные гаплотипы мтДНК, частоты которых получены на основе анализа полиморфизма длин рестриктных фрагментов участка *Cytb/D-loop* (RFLP-анализ; эндонуклеазы рестрикции: *Dde* I, *Hin*6.I, *Hinf* I, *Msp* I, *Rsa* I, *Cfr*13.I).

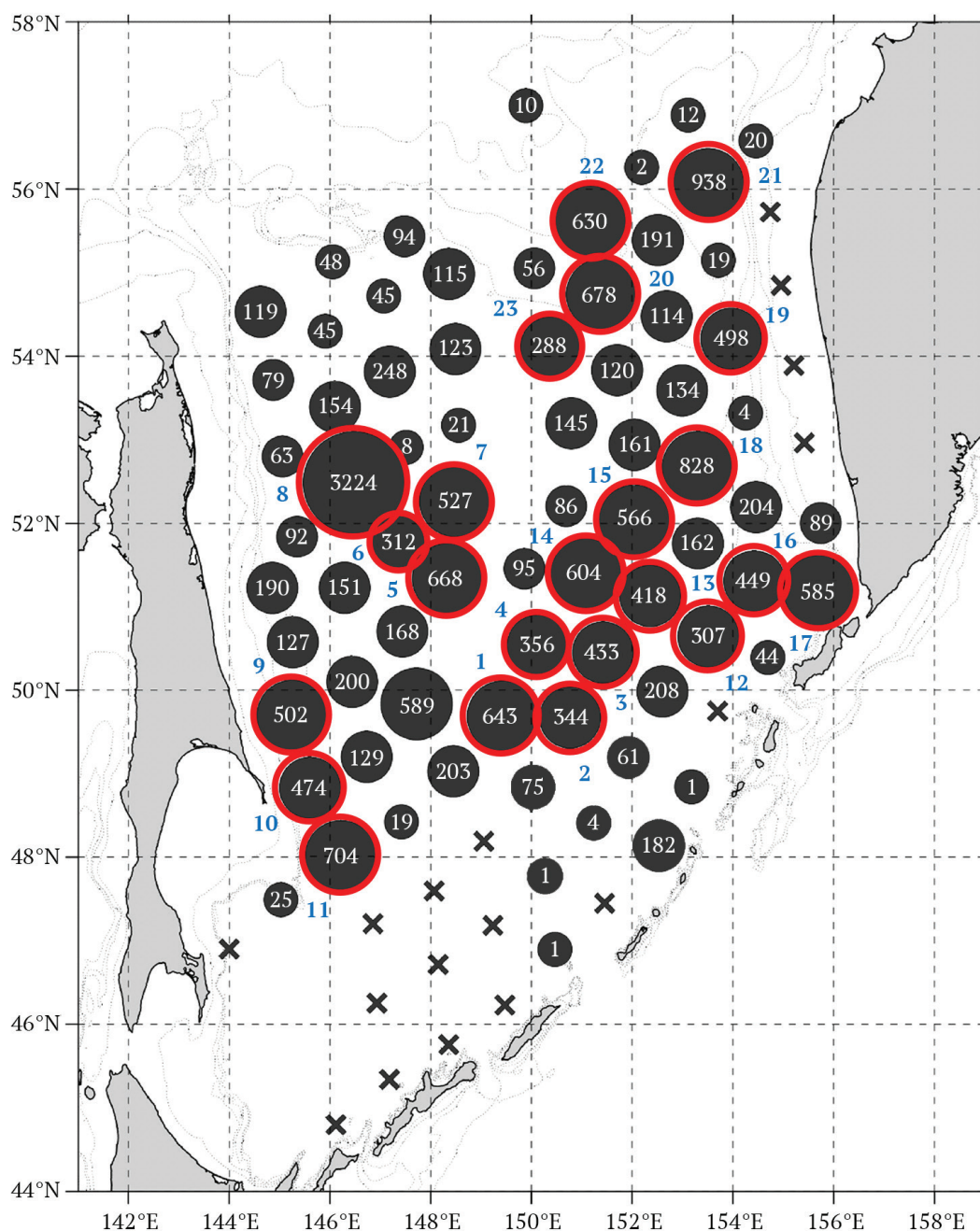


Рис. 1. Распределение уловов молоди горбуши (экз./траление) в Охотском море по данным осенней траловой съемки, выполненной на НИС «Профессор Кагановский» и НИС «ТИНРО» (красным цветом обозначены траловые станции, из уловов которых отобраны включенные в анализ выборки, синим — номера выборок, соответствующих номерам, указанным в табл. 1, 6 и 7).
Fig. 1. Distribution of the catches of juvenile pink salmon (fish/trawl) in the Sea of Okhotsk according to data of autumn trawl survey performed on the R/V "Professor Kaganovsky" and R/V "TINRO" (red color indicates trawl stations of samples included in the analysis, blue — sample numbers, corresponding to the numbers indicated in Tables 1, 6 and 7).

Референсная база данных по результатам RFLP-анализа мтДНК создана в лаборатории молекулярной генетики Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» и для четной линии воспроизводства горбуши включает 34 выборки (2335 экз.) из нерестовых водоемов Западной Камчатки, материковой части побережья Охотского моря (МПОМ), о. Сахалин, о. Итуруп, р. Амур и Приморья (Косицына и др., 2018) (рис. 2, табл. 2).

Анализ образцов горбуши по SNP-маркерам осуществляли с применением технологии KASP (конкурентная аллель-специфичная ПЦР) (He et al., 2014). Методика генотипирования горбуши по SNP-локусам разработана и протестирована в отделе молекулярной генетики ФГБНУ «ВНИРО». Референсная база данных включает 23 выборки (1079 экз.) горбуши четных лет нереста из локальных популяций различных регионов воспроизводства бассейна Охотского моря (табл. 3, рис. 2).

Из смешанных охотоморских скоплений молоди горбуши проанализировано 16 выборок (835 экз.) (табл. 1). Исследованные экземпляры генотипированы по восьми SNP-

локусам: *GOR-EV_55959_29*, *GOR-EV_80318_35*, *GOR-EV_71784_42*, *GOR-EV_55106_43*, *GOR-EV_41329_56*, *GOR-EV_41546_51*, *GOR-EV_32728_58*, *GOR-EV_1611_62*. Для генотипирования использовали набор реагентов KASP™ (LGC Genomics, Великобритания). Анализ осуществляли в соответствии со стандартной методикой производителя на оборудовании для проведения ПЦР в реальном времени 7500 PCR Real Time (“Applied Biosystems”, США). Статистическую оценку выполняли с помощью программного обеспечения GenALeX 6 для MS-Excel (Peakall, Smouse, 2006).

Идентификация региональных групп в смешанных уловах молоди на основе изменчивости частот гаплотипов мтДНК, а также SNP-локусов выполнена с использованием программы SPAM (Masuda et al., 1991; Pella et al., 1996).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее по данным RFLP-анализа фрагмента *Cytb/D-loop* мтДНК горбуши четной линии воспроизводства из 34 водных объектов Охотоморского бассейна выявлено 43 гаплотипиче-

Таблица 1. Характеристика материала, включенного в анализ для региональной генетической идентификации смешанных скоплений молоди горбуши в Охотском море в период проведения осенней траловой съемки на НИС «Профессор Кагановский» и НИС «ТИНРО» в октябре 2021 г.
Table 1. Characteristics of the material included in the analysis for regional genetic identification of mixed aggregations of juvenile pink salmon in the Sea of Okhotsk during autumn trawl survey on the R/Vs “Professor Kaganovsky” and “TINRO” in October 2021

№ выборки № of sample	№ траления № of trawling	Дата сбора Date of sampling	Координаты, с. ш. / в. д. Coordinates, N/E	Экз./траление Fish/trawling	Кол-во исследован- ных образцов с использо- ванием RFLP/ SNP-маркеры Sample size examined using RFLP/ SNP-markers
НИС «ТИНРО» / R/V “TINRO”					
1	163	14.10.2021	49°40'9"/149°26'0	643	50/47
2	164	14.10.2021	49°40'2"/150°46'0	344	49/-
3	167	15.10.2021	50°26'9"/151°25'2	433	49/47
4	168	15.10.2021	50°31'8"/150°07'3	356	50/47
5	169	16.10.2021	51°20'0"/148°20'6	668	50/47
6	170	17.10.2021	51°47'4"/147°21'0	312	49/-
7	171	18.10.2021	52°16'0"/148°29'2	527	50/47
8	184	23.10.2021	52°29'1"/146°28'9	3224	99/94
9	189	25.10.2021	49°41'4"/145°15'3	502	50/47
10	190	25.10.2021	48°49'7"/145°36'3	474	48/47
11	191	26.10.2021	48°00'6"/146°13'0	704	49/47
НИС «Профессор Кагановский» / R/V “Professor Kaganovsky”					
12	179	03.10.2021	50°38'3"/153°30'9	307	47/-
13	180	04.10.2021	51°07'6"/152°21'4	418	48/-
14	181	04.10.2021	51°23'5"/151°04'8	604	50/47
15	182	05.10.2021	52°01'9"/152°02'4	566	50/47
16	184	05.10.2021	51°18'2"/154°25'4	459	50/-
17	185	06.10.2021	51°11'2"/155°42'5	585	50/47
18	188	07.10.2021	52°40'3"/153°18'3	828	46/46
19	195	09.10.2021	54°12'5"/153°58'0	498	40/-
20	197	10.10.2021	54°44'4"/151°23'9	678	44/45
21	204	13.10.2021	56°03'3"/153°30'6	938	91/92
22	206	14.10.2021	55°36'9"/151°10'4	630	39/41
23	209	15.10.2021	54°06'4"/150°23'2	288	46/-
Итого / Total					1194/835

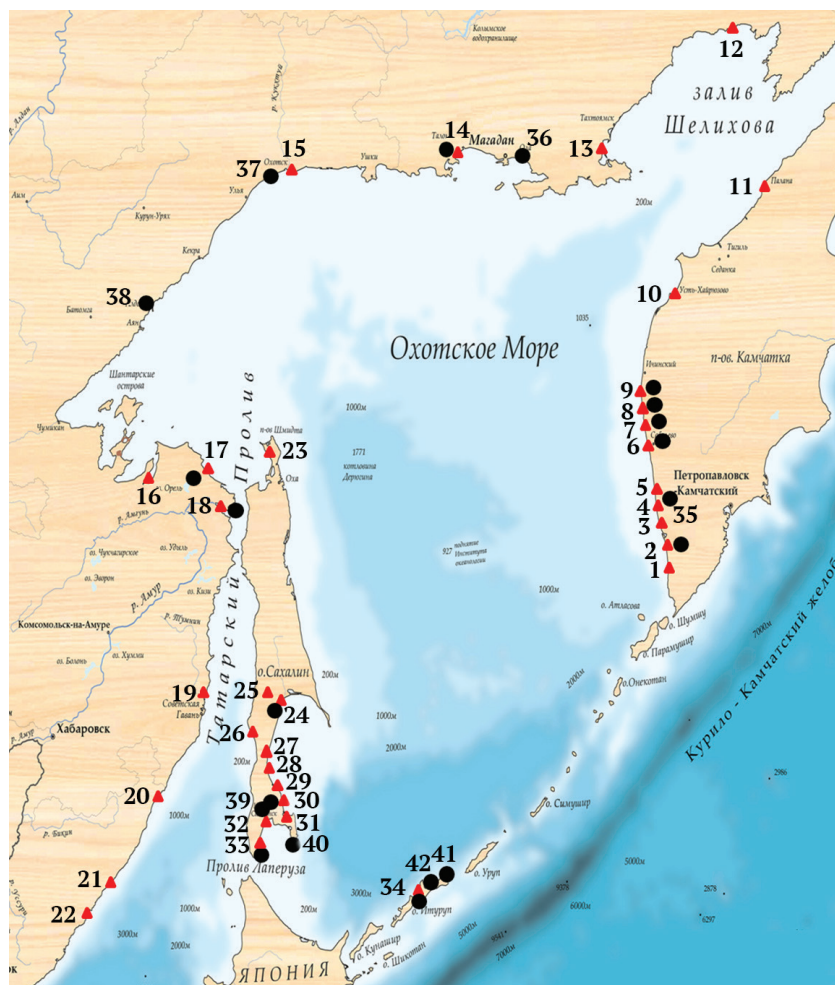


Рис. 2. Карта-схема сбора выборок из нерестовых водоемов горбуши (▲ — референсные выборки, исследованные по RFLP-маркерам, ● — референсные выборки, исследованные по SNP-маркерам; номера выборок соответствуют указанным в таблицах 2–3)
 Fig. 2. Schematic chart of sample collection from pink salmon spawning locations (▲ – reference samples examined by RFLP markers, ● – reference samples examined by SNP markers; sample numbers correspond to those shown in Tables 2–3)

Таблица 2. Характеристика выборок, представленных в референсной базе данных (RFLP-маркеры)
 Table 2. Characteristics of samples represented in the reference database (RFLP markers)

Регион Region	№ выбор- ки № of sample	Локальность Location	Год сбора Year of sampling	Объем вы- борки Sample size
Западная Камчатка West Kamchatka	1	Р. Опала / Opala R.	2012	46
	2	Р. Большая / Bolshaya R.	2008, 2010, 2012	122
	3	Р. Утка / Utkha R.	2008, 2010	100
	4	Р. Кихчик / Kikhchik R.	2016	40
	5	Р. Коль / Kol' R.	2008	93
	6	Р. Большая Воровская / Bolshaya Vorovskaya R.	2012	49
	7	Р. Колпакова / Kolpakova R.	2010	50
	8	Р. Крутогорова / Krutogorova R.	2012, 2016	98
	9	Р. Облуковина / Oblukovina R.	2016	49
	10	Лиман рек Хайрюзова и Белоголовая Estuary of Khairyzova–Belogolovaya R.	2008	48
Северная часть материкового побережья Охотского моря (СчМПМО) / Northern part of continental coast, the Sea of Okhotsk (NpCcSO)	11	Р. Палана / Palana R.	2008, 2014	146
	12	Р. Наяхан / Nayakhan R.	2010, 2012	81
	13	Р. Яма / Yama R.	2010, 2012	87
	14	Р. Тауй / Tauy R.	2010, 2012	99
	15	Р. Охота / Okhota R.	2014	50
	16	Зал. Николая / Nikolaya Bay	2008	84
Южная часть материкового побережья Охотского моря (ЮчМПМО) / Southern part of continental coast, the Sea of Okhotsk (SpCcSO)	17	Р. Коль / Kol' R.	2014	90
	18	Р. Амур / Amur R.	2004, 2010	118
	19	Р. Тумнин / Tumnin R.	2014	49
	20	Р. Ботчи / Botchi R.	2008	43
	21	Р. Максимовка / Maximovka R.	2010	50
	22	Р. Серебрянка / Serebryanka R.	2008	77

Таблица 2. Окончание. Начало на с. 56
Table 2. The end. Begins on page 56

Регион Region	№ выбор- ки* № of sample	Локальность Location	Год сбора Year of sampling	Объем вы- борки Sample size
О. Сахалин Sakhalin	23	Р. Водопадная / Vodopadnaya R.	2008	37
	24	Р. Поронай / Poronay R.	2010	49
	25	Р. Орловка (молодь) / Orlovka R. (juvenile)	2011	49
	26	Р. Айнская / Aynskaya R.	2010	50
	27	Р. Дудинка (молодь) / Dudinka R. (juvenile)	2011	42
	28	Р. Фирсовка / Firsovka R.	2010	100
	29	Р. Найба / Nayba R.	2010	38
	30	Р. Бахура / Bakhura R.	2008, 2010	100
	31	Р. Очепуха / Ocherukha R.	2010	50
	32	Р. Партизанка (молодь) / Partizanka R. (juvenile)	2011	44
	33	Р. Урюм / Uryum R.	2010	50
Южные Курилы (о. Итуруп) Southern Kuriles (Iturup)	34	Р. Курилка / Kurilka R.	2012	57

Примечание. *Соответствует номерам референсных выборок на рис. 2
Note. *Corresponds to the numbers of reference samples in Fig. 2

Таблица 3. Характеристика выборок, представленных в референсной базе данных (SNP-локусы)
Table 3. Characteristics of samples represented in the reference database (SNP-loci)

Регион Region	Порядковый (sequential) № № выборки (of sample)*	Локальность Location	Год сбора Year of sam- pling	Объем вы- борки Sam- ple size
Западная Камчатка West Kamchatka	1/9	Р. Облуковина / Oblukovina R.	2016	47
	2/8	Р. Крутогорова / Krutogorova R.	2016	47
	3/7	Р. Колпакова / Kolpakova R.	2016	47
	4/6	Р. Большая Воровская Bolshaya Vorovskaya R.	2016	47
	5/35	Р. Пымта / Pymta R.	2020	47
	6/2	Р. Большая / Bolshaya R.	2018	46
Северная часть материкового побережья Охотского моря (СчМПОМ) / Northern part of con- tinent coastal, the Sea of Okhotsk (NpCcSO)	7/36	Р. Ола / Ola R.	2016	47
	8/14	Р. Тауй / Tauy R.	2016	47
	9/37	Р. Шилкан / Shilkan R.	2016	47
	10/38	Р. Алдома / Aldoma R.	2016	47
Южная часть материкового побережья Охотского моря (ЮчМПОМ) / Southern part of continental coast, the Sea of Okhotsk (SpCcSO)	11/17	Р. Коль / Kol' R.	2016	47
	12/18	Р. Амур (ранняя) / Amur R. (early)	2016	47
	13/18	Р. Амур (поздняя) / Amur R. (late)	2016	47
О. Сахалин Sakhalin	14/33	Р. Урюм / Uryum R.	2010	47
	15/39	Р. Лютога / Lyutoga R.	2020	47
	16/40	Р. Островка / Ostrovka R.	2020	47
	17/24	Р. Поронай / Poronay R.	2010	47
	18/30	Р. Бахура (ранняя) / Bakhura R. (early)	2018	47
	19/30	Р. Бахура (поздняя) / Bakhura R. (late)	2018	47
Южные Курилы (о. Итуруп) Southern Kuriles (Iturup)	20/41	Р. Софья (ранняя) / Sophya R. (early)	2016	47
	21/41	Р. Софья (поздняя) / Sophya R. (late)	2016	47
	22/34	Р. Курилка / Kuriolka R.	2012	47
	23/42	Р. Рейдовая / Reydivaya R.	2012	46

Примечание. *Соответствует номерам референсных выборок на рис. 2
Note. *Corresponds to the numbers of reference samples in Fig. 2

ских варианта (рис. 3), подтвержден региональный характер изменчивости частот гаплотипов, показано, что статистические оценки межрегиональной изменчивости значительно превышают оценки на межпопуляционном уровне в пределах регионов (Shpigalskaya et al., 2016; Косицына и др., 2018).

В результате анализа выборок на основе разработанной панели SNP-маркеров выявлены сходные тенденции в дифференциации региональных группировок. Можно отметить, что

наибольшие различия подтверждены между совокупностью северных популяций, включающей стада Западной Камчатки и магаданского побережья, и популяциями южнокурильского острова Итуруп (Зеленина и др., 2022).

Для проверки возможности использования полученных результатов, свидетельствующих о генетической неоднородности охотоморской горбуши, в целях определения состава смешанных скоплений молоди в период раннего морского нагула была проведена вероятностная

оценка точности идентификации особей из различных регионов воспроизводства.

Результаты анализа симулированных выборок свидетельствуют о том, что точность идентификации локальных популяций горбуши четных лет воспроизводства в среднем находится на уровне 58,0%, что не позволяет с необходимой степенью достоверности проводить их идентификацию. С большой вероятностью такие результаты будут сопровождаться чрезмерной погрешностью, поэтому была проведена оценка точности идентификации на уровне регионов.

Оценки точности региональной идентификации горбуши четных лет воспроизводства по результатам RFLP-анализа мтДНК приведены в таблице 4, по результатам анализа аллельной изменчивости SNP-локусов — в таблице 5.

При более дробном делении регионов, в случае использования RFLP-маркеров, точность идентификации существенно снижается, составляя для Западной Камчатки 86,0%, для северной части МПОМ — 59,4%, для о. Сахалин — 78,8%, о. Итуруп — 48,1%, бассейна р. Амур — 59,9%, южной части МПОМ — 64,6%, в связи с чем сделано заключение о возможности кор-

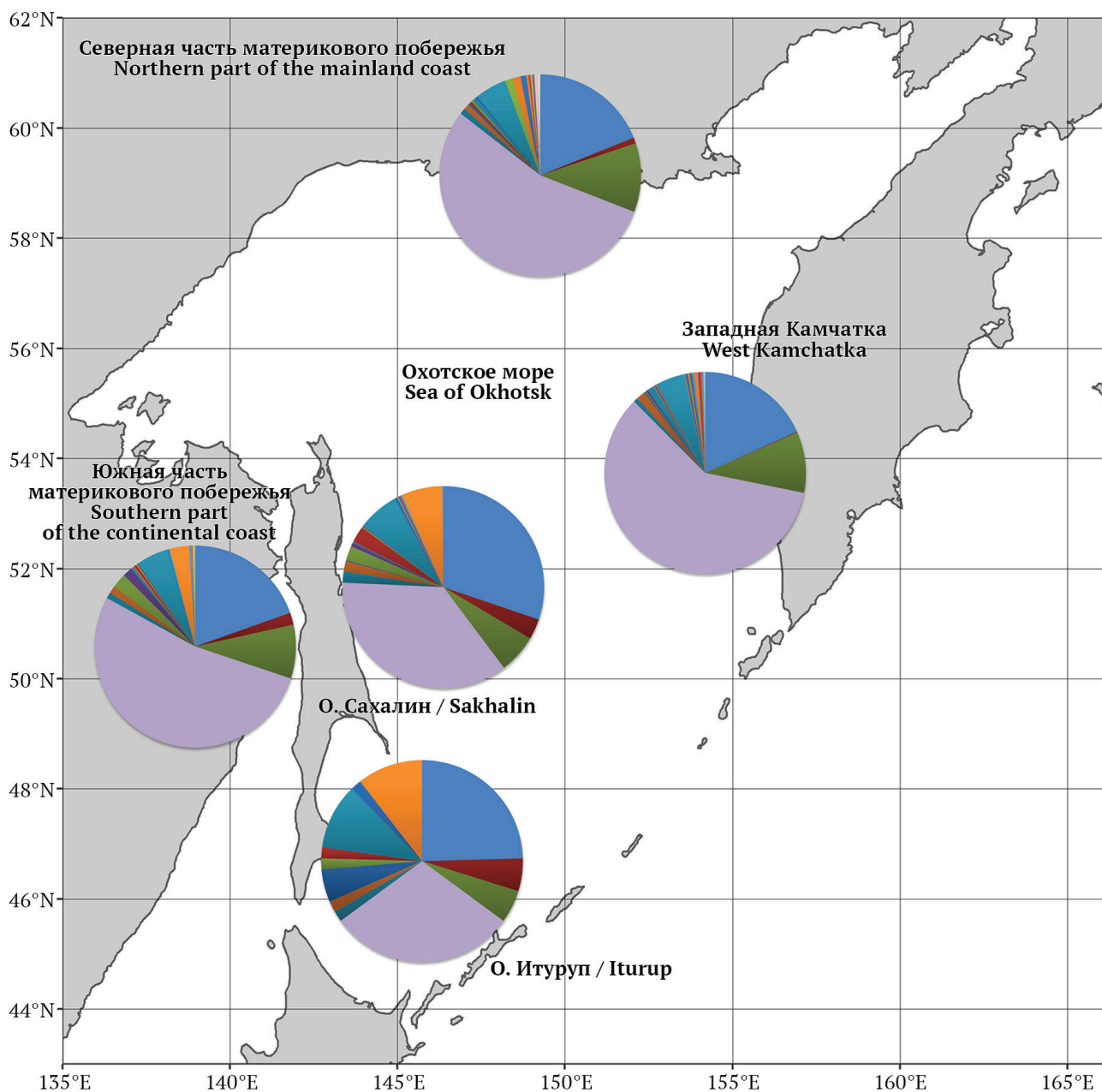


Рис. 3. Распределение частот 43 гаплотипов мтДНК горбуши четной линии воспроизводства в регионах Охотоморского бассейна
Fig. 3. Distribution of frequencies of 43 haplotypes of pink salmon mtDNA of the even reproductive line in locations within the Okhotsk Sea basin

ректной идентификации только трех региональных комплексов для горбуши четной линии: Западная Камчатка и северная часть МПОМ, Сахалино-Курильский регион, южная часть МПОМ (включая бассейн р. Амур).

На основе изменчивости SNP-маркеров оценки точности идентификации свидетельствуют о возможности получения корректных результатов по четырем условным регионам Охотоморского бассейна: Западная Камчатка и северная часть МПОМ, о. Сахалин, о. Итуруп и южная часть МПОМ (включая бассейн р. Амур).

В таблицах 6–7 и на рисунках 4–5 представлены результаты идентификации молоди горбуши в выборках из уловов осенней траловой съемки 2021 г., а также региональное соотношение при

различных вариантах объединения выборок и в результате анализа всего материала в целом.

При анализе представленных результатов необходимо учитывать отсутствие в реперной базе данных выборок из рек Японских островов. Исследованиями, посвященными выявлению многолетних тенденций распределения и регионального состава уловов заводской молоди горбуши в период осенних миграций в бассейне Охотского моря, подтверждено распространение особей японского происхождения в северном и северо-восточном направлении до 55–57° с. ш., хотя их относительная доля невысока (Бугаев и др., 2020а).

Полученные результаты свидетельствуют, что в региональном составе исследованных вы-

Таблица 4. Оценка регионального состава смоделированных смешанных выборок горбуши поколения четных лет воспроизводства на основе изменчивости RFLP-маркеров, % (в скобках указана стандартная ошибка). Оценки, выделенные жирным шрифтом, теоретически должны быть равны 100%

Table 4. Estimation of regional composition of simulated mixed samples of pink salmon generation of even years of reproduction based on variability in RFLP markers, % (standard error shown in parentheses). Estimates in bold should theoretically be 100%

№	Регион / Region	1	2	3
1	Западная Камчатка и СчМПОМ West Kamchatka and NpCcSO	94,3 _(3,38)	9,1	13,3
2	Сахалино-Курильский регион Sakhalin-Kuriles	3,7	83,3 _(6,68)	17,3
3	ЮчМПОМ (включая бассейн р. Амур) SpCcSO (including Amur R.)	1,5	7,4	69,2 _(11,32)
	Неизвестные / Unknown	0,5	0,2	0,2
	Σ	100	100	100

Таблица 5. Оценка регионального состава смоделированных смешанных выборок горбуши поколения четных лет воспроизводства на основе изменчивости SNP-маркеров, % (в скобках указана стандартная ошибка). Оценки, выделенные жирным шрифтом, теоретически должны быть равны 100%

Table 5. Estimation of regional composition of simulated mixed samples of pink salmon of even years of reproduction based on variability of SNP-markers, % (standard error is given in brackets). Estimates in bold should theoretically be 100%

№	Регион / Region	1	2	3	4
1	Западная Камчатка и СчМПОМ West Kamchatka and NpCcSO	97,3 _(2,45)	0,1	0,0	10,2
2	О. Сахалин / Sakhalin	0,1	86,4 _(7,10)	11,6	8,0
3	О. Итуруп / Iturup	0,0	8,7	88,4 _(7,74)	0,0
4	ЮчМПОМ (включая бассейн р. Амур) SpCcSO (including Amur R.)	2,6	4,8	0,0	81,8 _(8,59)
	Неизвестные / Unknown	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σ	100	100	100	100

Таблица 6. Процентное соотношение молоди горбуши различных регионов Охотоморского бассейна (в скобках приведены стандартные ошибки расчетных оценок) в выборках из уловов осенней траловой съемки на НИС «Профессор Кагановский» и НИС «ТИНРО» в 2021 г. на основе изменчивости RFLP-маркеров

№ выборки № of sample	№ траления № of trawling	Западная Камчатка и СчМПОМ West Kamchatka and NpCcSO	О. Сахалин и о. Итуруп Sakhalin and Iturup	ЮчМПОМ SpCcSO
		НИС «ТИНРО» / R/V "TINRO"		
1	163	2,4 _(11,81)	95,4 _(18,54)	0,2 _(12,71)
2	164	13,6 _(35,81)	69,2 _(61,87)	17,2 _(46,05)
3	167	64,8 _(17,89)	29,3 _(12,53)	5,9 _(12,23)
4	168	0,6 _(0,71)	44,6 _(19,58)	54,8 _(19,60)
5	169	0,2 _(0,17)	76,4 _(25,16)	23,4 _(25,11)
6	170	22,7 _(17,50)	77,1 _(17,50)	0,2 _(0,55)
7	171	36,9 _(26,68)	0,1 _(0,16)	63,0 _(28,69)
8	184	0,8 _(23,46)	39,7 _(26,10)	59,5 _(21,91)

Таблица 6. Окончание. Начало на с. 59
Table 6. The end. Begins on page 59

№ выборки № of sample	№ траления № of trawling	Западная Камчатка и СчМПОМ West Kamchatka and NpCcSO	О. Сахалин и о. Итуруп Sakhalin and Iturup	ЮчМПОМ SpCcSO
9	189	15,9 _(24,38)	27,4 _(33,90)	56,7 _(31,53)
10	190	28,0 _(23,90)	45,1 _(17,56)	26,9 _(22,26)
11	191	13,2 _(12,44)	13,0 _(16,96)	73,8 _(19,71)
НИС «Профессор «Кагановский» / R/V “Professor Kaganovsky”				
12	179	18,7 _(32,03)	81,3 _(32,03)	0,0
13	180	16,4 _(39,18)	77,0 _(39,12)	6,6 _(57,02)
14	181	11,9 _(33,75)	53,7 _(25,90)	34,4 _(38,95)
15	182	30,4 _(24,10)	37,7 _(18,99)	31,9 _(17,33)
16	184	27,8 _(21,95)	72,2 _(21,95)	0,0
17	185	39,8 _(27,74)	62,2 _(27,74)	0,0
18	188	23,3 _(21,87)	76,2 _(23,60)	0,5 _(12,84)
19	195	3,6 _(30,56)	72,7 _(25,56)	23,7 _(30,51)
20	197	72,0 _(22,84)	5,3 _(12,55)	22,7 _(23,11)
21	204	52,3 _(19,88)	47,7 _(19,88)	0,0
22	206	99,5 _(0,16)	0,0	0,5 _(0,16)
23	209	65,8 _(21,71)	34,2 _(21,71)	0,0
Район севернее 52° с. ш.: выборки № 7, 8, 15, 18–23 Area northward from 52°N		41,6 _(12,07)	31,1 _(9,03)	27,3 _(14,47)
Район южнее 52° с. ш.: выборки № 1–6, 9–14, 16, 17 Area southward from 52°N		14,6 _(10,73)	67,3 _(14,48)	18,1 _(11,52)
Объединенные выборки / United samples				
№ 1–4		8,0 _(22,10)	67,6 _(15,82)	24,4 _(14,23)
№ 5–8		18,6 _(17,12)	38,8 _(17,31)	42,6 _(20,01)
№ 9–11		18,1 _(22,26)	32,4 _(15,09)	49,5 _(23,60)
№ 12–18		22,9 _(9,44)	68,2 _(11,52)	8,9 _(11,27)
№ 19–23		71,9 _(14,94)	28,1 _(9,97)	0,0
Все выборки All samples		25,5_(7,11)	44,0_(7,29)	30,5_(6,91)

Таблица 7. Процентное соотношение молоди горбуши различных регионов Охотоморского бассейна (в скобках приведены стандартные ошибки расчетных оценок) в выборках из уловов осенней траловой съемки на НИС «Профессор Кагановский» и НИС «ТИНРО» в 2021 г. на основе изменчивости SNP-маркеров
Table 7. Percentage ratio of juvenile pink salmon from different regions of the Okhotsk Sea basin (standard errors of estimated values are given in parentheses) in samples from fall trawl survey catches on the R/V “Professor Kaganovsky” and “TINRO” in 2021 based on SNP-marker variability

№ выборки № of sample	№ траления № of trawling	Западная Камчатка и СчМПОМ / West Kamchatka and NpCcSO	О. Сахалин Sakhalin	О. Итуруп Iturup	ЮчМПОМ SpCcSO
НИС «ТИНРО» / R/V “TINRO”					
1	163	17,9 _(14,04)	9,7 _(26,30)	14,0 _(14,45)	58,4 _(26,63)
3	167	0,0	21,0 _(34,77)	50,9 _(21,51)	28,1 _(22,90)
4	168	10,0 _(18,62)	42,8 _(60,11)	21,6 _(40,66)	25,6 _(34,21)
5	169	18,4 _(14,54)	55,8 _(32,92)	6,4 _(18,61)	19,4 _(28,94)
7	171	0,0	23,6 _(12,75)	0,0	76,4 _(12,75)
8	184	0,0	33,7 _(14,35)	0,0	66,3 _(14,35)
9	189	11,9 _(13,34)	0,0	0,0	88,1 _(13,34)
10	190	37,5 _(22,47)	50,6 _(21,80)	0,0	11,9 _(36,91)
11	191	9,3 _(13,89)	8,7 _(43,07)	28,5 _(30,79)	53,5 _(25,04)
НИС «Профессор «Кагановский» / R/V “Professor Kaganovsky”					
14	181	28,2 _(10,72)	71,1 _(11,23)	0,7 _(2,76)	0,0
15	182	13,3 _(17,39)	52,1 _(26,43)	13,2 _(17,92)	21,4 _(26,01)
17	185	21,7 _(11,43)	31,1 _(28,50)	47,2 _(23,60)	0,0
18	188	2,4 _(11,27)	51,2 _(34,63)	7,2 _(15,42)	39,2 _(32,99)
20	197	91,4 _(12,97)	7,1 _(7,10)	0,0	1,5 _(13,63)
21	204	98,8 _(1,37)	0,0	1,2 _(1,37)	0,0
22	206	94,4 _(13,23)	0,0	0,0	5,6 _(13,23)
Объединенные выборки / United samples					
№ 1, 3, 4		7,7 _(11,50)	6,7 _(18,19)	39,1 _(13,55)	46,6 _(18,21)
№ 5, 7, 8		3,3 _(7,00)	40,1 _(11,84)	0,0	56,6 _(16,41)
№ 9–11		14,0 _(11,26)	12,9 _(20,64)	9,3 _(7,70)	63,8 _(24,06)
№ 14, 15, 17, 18		18,5 _(9,96)	51,7 _(22,55)	19,6 _(12,57)	10,2 _(20,20)
№ 20–22		92,8 _(9,04)	2,2 _(3,51)	0,0	5,0 _(11,37)
Все выборки All samples		30,1_(5,77)	26,0_(10,30)	12,1_(4,90)	31,8_(10,99)

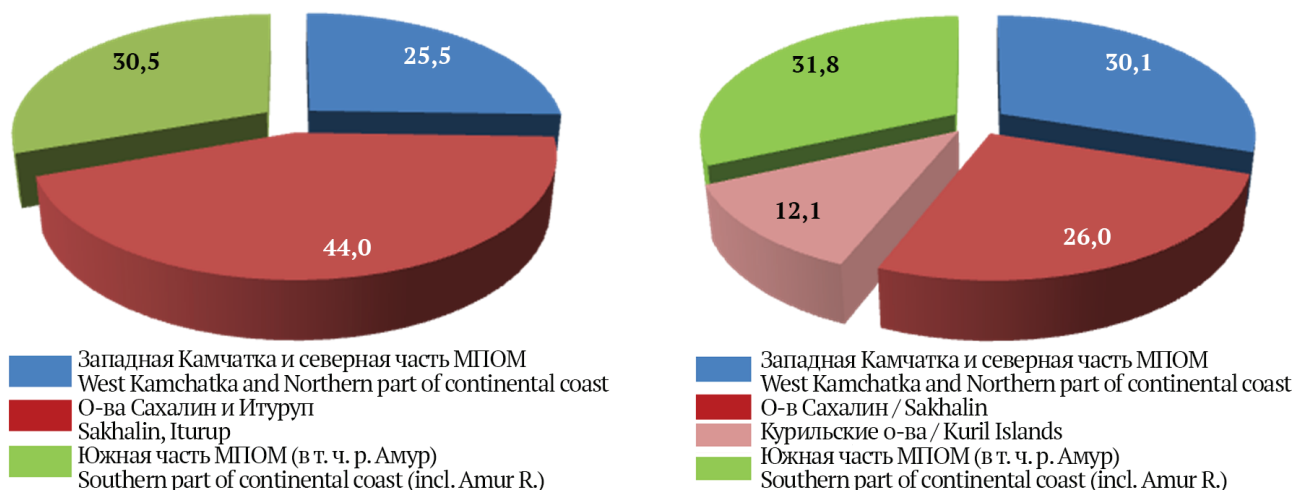


Рис. 4. Процентное соотношение молоди горбуши различных регионов Охотоморского бассейна в объединенных выборках из уловов осенней траловой съемки на НИС «Профессор Кагановский» и НИС «ТИНРО» в 2021 г. Слева — по результатам RFLP-анализа мтДНК, справа — по результатам анализа аллельной изменчивости SNP-локусов

Fig. 4. Percentage ratio of juvenile pink salmon from different locations of the Okhotsk Sea basin in combined samples from autumn trawl survey catches on R/V “Professor Kaganovsky” and “TINRO” in 2021. Left – based on RFLP analysis of mtDNA, right – based on the results of allelic variability analysis of SNP loci

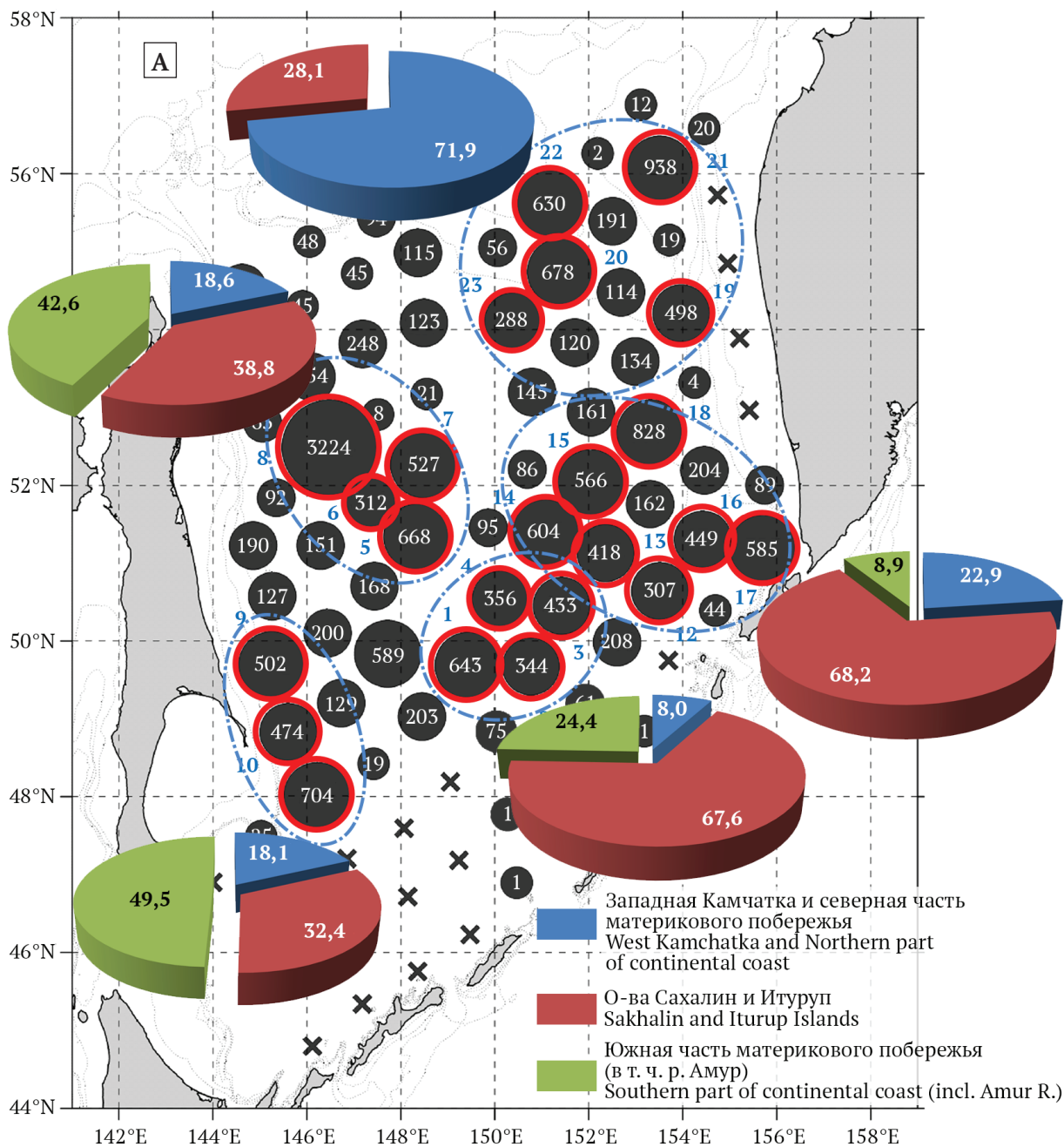


Рис. 5А. Процентное соотношение молоди горбуши различных регионов Охотоморского бассейна в группах выборок из уловов осенней траловой съемки на НИС «Профессор Кагановский» и НИС «ТИНРО» в 2021 г. По результатам RFLP-анализа мтДНК

Fig. 5A. Percentage ratio of juvenile pink salmon from different locations of the Okhotsk Sea basin in groups of samples from autumn trawl survey catches on R/V “Professor Kaganovsky” and R/V “TINRO” in 2021. According to RFLP analysis of mtDNA

борок преобладает южный комплекс стад. При RFLP-анализе всего массива выборок доля горбуши северного региона (Западная Камчатка и северная часть материкового побережья Охотского моря) составляет всего 25,5%, а с учетом погрешности метода может составить около трети всей учтенной численности. Сходные результаты для «северной» горбуши получены и при использовании SNP-маркеров, в данном случае ее доля составила 30,1%.

Необходимо отметить, что региональное распределение молоди в бассейне Охотского моря неравномерно, и по данным осенних траловых съемок предыдущих лет отмечено, что в северной части района исследований, как правило, преобладает горбуша северного

регионального комплекса, доля которой обычно существенно выше 50%. Так, например, по материалам съемки 2020 г., севернее 52° с. ш. горбуша Западной Камчатки и СчМПОМ была оценена в объеме 58%, в 2019 г. — 84%, 2018 г. — 82%, 2017 г. — 92% (Косицына и др., 2018, 2019, 2021), тогда как в 2021 г. в данном районе доля «северной» горбуши определена на существенно более низком уровне — 41,6%. Преобладание молоди Западной Камчатки и североохотоморского материкового побережья по результатам RFLP-анализа и анализа аллельной изменчивости SNP-локусов выявлено только в северо-восточной части района съемки 2021 г., составляя немногим более 70% и 90% соответственно (рис. 5).

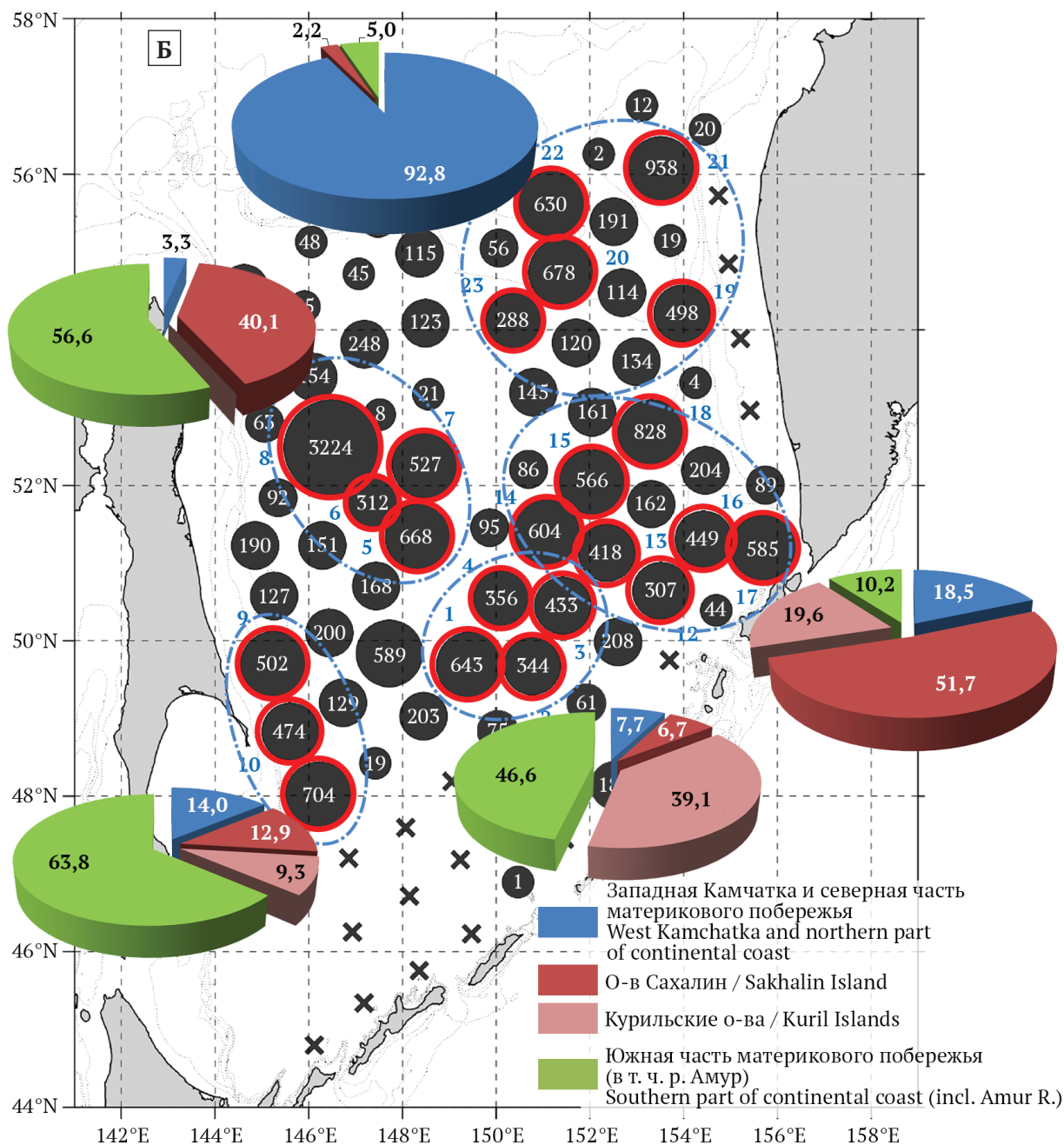


Рис. 5Б. Процентное соотношение молоди горбуши различных регионов Охотоморского бассейна в группах выборок из уловов осенней траловой съемки на НИС «Профессор Кагановский» и НИС «ТИНРО» в 2021 г. По результатам анализа аллельной изменчивости SNP-локусов
Fig. 5B. Percentage ratio of juvenile pink salmon from different locations of the Okhotsk Sea basin in groups of samples from autumn trawl survey catches on R/V "Professor Kaganovsky" and R/V "TINRO" in 2021. According to SNP-loci allelic variability analysis

В юго-восточной части района проведения съемки преобладает доля горбуши Сахалино-Курильского региона, что, по результатам исследований последних лет, как правило, является обычным в картине распределения молоди. При этом обращает на себя внимание нетипично высокая оценка присутствия горбуши условно южной части материкового побережья Охотского моря (Хабаровский край и Приморье), доля которой по результатам идентификации траловых уловов съемок 2009–2019 гг. (линия четных лет) варьировала от 0 до 8,7%, достигнув максимального уровня (16,8%) только в 2015 г. Доля особей данного регионального комплекса в наибольшей степени выражена на акватории к западу от 150° в. д. (рис. 5) и в целом составляет более 30% при анализе всей совокупности исследованных выборок.

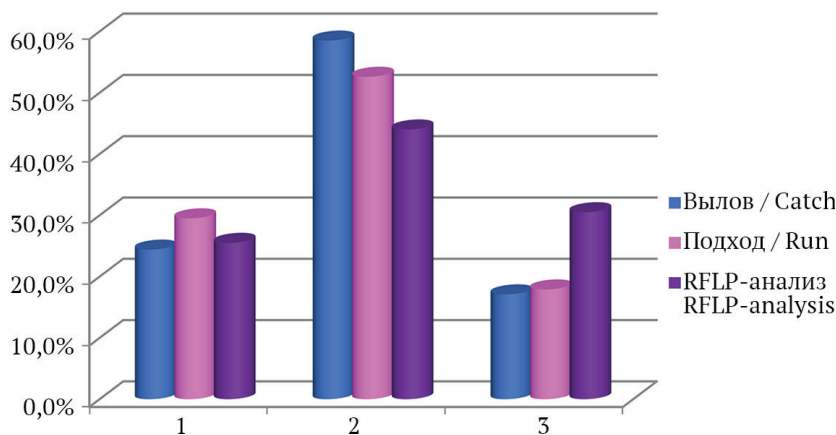
В целом можно заключить, что полученные по материалам съемки 2021 г. оценки регионального состава молоди горбуши являются нетипичными для поколений последних лет, когда основу нерестовых подходов составляла горбуша северных регионов Охотоморского бассейна, а наибольшие уловы данного вида тихоокеанских лососей наблюдались на западном побережье Камчатки. Для сравнения, по результатам идентификации уловов траловых съемок 2017 и 2019 гг. горбуша северного комплекса стад имела явное преимущество — 81,1% и 61,5% соответственно, в дальнейшем подтвержденное и соотношением нерестовых подходов в регионы воспроизводства.

Первые результаты генетической идентификации регионального состава молоди в период раннего морского нагула в Охотском море были получены по материалам съемки 2009 г.

Располагая в настоящее время данными по семи четным поколениям, необходимо отметить, что сравнимо низкая доля горбуши северных стад, как осенью 2021 г., была выявлена только в 2013 г. (Shpigalskaya et al., 2016), при этом в 2014 г. промыслом на Западной Камчатке было освоено всего 8,3 тыс. т горбуши. Таким образом, представленные материалы, характеризующие региональный состав молоди горбуши в Охотском море в осенний период 2021 г., предопределили необходимость учесть при обосновании объемов прогнозируемого вылова данного вида в регионах Охотоморского бассейна в 2022 г. относительно низкую долю молоди северного комплекса стад.

Несомненный интерес представляет возможность провести сравнение полученных по материалам съемки 2021 г. теоретических расчетных оценок доли молоди горбуши из различных регионов в период посткатадромных миграций в Охотском море и региональных уловов по итогам состоявшейся в 2022 г. лососевой путины, а также относительных оценок величины нерестовых подходов. На рисунках 6–7 представлено процентное соотношение фактических данных по региональной добыче (вылову), нерестовым подходам производителей горбуши в 2022 г. и расчетных оценок состава молоди горбуши из уловов осенней охотоморской траловой съемки в 2021 г. на основе изменчивости RFLP- и SNP-маркеров.

Можно отметить близкое соответствие расчетных оценок и фактических данных для северного комплекса стад (Западная Камчатка и северная часть материкового побережья Охотского моря), для которого доля от общего вылова по бассейну составляет 24,4%, подхода — 29,5%, а по результатам генетических исследо-



1. Западная Камчатка и северная часть МПОМ / West Kamchatka and Northern part of continental coast
2. О. Сахалин и Итуруп / Sakhalin, Iturup
3. Южная часть МПОМ / Southern part of continental coast

Рис. 6. Процентное соотношение фактических величин регионального вылова и нерестового подхода производителей горбуши в 2022 г., а также величин расчетной оценки регионального состава молоди горбуши из уловов осенней охотоморской траловой съемки в 2021 г. на основе изменчивости RFLP-маркеров

Fig. 6. Percentages of actual regional catch and spawning run values of pink salmon in 2022, as well as estimated values of regional composition of juvenile pink salmon from fall Okhotsk Sea trawl survey catches in 2021 based on RFLP marker variability

ваний оценки находятся на уровне 25,5% (RFLP-анализ) и 30,1% (SNP-маркеры), т. е. величина отклонения меньше стандартных ошибок расчетных оценок (табл. 6–7).

В то же время результаты обоих вариантов генетической идентификации оказались несколько заниженными для Сахалино-Курильского региона и, соответственно, завышенными для южной части материкового побережья Охотского моря (Хабаровский край и Северное Приморье). Объяснением этих погрешностей может служить меньшая степень дифференциации по использованным в анализе генетическим маркерам горбуши южных регионов (о. Сахалин, о. Итуруп и ЮЧМПМ), чем северного и южного комплексов стад. Данный тезис подтверждают приведенные ранее вероятностные оценки точности региональной идентификации (табл. 4–5), демонстрирующие большую ожидаемую ошибку при выявлении доли горбуши южных регионов воспроизводства Охотоморского бассейна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди тихоокеанских лососей для горбуши характерны самая высокая численность и наиболее широкий диапазон ее колебаний, что делает этот вид сложным объектом для прогнозирования. Это предопределяет актуальность и значимость информации, касающейся вопросов формирования численности поколений. Представленные результаты генетической идентификации молоди горбуши Охотоморского бассейна по данным рестрикционного анализа мтДНК и исследования однонуклеотидного полиморфизма использованы при подготовке материалов, обосновывающих объемы прогнозируемого вылова в регионах воспроиз-

водства в 2022 г., что позволило существенно скорректировать предварительные прогнозные ожидания. В полной мере подтвердилась вероятность численного преобладания нерестовых возвратов горбуши южного комплекса стад и резкого снижения ее подходов к западнокамчатскому побережью.

Система ядерных SNP-маркеров, впервые использованная для идентификации молоди горбуши в смешанных скоплениях, показала высокую разрешающую способность. Возможность и перспективность ее дальнейшего использования для решения подобных задач не вызывает сомнений.

Однако весьма актуальной остается проблема повышения точности результатов, получаемых с применением генетических методов. Для ее решения необходимо продолжение поисковых исследований и включение в панель генетических маркеров дополнительных информативных SNP-локусов, использование которых позволит более точно дифференцировать горбушу о. Сахалин, Курильских островов и южной части материкового побережья Охотского моря, а также различать стада горбуши Западной Камчатки и магаданского побережья. Другим направлением исследований является расширение и в дальнейшем обновление референсной базы данных, в составе которой должно быть представлено большинство относительно значимых по численности локальных популяций. Помимо этого мы предполагаем, что дополнительная погрешность при получении идентификационных оценок может быть связана с отсутствием в референсной базе выборок горбуши Японских островов. Вопрос о том, к какой региональной группе могут быть

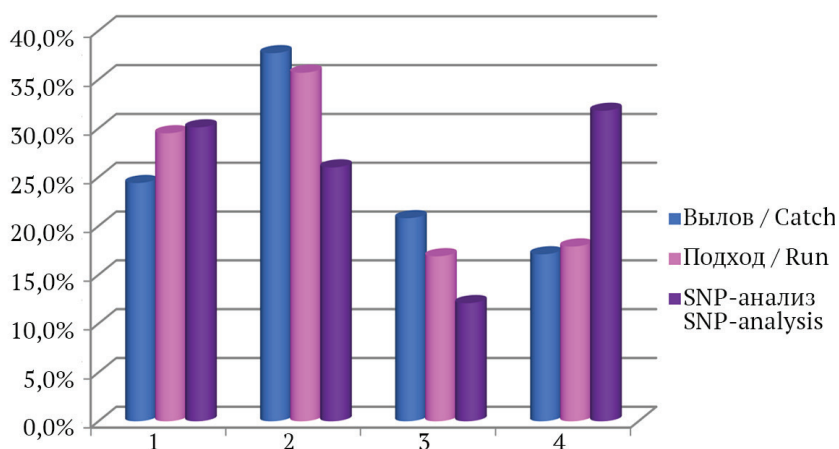


Рис. 7. Процентное соотношение фактических величин регионального вылова и нерестового подхода производителей горбуши в 2022 г., а также величин расчетной оценки регионального состава молоди горбуши из уловов осенней охотоморской траловой съемки в 2021 г. на основе изменчивости SNP-локусов Fig. 7. Percentages of actual regional pink salmon catch and spawning escapement in 2022 and estimated regional pink salmon juvenile fish composition from fall Okhotsk Sea trawl survey catches in 2021 based on SNP locus variability

1. Западная Камчатка и северная часть МПМ / West Kamchatka and Northern part of continental coast
2. О. Сахалин / Sakhalin
3. О. Итуруп / Iturup
4. Южная часть МПМ / Southern part of continental coast

отнесены эти особи, остается открытым, что, с учетом возможной масштабной флуктуации численности, в отдельные годы может существенно влиять на корректность получаемых результатов. Данный пробел также требует восполнения в ходе дальнейших исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Бугаев А.В., Чистякова А.И., Урава С. 2020а. Многолетние тенденции распределения и регионального состава уловов заводской молоди горбуши и кеты в период осенних миграций в бассейне Охотского моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 57. С. 67–98.

Бугаев А.В., Шпигальская Н.Ю., Зикунцова О.В., Артюхина Н.Б., Фельдман М.Г., Шубкин С.В., Коваленко М.Н. 2020б. Обзор итогов лососевой путины-2020 в Камчатском крае (Сообщение 1): Динамика и статистика промысла, оценки нерестового фонда // Бюллетень № 15 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. С. 17–43.

Зеленина Д.А., Косицына А.И., Сергеев А.А., Сошникова В.А., Шпигальская Н.Ю. 2022. Генетическая идентификация стад горбуши бассейна Охотского моря / Генетические процессы в популяциях: Матер. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 50-летию юбилею лаборатории популяционной генетики им. Ю.П. Алтухова ИОГен РАН и 85-летию со дня рожд. ак. Ю.П. Алтухова (11–14 октября 2022 г., Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва). М.: Ваш Формат. С. 26.

Косицына А.И., Шпигальская Н.Ю., Савенков В.В., Денисенко А.Д. 2021. Генетическая идентификация молоди горбуши Охотоморского бассейна по материалам осенней траловой съемки 2020 г. / Матер. XXII Междунар. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 139–141.

Косицына А.И., Шпигальская Н.Ю., Сараванский О.Н. 2018. Идентификация молоди горбуши Охотоморского бассейна по материалам осенней траловой съемки 2017 г. // Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире: Матер. III науч. школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвящ. 140-летию со дня рожд. К.М. Дерюгина. М.: ВНИРО. С. 105.

Косицына А.И., Шпигальская Н.Ю., Сараванский О.Н. 2019. Региональная идентификация молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) бассейна Охотского моря по матери-

алам осенней траловой съемки 2018 г. / Сб. тез. Междунар. конгресса «VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посвящ. 100-летию кафедры генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы» (Санкт-Петербург, 18–22 июня 2019 г.). С. 1029.

Шпигальская Н.Ю., Брыков Вл.А., Кухлевский А.Д., Сараванский О.Н., Климов А.В., Четвертак А.А., Шевляков Е.А. 2011. Региональная идентификация смешанных морских скоплений молоди горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum) на основе изменчивости фрагмента Cytb/D-лооп митохондриальной ДНК // Изв. ТИНРО. Т. 165. С. 89–103.

Шпигальская Н.Ю., Пильганчук О.А., Савенков В.В., Кустова А.С., Муравская У.О., Сараванский О.Н. 2012. Результаты исследований внутривидовой структуры промысловых видов рыб методами популяционной генетики // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 25. С. 69–97.

He C., Holme J., Anthony J. 2014. SNP genotyping: the KASP assay // Methods Mol Biol. Vol. 1145. P. 75–86.

Ivanova N.V., deWaard J., Hebert P.D.N. 2006. An inexpensive, automation-friendly protocol for recovering high-quality DNA // Mol. Ecol. Notes. Vol. 6. P. 998–1002.

Masuda M., Nelson S., Pella J. 1991. The computer programs for computing conditional maximum likely estimates of stock composition from discrete characters // NOAA Tech. Rep. NMFS № 244. Auke Bay Laboratory, Juneau, AK. 11 p.

Peakall R., Smouse P.E. 2006. GenAlEx 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research // Mol. Ecol. Notes. Vol. 6. P. 299–295.

Pella J., Masuda M., Nelson S. 1996. Search algorithms for computing stock composition of mixture from traits of individuals by maximum likelihood // NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC. № 61. 68 p.

Shpigalskaya N.Yu., Kositsina A.I., Muravskaya U.O., Saravansky O.N. 2016. Genetic identification of juvenile pink salmon improves accuracy of forecasts of spawning runs in the Okhotsk Sea basin // N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull. № 6. P. 415–420.

REFERENCES

Bugaev A.V., Chistyakova A.I., Urava S. Long term trends in the distribution and regional composition of catches of juvenile pink and chum salmon during autumn migrations in the Sea of Okhotsk basin. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2020, vol. 57, pp. 67–98. (In Russian)

- Bugaev A.V., Shpigalskaya N.Yu., Zikunova O.V., Artyukhina N.B., Feldman M.G., Shubkin S.V., Kovalenko M.N. Review of the results of the salmon season – 2020 in the Kamchatka Territory (Message 1): dynamics and statistics of the fishery, estimates of the spawning fund. *Bulleten of the study of Pacific salmon in the Far East*, 2020, no 15, pp. 17–43. (In Russian)
- Zelenina D.A., Kositsina A.I., Sergeev A.A., Soshnina V.A., Shpigalskaya N.Yu. Genetic identification of pink salmon herds in the Sea of Okhotsk basin. Genetic processes in populations. *Materials of International scientific conference, dedicated to the 50th Anniversary of the Laboratory of population genetics named after Academician Yuri P. Altukhov, and the 85th anniversary of the outstanding population geneticist Academician Yu.P. Altukhov (October 11–14, 2022, Vavilov Institute of General Genetics Russian Academy of Sciences, Moscow)*. Moscow: Vash format, 2022, 26 p.
- Kositsina A.I., Shpigalskaya N.Yu., Savenkov V.V., Denisenko A.D. Genetic identification of juvenile pink salmon in the Sea of Okhotsk basin based on the materials of the autumn trawl survey of 2020. *Materials of the XXI scientific conference “Preservation of a Biodiversity Kamchatka Territory and Adjacent Seas”*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2021, pp. 139–141. (In Russian)
- Kositsina A.I., Shpigalskaya N.Yu., Saravansky O.N. Identification of juvenile pink salmon in the Sea of Okhotsk basin based on the 2017 fall trawl survey. *Prospects offsheries and aquaculture in the contemporary world: materials of the Third International Scientific School of Young Scientists and Specialists on Fisheries and Ecology, Dedicated to the 140th Anniversary of the Birth of K.M. Deryugin*. Moscow: VNIRO, 2018, 105 p.
- Kositsina A.I., Shpigalskaya N.Yu., Saravansky O.N. Regional identification of juvenile pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) in the Sea of Okhotsk basin based on the materials of the 2018 fall trawl survey. *Collection of abstracts from VII Congress of Vavilov Society of Geneticists and Breeders dedicated to 100th Anniversary of Department of Genetics of Saint-Petersburg State University and Associated Symposia*. St. Petersburg, June 18–22, 2019, 1029 p.
- Shpigalskaya N.Yu., Brykov V.A., Kukhlevsky A.D., Saravansky O.N., Klimov A.V., Chetvertak A.A., Shevlyakov E.A. Regional identification of mixed marine aggregations of juvenile pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum) based on the variability of Cytb/D-loop mitochondrial DNA fragment. *Izvestia TINRO*, 2011, vol. 165, pp. 89–103. (In Russian)
- Shpigalskaya N.Yu., Pilganchuk O.A., Savenkov V.V., Kustova A.S., Muravskaya U.O., Saravansky O.N. Results of studies of intraspecific structure of commercial fish species by population genetics methods. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2012, vol. 25, pp. 69–97. (In Russian)
- He C., Holme J., Anthony J. SNP genotyping: the KASP assay. *Methods Mol Biol.*, 2014, vol. 1145, pp. 75–86.
- Ivanova N.V., deWaard J., Hebert P.D.N. An inexpensive, automation-friendly protocol for recovering high-quality DNA. *Mol. Ecol. Notes*, 2006, vol. 6, pp. 998–1002.
- Masuda M., Nelson S., Pella J. The computer programs for computing conditional maximum likely estimates of stock composition from discrete characters. *NOAA Tech. Rep. NMFS № 244, Auke Bay Laboratory, Juneau, AK*, 1991, 11 p.
- Peakall R., Smouse P.E. GenAlEx 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Mol. Ecol. Notes*. 2006, vol. 6, pp. 299–295.
- Pella J., Masuda M. and Nelson S. Search algorithms for computing stock composition of mixture from traits of individuals by maximum likelihood. *NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC*. 1996, № 61, 68 p.
- Shpigalskaya N.Yu., Kositsina A.I., Muravskaya U.O., Saravansky O.N. Genetic identification of juvenile pink salmon improves accuracy of forecasts of spawning runs in the Sea of Okhotsk basin. *N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull.*, 2016, № 6, pp. 415–420.

Информация об авторах

- А.И. Косицына — вед. специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
- Н.Ю. Шпигальская — канд. биол. наук, руководитель Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
- А.А. Сергеев — канд. биол. наук, ст. н. с., ВНИРО
- В.А. Сошина — специалист, ВНИРО
- В.В. Савенков — вед. специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
- А.Д. Денисенко — специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
- У.О. Муравская — специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
- Д.А. Зеленина — канд. биол. наук, вед. н. с., ВНИРО

Information about the authors

Anna I. Kositsyna – Leading Specialist
(KamchatNIRO)

Nina Yu. Shpigalskaya – Ph. D. (Biology), Head
of Kamchatka Branch of VNIRO (KamchatNIRO)

Alexey A. Sergeev – Ph. D. (Biology), Senior
Researcher (VNIRO)

Valeria A. Soshnina – Specialist (VNIRO)

Vladimir V. Savenkov – Leading Specialist
(KamchatNIRO)

Anastasiya D. Denisenko – Specialist
(KamchatNIRO)

Ulyana O. Muravskaya – Specialist
(KamchatNIRO)

Darya A. Zelenina – Ph. D. (Biology), Leading
Researcher (VNIRO)

Статья поступила в редакцию: 03.12.2022

Одобрена после рецензирования: 08.12.2022

Статья принята к публикации: 10.12.2022

Научная статья / Original article

УДК 575.17:597.553.2

doi:10.15853/2072-8212.2022.66.68-78



ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСАТЕЛЛИТНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA* (WALBAUM, 1792) Р. БОЛЬШОЙ

Пильганчук Оксана Александровна¹, Муравская Ульяна Олеговна¹, Зеленина Дарья Александровна²

¹Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, pilganchuk.o.a@kamniro.ru, muravskaya.u.o@kamniro.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва, Россия, zelenina@vniro.ru

Аннотация. В работе представлены результаты исследования генетической изменчивости у нерки р. Большой по семи микросателлитным локусам. Показано, что в бассейне р. Большой обитает стадо со сложной иерархической организацией. На основании данных по микросателлитной изменчивости в изучаемой локальности у нерки выявлены различные темпоральные группировки (ранняя и поздняя расы в оз. Начикинском) и экологические формы (речная и озерная).

Ключевые слова: популяционно-генетическая структура, нерка (*Oncorhynchus nerka*), микросателлитные локусы, генетическая дифференциация

Благодарности: работа выполнена в рамках госзадания ФГБНУ «ВНИРО» и при поддержке гранта Минобрнауки РФ (соглашение № 075-15-2021-1084).

Для цитирования: Пильганчук О.А., Муравская У.О., Зеленина Д.А. Исследование микросателлитной изменчивости нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) р. Большой // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. № 66. С. 68–78.

STUDY OF SOCKEYE SALMON *ONCORHYNCHUS NERKA* (WALBAUM, 1792) MICROSATELLITE VARIABILITY IN BOLSHAYA RIVER

Oksana A. Pilganchuk¹, Uliana O. Muravskaya¹, Daria A. Zelenina²

¹Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, pilganchuk.o.a@kamniro.ru, muravskaya.u.o@kamniro.ru

²Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia zelenina@vniro.ru

Abstract. The paper presents results of the study of genetic variability in Bolshaya River sockeye salmon by 7 microsatellite loci. A complex hierarchical organization is shown for the stock in the Bolshaya River basin. Different temporal groupings (early and late races in Nachikinskoe Lake) and ecological forms (riverine and lakustrine) were identified in this locality based on the analysis of microsatellite variability data.

Keywords: population-genetic structure, sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*), microsatellite loci, genetic differentiation

Acknowledgments: this work was performed within the framework of the State Assignment of the FSBSI “VNIRO” and with the support of a grant from the Ministry of Education and Science of the RF (Agreement No 075-15-2021-1084).

For citation: Pilganchuk O.A., Muravskaya U.O., Zelenina D.A. Study of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) microsatellite variability in Bolshaya River // The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 66. P. 68–78. (In Russian)

Озерно-речная система р. Большой — одна из наиболее крупных и значимых в промысловом отношении на Камчатском полуострове. В бассейне реки нерестится многочисленное стадо нерки (*Oncorhynchus nerka*), уловы которой колеблются в разные годы от нескольких десятков до сотен тонн (Бугаев, 1995). Река включает в себя множество притоков, наиболее протяженными из которых являются реки Быстрая и

Плотникова; в бассейне последней расположено довольно крупное озеро — Начикинское.

Известно, что стадо нерки р. Большой представлено двумя сезонными расами — ранней (весенней) и поздней (летней), а также двумя экологическими формами — озерной (преимущественно из оз. Начикинского) и речной (Крохин, Крогиус, 1937; Бугаев и др., 2002; Запорожец, Запорожец, 2013). Весенняя нерка обычно

заходит в реку в мае–июне, а летняя — в июле–августе и нерестится до поздней осени (Запорожец, Запорожец, 2013). Первые генетические исследования в бассейне реки в оз. Начикинском, основанные на изучении полиморфизма белковых локусов, выявили сложную иерархически организованную структуру популяции озера, стабильную в ряду поколений (Варнавская и др., 1988). Позже с использованием белковых и различных типов ДНК-маркеров (RAPD, микросателлиты, SNP-локусы) были проанализированы отдельные выборки из бассейна реки Большой (Варнавская, 2006; Зеленина и др., 2006; Пильганчук и др., 2017; Хрусталева и др., 2010, 2017), однако ни в одной из этих работ не были затронуты вопросы популяционно-генетической структуры нерки данного региона. Таким образом, на сегодня данные по структуре нерки стада р. Большой носят фрагментарный характер, и вне всякого сомнения, этот вопрос требует детального изучения. Пред-

ставленная работа посвящена сравнительному анализу выборок нерки из различных локальностей бассейна, представляющих различные экологические формы и сезонные расы.

Целью настоящего исследования является характеристика генетической изменчивости и дифференциации нерки бассейна р. Большой по частотам аллелей микросателлитных локусов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал для проведения исследования был собран в бассейне р. Большой (рис. 1, табл. 1). У свежевыловленных рыб отрезали фрагменты плавников и фиксировали в 96%-м этиловом спирте. Все выборки, за исключением таковой из р. Ключевки, собраны в период нерестового хода. На нерестилищах оз. Начикинского материал собирался в разные сроки нерестового хода (июль и сентябрь). Выборка из р. Ключевки представлена молодью заводского происхождения.

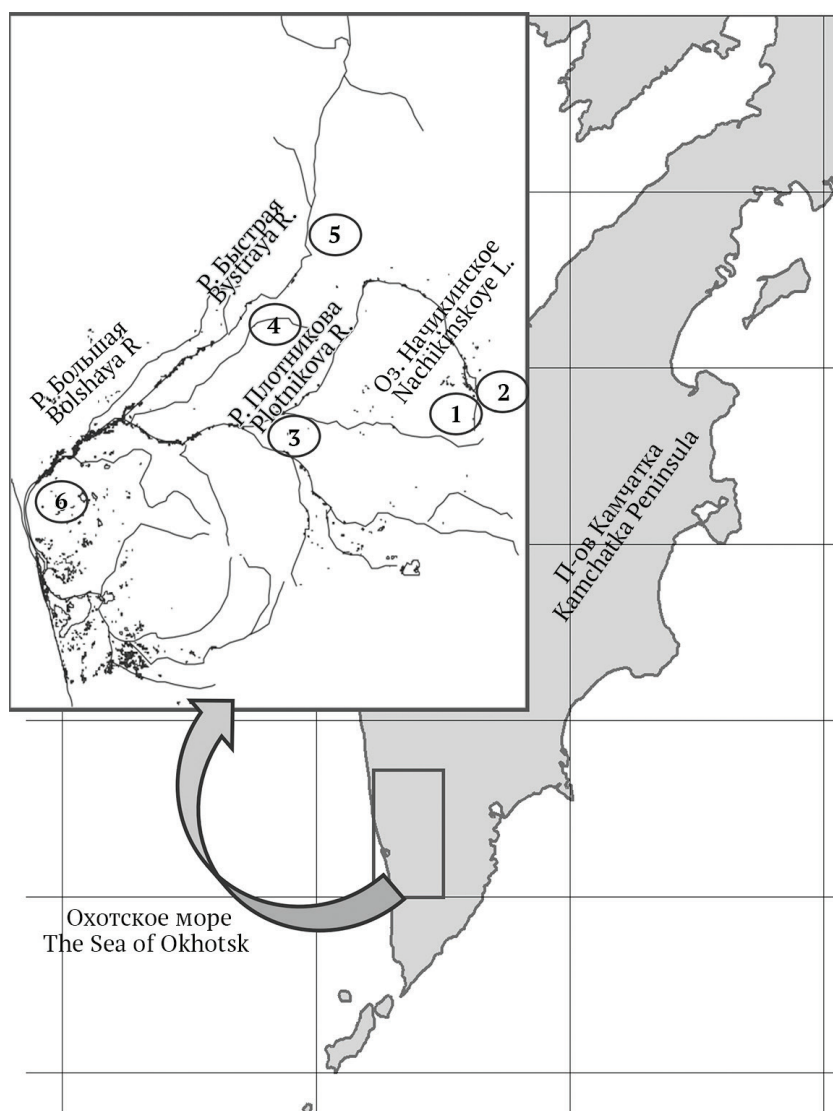


Рис. 1. Карта-схема сбора материала в бассейне р. Большой. 1 — NACH-L; 2 — NACH-E; 3 — PLOT; 4 — MALKI; 5 — BYSTR; 6 — BOLSH. Обозначения выборок приведены в табл. 1

Fig. 1. Schematic chart of data sampling in the Bolshaya River basin. 1 — NACH-L; 2 — NACH-E; 3 — PLOT; 4 — MALKI; 5 — BYSTR; 6 — BOLSH. Designations for the samples are given in Table 1

Для проведения популяционно-генетического анализа были выбраны семь микросателлитных локусов, разработанных для исследования лососевых рыб: *Oki1a*, *Oki1b*, *Oki6*, *Ots107*, *OtsG68*, *One104*, *One109* (табл. 2). Шесть из семи локусов характеризуются тетраплекотидными повторами, а *Oki6* является динуклеотидом. Два локуса, *Oki1a* и *Oki1b*, амплифицированные с использованием одной пары праймеров, различались размерами аллельных вариантов (108–120 п. н. и 144–160 п. н.) и демонстрировали независимую изменчивость.

Тотальную ДНК выделяли стандартным методом (Маниатис и др., 1984). Условия проведения ПЦР описаны в работе Афанасьева с соавторами (Афанасьев и др., 2006). В качестве маркера длин фрагментов использовали ДНК плазмиды pBR322, обработанную рестриктазой *HpaII*. Продукты амплификации разделяли в 6%-м неденатурирующем полиакриламидном геле в 0.5×TBE-буфере, pH 8.0 (Маниатис и др., 1984) при 300В, окрашивали бромистым этидием и фотографировали в УФ-свете.

В программном пакете GDA рассчитывали частоту аллелей, ожидаемую H_e и наблюдаемую H_o гетерозиготности, среднее число аллелей на локус, оценку межпопуляционной дифференциации θ_{st} (Вейр, 1995), бутстрэп-интервал для θ_{st} , индекс фиксации f (Вейр, 1995), соответ-

ствие распределению Харди–Вайнберга (Lewis, Zaykin, 2001). Оценки аллельного разнообразия, скорректированные для единого минимального объема выборки, рассчитывали в FSTAT 2.9.3 (Goudet, 1995). Уровень значимости для множественных тестов корректировали с помощью поправки Бенджамини–Хохберга (Benjamini, Hochberg, 1995).

В качестве меры количественной оценки различий между популяциями использовали генетические дистанции, рассчитанные по методу М. Нея (Nei, 1987). Для оценки информативности микросателлитных локусов вычисляли показатель уровня информационного полиморфизма (polymorphism information content, *PIC*) в программном приложении Cervus 3.0.7 (Botstein et al., 1980). Показатель генетической дифференциации F_{st} рассчитывали с помощью программы Arlequin ver. 3.5 (Excoffier, Lischer, 2010). Иерархический анализ молекулярной дисперсии AMOVA для оценки внутри- и межпопуляционной изменчивости, а также уровня различий между группами популяций проводили в программе Arlequin ver. 3.5. Для выявления нуль-аллелей использовали программу Micro-Checker (Van Oosterhout et al., 2004). Анализ главных координат (PCoA) проводили в программе GenAlEx6 (Peakall, Smouse, 2006).

Таблица 1. Характеристика материала, отобранного для исследования популяционно-генетической изменчивости нерки бассейна р. Большой
Table 1. Characteristics of the data collected for the study of population-genetic variability of the Bolshaya River basin sockeye salmon

Место сбора Location of sampling	Дата сбора Date of sampling	Условное обозначение Designation	Объем выборки (экз.) Sample size (ind.)
Оз. Начикинское / Nachikinskoye L.	21.09.2011	NACH-L	30
Оз. Начикинское / Nachikinskoye L.	08.07.2010	NACH-E	30
Р. Плотникова / Plotnikova R.	1–11.08.2005	PLOT	31
Р. Ключевка / Kluchevka R.	Май / May 2018	MALKI	48
Р. Быстрая / Bystraya R.	11–20.08.2005	BYSTR	48
Устье р. Большой / Bolshaya R. mouth	28.07.2010	BOLSH	48
Всего / Total			235

Таблица 2. Характеристика микросателлитных локусов, использованных в работе
Table 2. Characteristics of the microsatellite loci used in the work

Локус Locus	Т отжига, °C T annealing, °C	Последовательность праймеров Primer sequence	Источник информации Data source
<i>Ots107</i>	51	F – ACA-GAC-CAG-ACC-TCA-ACA R – ATA-GAG-ACC-TGA-ATC-GGTA	Nelson, Beacham, 1999
<i>Oki1a</i>	57,5	F – AGG-ATG-GCA-GAG-CAC-CAC-T R – CAC-CAT-AAT-CAC-ATA-TTC-AGA	Smith et al., 1998
<i>Oki1b</i>	57,5	F – AGG-ATG-GCA-GAG-CAC-CAC-T R – CAC-CAT-AAT-CAC-ATA-TTC-AGA	Smith et al., 1998
<i>One104</i>	53,5	F – GCT-ACT-ACA-ATC-CTA-GTC-TGT-GAT-T R – CAT-CTT-CTT-CAG-TGG-CTG-TAG-AT	Olsen et al., 2000
<i>Oki6</i>	48	F – TCA-ACA-GAT-AGA-CAG-GTG-ACA-CA R – AAC-AGA-CAG-CTA-ATG-CAG-AAC-G	Smith et al., 1998
<i>One109</i>	53,5	F: AGG-GAG-AGA-AGA-GAG-GGA-GA R: CCT-CAG-AAG-TAG-CAT-CAG-CTC	Olsen et al., 2000
<i>OtsG68</i>	48	F – TAT-GAA-CTG-CAG-CTT-GTT-ATG-TTA-GT R – GTT-TCA-TGT-CGG-CTG-CTC-AAT-GTA	Williamson et al., 2002

Определение количества генетических кластеров выполняли в программе Structure 2.3.4 (Pritchard et al., 2000) с использованием метода численного моделирования Монте-Карло по схеме Марковских цепей при заданном числе K (вероятное число самостоятельных групп) от 1 до 6, модель “admixture”. Для каждого предполагаемого числа кластеров K анализ повторяли 10 раз. Количество генераций Марковских цепей составило 500 000 итераций при предварительном выборе стартовой точки (burn in) в течение 100 000 итераций. Наиболее вероятному числу кластеров соответствовало наибольшее среднее значение логарифма правдоподобия $\text{LnPr}(X|K)$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованных микросателлитных локусах число аллелей варьировало от 4 (*Oki1b*, *OtsG68*) до 21 (*One104*) (табл. 3). Общее число выявленных аллелей составило 62, среднее число аллелей на locus — 8,86. Аллельное разнообразие в выборках было рассчитано по минимальной выборке (оз. Начикинское) и изменялось от 2,77 до 15,69. Средняя наблюдаемая гетерозиготность заметно различалась между локусами, достигая наибольшего уровня в локусе *One104* (0,853) и наименьшего — в *Ots107* (0,188) (табл. 3). В некоторых локусах отмечен дефицит гетерозигот, наиболее выраженный в *Oki1b* (индекс фиксации — 0,236) (табл. 3). Значение индекса информационного полиморфизма (*PIC*) оказалось наименьшим для локуса *Ots107* (0,189), что свидетельствует о меньшей по сравнению с другими эффективности этого маркера при проведении популяционно-генетических исследований (табл. 3). В среднем по всем локусам показатель *PIC* составил 0,507, что указывает на высокую дискриминационную способность отобранных микросателлитных маркеров. Показатель межпопуляционной дифференциации

(θ_{st}) в среднем по семи локусам составил 4,28% (табл. 3) и оказался статистически значимым (95%-й бутстреп-интервал положительный, нижняя граница — 1,95, верхняя — 7,37). Максимальный вклад в дифференциацию нерки р. Большой внесли локусы *Oki1a*, *Oki1b* и *OtsG68*, все они характеризуются небольшим количеством аллелей — 4 или 5. Минимальный вклад внесли локусы *Ots107* и *One109*. Тем не менее мы не стали исключать эти локусы, так как они показали высокую эффективность при исследовании нерки восточного побережья Камчатки (Пильганчук и др., 2013) и будут использованы в дальнейших исследованиях.

Характеристики генетической изменчивости в выборках нерки бассейна р. Большой представлены в таблице 4. В большинстве случаев наблюдаемые распределения генотипов в изученных локусах не отличались от теоретических распределений Харди–Вайнберга. При введении поправки на множественные сравнения отклонения выявились только в трех выборках по локусам *Oki1b*, *One104* и *One109* (табл. 4). Неравновесие по сцеплению микросателлитных локусов не было обнаружено ни в одной из исследованных локальностей. Произведенные расчеты в программе Micro-Checker не выявили наличия «нуль-аллелей».

Значения попарных оценок генетической дифференциации F_{st} варьировали от 0 до 0,145 (табл. 5). Анализ попарной дифференциации выборок показал отсутствие различий между выборками с речных нерестилищ (реофильной формы), включая р. Ключевку, представленную молодью заводского разведения. Соответственно, для указанных пар величины дистанций Нея оказались наименьшими (табл. 5). Значимые различия наблюдались между выборками нерки озерной (оз. Начикинское) и речной форм нереста (все выборки реофильной формы

Таблица 3. Генетические характеристики микросателлитных локусов у нерки бассейна р. Большой
Table 3. Genetic characteristics of microsatellite loci in the Bolshaya River basin sockeye salmon

Локус / Locus	A/A_r	H_e	H_o	f	PIC	θ_{st}
<i>Ots107</i>	6/3,27	0,198	0,188	0,050	0,189	0,001
<i>Oki1a</i>	5/3,67	0,480	0,408	0,151	0,406	0,092
<i>Oki1b</i>	4/3,24	0,475	0,363	0,236	0,393	0,086
<i>One109</i>	15/10,60	0,875	0,847	0,032	0,861	0,006
<i>OtsG68</i>	4/2,77	0,519	0,504	0,027	0,401	0,073
<i>Oki6</i>	7/4,44	0,434	0,430	0,009	0,403	0,030
<i>One104</i>	21/15,69	0,902	0,853	0,054	0,894	0,025
Среднее / Mean	8,86/6,24	0,555	0,513	0,075	0,507	0,043

Примечание. A — число аллелей в локусе; A_r — число аллелей в локусе, скорректированное на минимальный размер выборки; H_e — средняя ожидаемая гетерозиготность; H_o — средняя наблюдаемая гетерозиготность; f — индекс фиксации, PIC (polymorphic information content) — величина информационного полиморфизма, θ_{st} — показатель дифференциации нерки

Note. A is a number of alleles at the locus; A_r is the number of alleles at the locus corrected for minimum sample size; H_e is mean expected heterozygosity; H_o is mean observed heterozygosity; f — fixation index, PIC (polymorphic information content) — value of information polymorphism, θ_{st} — differentiation index for sockeye salmon

из бассейна р. Большой). В оз. Начикинском различия подтверждены между представителями ранней (весенней) (08.07.2010) и поздней (летней) (21.09.2011) форм. Генетические расхождения Нея находились в пределах от 0,001 (между выборками из р. Быстрой и устьем

р. Большой) до 0,187 (между выборками оз. Начикинского разного времени нереста). Следует отметить, что значения различий между выборками разного времени хода превышают значения различий между экологическими формами.

Таблица 4. Генетическая изменчивость нерки бассейна р. Большой; выборки обозначены в соответствии с табл. 1
Table 4. Genetic variability of the Bolshaya River basin sockeye salmon; designation of the samples are given according to Table 1

Выборка Sample	Показатель Index	Микросателлитные локусы / Microsatellite loci							Среднее по выборке Mean for sample
		Ots107	Ok1a	Ok1b	One109	OtsG68	Ok16	One104	
NACH-L	A/A _r	3/2,99	3/3,00	4/3,87	9/8,83	3/3,00	6/6,00	16/15,56	6
	H _e	0,169	0,321	0,578	0,814	0,324	0,517	0,922	0,521
	H _o	0,179	0,367	0,333	0,700	0,308	0,615	0,931	0,490
	f	-0,055	-0,143	0,427	0,142	0,050	-0,196	-0,010	0,059
	p	0,345	0,654	0,004*	0,052	0,403	0,043	0,777	
NACH-E	A/A _r	4/3,85	4/3,98	3/2,87	10/9,97	3/3,00	3/2,98	12/11,87	6
	H _e	0,138	0,554	0,158	0,878	0,497	0,430	0,909	0,509
	H _o	0,143	0,533	0,133	0,900	0,500	0,467	0,862	0,505
	f	-0,033	0,037	0,156	-0,026	-0,006	-0,087	0,053	0,007
	p	0,220	0,604	0,209	0,988	0,923	0,752	0,478	
PLOT	A/A _r	4/3,84	4/3,82	4/3,82	11/10,61	2/2,00	5/4,81	14/13,88	6
	H _e	0,238	0,428	0,374	0,879	0,508	0,342	0,910	0,526
	H _o	0,226	0,323	0,290	0,677	0,484	0,355	0,935	0,470
	f	0,054	0,249	0,226	0,233	0,049	-0,038	-0,029	0,107
	p	0,328	0,071	0,089	0,003*	0,548	0,833	0,894	
MALKI	A/A _r	4/3,48	3/2,79	3/2,54	14/11,98	3/2,91	3/2,93	17/14,46	7
	H _e	0,184	0,455	0,423	0,883	0,531	0,433	0,887	0,542
	H _o	0,174	0,458	0,417	0,917	0,542	0,444	0,813	0,538
	f	0,055	-0,008	0,016	-0,039	-0,020	-0,027	0,085	0,008
	p	0,310	0,906	0,702	0,527	0,999	0,981	0,106	
BYSTR	A/A _r	4/3,50	5/4,29	4/3,33	11/10,10	3/2,54	5/4,54	17/14,46	7
	H _e	0,294	0,431	0,527	0,877	0,500	0,423	0,845	0,557
	H _o	0,250	0,417	0,479	0,854	0,542	0,375	0,708	0,518
	f	0,150	0,034	0,091	0,026	-0,085	0,116	0,163	0,070
	p	0,100	0,694	0,388	0,529	0,660	0,205	0,000*	
BOLSH	A/A _r	3/2,53	3/2,56	4/3,71	11/10,70	4/3,11	4/3,89	14/12,65	6
	H _e	0,138	0,459	0,501	0,876	0,499	0,410	0,859	0,535
	H _o	0,146	0,348	0,404	0,938	0,553	0,396	0,936	0,532
	f	-0,058	0,244	0,195	-0,071	-0,110	0,036	-0,091	0,006
	p	0,412	0,074	0,125	0,204	0,521	0,564	0,083	
Среднее по локусам Average by loci	A/A _r	3,6/3,27	3,6/3,67	3,6/3,23	11,0/10,60	3,0/2,77	4,3/4,44	15,0/15,69	6,3
	H _e	0,194	0,441	0,427	0,868	0,476	0,426	0,889	0,531
	H _o	0,186	0,408	0,343	0,831	0,488	0,442	0,864	0,509
	f	0,019	0,069	0,185	0,044	-0,021	-0,033	0,028	0,043
	p								

Примечание. A — число аллелей в локусе; A_r — число аллелей в локусе, скорректированное на минимальный размер выборки, H_e — ожидаемая гетерозиготность, H_o — наблюдаемая гетерозиготность, f — внутрипопуляционный коэффициент инбридинга, p — вероятность соответствия наблюдаемых генотипических распределений равновесию Харди-Вайнберга, * — статистически значимое отклонение от равновесия Харди-Вайнберга.

Note. A — number of alleles at the locus; A_r — number of alleles at the locus corrected for minimum sample size, H_e — expected heterozygosity, H_o — observed heterozygosity, f — intrapopulation inbreeding coefficient, p — probability of matching the observed genotypic distributions with Hardy-Weinberg equilibrium, * — statistically significant deviation from Hardy-Weinberg equilibrium.

Таблица 5. Значения попарных межвыборочных F_{st} (под диагональю) и дистанции Нея (над диагональю) при сравнении выборок нерки бассейна р. Большой
Table 5. Values of pairwise inter-sample F_{st} (below the diagonal) and Nei distance (above the diagonal) when comparing samples of sockeye salmon of the Bolshaya R.

Выборка / Sample	NACH-L	NACH-E	PLOT	MALKI	BYSTR	BOLSH
NACH-L		0,187	0,081	0,093	0,080	0,103
NACH-E	0,145		0,074	0,092	0,151	0,098
PLOT	0,062	0,061		0,004	0,014	0,007
MALKI	0,067	0,071	0,003		0,006	0,000
BYSTR	0,054	0,107	0,012	0,004		0,001
BOLSH	0,075	0,077	0,006	0,000	0,001	

Примечание. Жирным шрифтом обозначены значения F_{st}, при которых различия между выборками оказались статистически значимы. Выборки обозначены в соответствии с табл. 1
Note. Bold font indicates F_{st} values at which the differences between the samples were statistically significant. Samples are marked according to Table 1.

Результаты анализа выборок в пространстве главных координат представлены на рисунке 2. На рисунке видно, что все выборки реофильной формы образуют отдельный кластер. Для нерки оз. Начикинского продемонстрированы значительные отличия как от выборок реофильной формы из бассейна р. Большой, так и между ранней и поздней формами нерки в озере.

Оценка генетической структуры нерки бассейна р. Большой была выполнена с помощью байесовского анализа в программе Structure (рис. 3). Максимальное значение вероятности, соответствующее минимальной оценке лог-правдоподобия $\text{LnPr}(X|K)$, было найдено для $K = 3$, что свидетельствует в пользу присутствия в исследованной совокупности трех генетически различающихся групп.

Простейшая модель кластеризации ($K = 2$) позволила выделить из всей совокупности особей группу экземпляров ранней литоральной формы нерки оз. Начикинского. Дальнейшая кластеризация ($K = 3$) привела к образованию

кластера, который составила группа особей поздней литоральной формы оз. Начикинского. Третий кластер представлен группой выборок реофильной формы. Таким образом, распределение особей на три кластера отражает подразделенность популяционного комплекса бассейна р. Большой, в котором выделяются ранняя и поздняя расы озерной формы нерки из оз. Начикинского и речная (реофильная) форма из притоков и русла реки.

Для количественной оценки величины генетических различий между различными сезонно-экологическими группами в бассейне р. Большой мы провели иерархический анализ молекулярной дисперсии (AMOVA), для чего разложили общую молекулярную дисперсию на три иерархических уровня (табл. 6). Как и ожидалось, наибольшая часть молекулярного разнообразия (92,26%) приходится на внутривнутрипопуляционную компоненту, доля межгрупповой компоненты составила 7,38%, что значительно превосходит дисперсию между выборками внутри групп (0,35%).

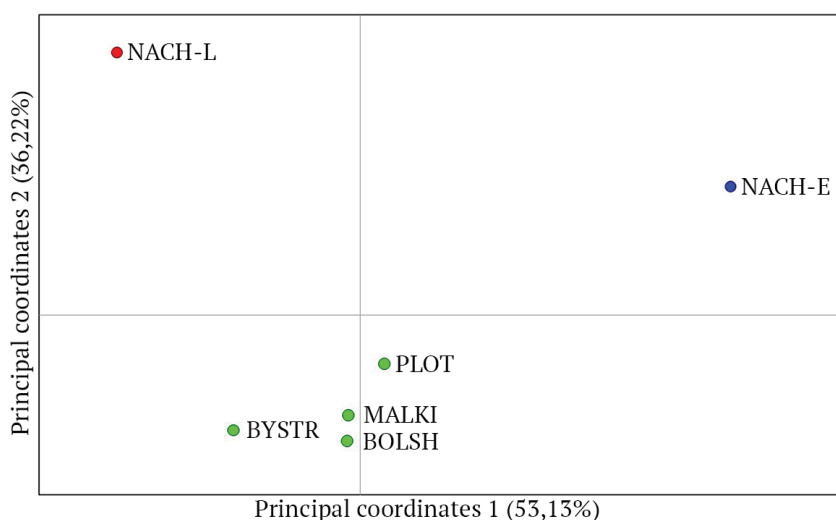


Рис. 2. Расположение выборок нерки бассейна р. Большой в пространстве главных координат по данным попарных сравнений F_{st} . Обозначения выборок приведены в табл. 1

Fig. 2. Location of sockeye salmon samples of the Bolshaya River basin in the space of principal coordinates according to the data of F_{st} pairwise comparisons. Designations of the samples are given in Table 1

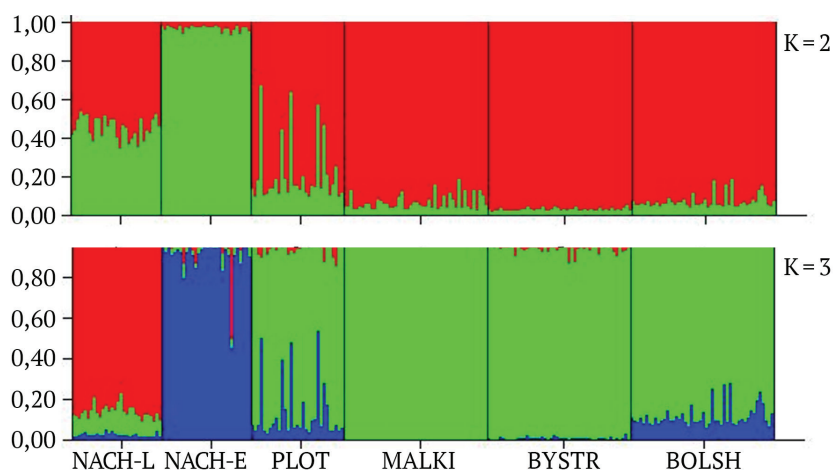


Рис. 3. Графическое представление результатов байесовского анализа шести выборок нерки из бассейна р. Большой, выполненного в программе Structure. K — предполагаемое количество генетических кластеров. Вероятности принадлежности образцов к каждому из кластеров отмечены на оси ординат. Обозначения выборок приведены в табл. 1

Fig. 3. Graphical representation of the results of Bayesian analysis of six samples of sockeye salmon from the Bolshaya River basin performed in the Structure program. K is the estimated number of genetic clusters. Probabilities of samples belonging to each cluster are marked on the ordinate axis. Designations of the sample are given in Table 1

Таблица 6. Результаты иерархического анализа AMOVA нерки бассейна р. Большой
 Table 6. Results of the AMOVA hierarchical analysis of the Bolshaya River basin sockeye salmon

Уровень различий Level of differences	d. f.	Абсолютные оценки Absolute estimates	Доля дисперсии Dispersion fraction (%)	Индекс фиксации Fixation index
Между группами / Between groups	2	0,14572	7,38	F_{ST} : 0,07385
Между выборками внутри групп Between samples in groups	3	0,00700	0,35	F_{SC} : 0,00383
Внутри выборок / Inside samples	464	1,82055	92,26	F_{ST} : 0,07739
Всего / Total	469	1,97326		

Полученные нами данные о генетической дифференциации нерки в бассейне р. Большой согласуются с концепцией о сложной внутри-видовой организации нерки, а именно ее подразделенности на сезонные и экологические формы, отличающиеся сроками нереста и типом осваиваемых нерестилищ (Алтухов, 2003). Наличие ярко выраженной иерархической структуры нерки р. Большой подтверждается высоким значением параметра θ_{st} — 4,28%, значительно превышающим аналогичный показатель в бассейне р. Камчатки — 1,95% (Пильганчук и др., 2019). Мы смогли провести сравнительную оценку полученных данных, поскольку в обоих случаях анализ проводился по одним и тем же микросателлитным локусам. Наибольший вклад в размер показателя межвыборочной дифференциации θ_{st} в бассейне р. Большой внесли локусы *Oki1a* (θ_{st} = 9,22%) и *Oki1b* (θ_{st} = 8,66%), а в бассейне р. Камчатки — *OtsG68* (θ_{st} = 4,25%) и *Oki1b* (θ_{st} = 3,67%). Генетическое разнообразие в бассейне р. Большой (средние оценки гетерозиготности в выборках: H_e = 0,509–0,557, среднее число аллелей: A = 6,0–7,0) существенно меньше чем у нерки в бассейне р. Камчатки: H_e = 0,562–0,640, среднее число аллелей: A = 6,6–8,3 (Пильганчук и др., 2019). Меньшее генетическое разнообразие выборок, вероятнее всего, связано с невысокой численностью стада р. Большой, по сравнению со стадом р. Камчатки, а также гораздо меньшей протяженностью реки, небольшим количеством притоков и малым количеством озер.

Использование различных методов кластеризации позволило показать, что все речные реофильные выборки однозначно объединяются в одну группу, а особи ранней и поздней формы оз. Начикинского в значительной степени дифференцированы как от выделенной группы, так и друг от друга. Присутствие в бассейне р. Большой трех генетически различающихся групп подтверждается анализом мультилокусных генотипов в пространстве главных компонент и программе Structure. По результатам расчетов молекулярной дисперсии

(AMOVA), уровень межгрупповой дифференциации выделенных группировок в разы превосходит внутригрупповой, что также позволяет сделать вывод о наличии сложной иерархической популяционной структуры нерки р. Большой, состоящей из группировок разного времени хода, относящихся к различным экологическим формам.

Нерестовые водоемы нерки по гидрологическим и морфологическим свойствам разделяются на три типа: речные, ключевые и озерные (Крохин, Крогиус, 1937; Крохин, 1960). По результатам наших наблюдений в бассейне р. Большой максимальные различия (F_{st} = 0,145) наблюдались при сравнении двух озерных выборок (оз. Начикинское) разного времени нереста (рис 2, 3). Как было отмечено ранее, нерестилища нерки весенней и летней рас расположены в разных частях озера (Крохин, Крогиус, 1937). Производители ранней расы нерки созревают в озерной котловине и нерестятся с июля до конца августа в основном в притоках озера, немного в ключах и в очень малом количестве на озерной литорали (Запорожец, Запорожец, 2022). Для особей весенней расы характерны относительно небольшие размеры и хорошо выраженная прогонистость тела (Коновалов, Шевляков, 1980; Запорожец, Запорожец, 2013). Производители поздней расы созревают в озере (преимущественно на глубине) и нерестятся с августа по декабрь, по большей части в озерной литорали, а также в ключах и притоках (Запорожец, Запорожец, 2022). Таким образом, места нереста у разных форм и сроки у сезонных рас могут частично перекрываться.

Длительное время в популяции оз. Начикинского численность весенней расы более чем в 10 раз превышала количество летней (Варнаевская и др., 1988). В последнее десятилетие доля производителей поздней расы в озере существенно возросла (Запорожец и др., 2020a). Есть предположение, что это связано с большей устойчивостью запасов поздней нерки по сравнению с ранней расой в связи с более высоким биологическим разнообразием ее по-

пуляционных группировок (Запорожец и др., 2020а). В нашем исследовании оценки внутрипуляционного генетического разнообразия ранней и поздней нерки в среднем были довольно близки. Заметные отличия наблюдались только по двум локусам (*Oki6*, *One104*); интересно отметить, что аллельное разнообразие в выборке поздней расы было ниже. В то же время наиболее критические различия между выборками заключались в разнице в частотах аллелей локусов *Oki1a*, *Oki1b*, *One109* и *Ots107*. Заметная дивергенция, вероятнее всего, может объясняться наличием значительного временного интервала между сроками подхода различных сезонных группировок к местам нереста (Запорожец и др., 2020б). С другой стороны, выраженные генетические отличия ранней и поздней нерки оз. Начикинского гипотетически могут быть обусловлены их разным происхождением, связанным с историей колонизации данного водоема в периоды палеоклиматических осцилляций в Северном полушарии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ изменчивости семи микросателлитных локусов у нерки в бас. р. Большой выявил высокий уровень дифференциации включенных в анализ выборок (среднее значение θ_{st} составило 4,28). Полученные результаты показали, что генетическая структура стада реки представлена двумя основными уровнями дифференциации: на уровне 1) экологических форм и 2) темпоральных группировок. Первый уровень представлен речными (реофильными) выборками бас. р. Большой и оз. Начикинского (литоральными). Второй уровень представлен выборками оз. Начикинского раннего времени хода (весенней) и позднего (летней). Анализ молекулярной варимансы (AMOVA) подтверждает наличие данной иерархической структуры: различия между группами особей из различных сезонно-экологических форм в разы превосходят различия между выборками внутри групп.

Представленная работа выявила наличие сложной популяционно-генетической структуры у нерки бассейна р. Большой, и, вне всякого сомнения, эта проблема заслуживает углубленного изучения. Мы планируем расширить количество исследованных выборок и спектр используемых генетических маркеров, что позволит нам детально проанализировать различные характеристики этой важной в промысловом отношении группировки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Алтухов Ю.П. 2003. Генетические процессы в популяциях. М.: ИКЦ «Академкнига». 431 с.
- Афанасьев К.И., Рубцова Г.А., Малинина Т.В., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т., Животовский Л.А. 2006. Микросателлитная изменчивость и дифференциация популяций кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum), воспроизводимых сахалинскими рыбобreedными заводами // Генетика. Т. 42. № 12. С. 1694–1702.
- Бугаев В.Ф. 1995. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности). М.: Колос. 464 с.
- Бугаев В.Ф., Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю., Маслов А.В. 2002. Некоторые особенности биологии нерки *Oncorhynchus nerka* р. Большой (Западная Камчатка) и факторы, влияющие на ее биологические показатели // Изв. ТИНРО. Т. 130-2. С. 758–776.
- Варнавская Н.В. 2006. Генетическая дифференциация популяций тихоокеанских лососей. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 488 с.
- Варнавская Н.В., Варнавский В.С., Вецлер И.И., Непомнящий К.Ю. 1988. Особенности пространственной генетической дифференциации популяций нерки (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) Начикинского, Двухюрточного, Дальнего и Ближнего озер (Камчатка) // Генетика. Т. 24. № 4. С. 723–731.
- Вейр Б. 1995. Анализ генетических данных. М.: Мир, 400 с.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2013. Структура запасов нерки бассейна р. Большой (Западная Камчатка) в период 1986–2012 гг. // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: доклады XII–XIII Междунар. науч. конф. (Петропавловск-Камчатский, 14 декабря 2011 г., 15 ноября 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 107–116.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2022. Производители нерки в бассейне Начикинского озера (Юго-Западная Камчатка): биология и численность // Изв. ТИНРО. Т. 202. № 2. С. 351–368.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Фельдман М.Г. 2020а. Оценка численности производителей нерки и их распределение по нерестовым станциям в бассейне Начикинского озера (Камчатка) в 2019 // Изв. ТИНРО. Т. 200, № 3. С. 618–634.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В., Фельдман М.Г. 2020б. Исследования нереста нерки в бассейне Начикинского озера (Юго-Западная Камчатка) с помощью квадрокоптера в 2018 г. / Исслед. водн.

биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 56. С. 35–62.

Зеленина Д.А., Хрусталева А.М., Волков А.А. 2006. Сравнительное исследование популяционной структуры и определение популяционной принадлежности нерки (*Oncorhynchus nerka*) Западной Камчатки с помощью RAPD-PCR и анализа полиморфизма микросателлитных локусов // Генетика. Т. 42, № 5. С. 693–704.

Коновалов С.М., Шевляков А.Г. 1980. Наследование размеров, формы и массы тела у тихоокеанских лососей // Популяционная биология и систематика лососевых. Владивосток: ИБМ ДВНЦ АН СССР. С. 30–50.

Крохин Е.М. 1960. Нерестилища красной *Oncorhynchus nerka* Walb. (очерк геоморфологии, температурного режима и гидрохимии) // Вопр. ихтиологии. Т. 16. С. 89–110.

Крохин Е.М., Крогиус Ф.В. 1937. Очерк бассейна р. Большой и нерестилищ лососевых, расположенных в нем // Изв. ТИНРО. Т. 9. 157 с.

Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. 1984. Молекулярное клонирование. М.: Мир. 479 с.

Пильганчук О.А., Шпигальская Н.Ю., Денисенко А.Д. 2017. Изменчивость микросателлитных локусов нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) западного побережья Камчатки, материкового побережья Охотского моря и Курильских островов / Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление: Матер. Всерос. науч. конф. (Петропавловск-Камчатский, 03–06 октября 2017 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 190–194.

Пильганчук О.А., Шпигальская Н.Ю., Денисенко А.Д., Савенков В.В. 2019. Генетическая дифференциация нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) бассейна р. Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 53. С. 41–56.

Пильганчук О.А., Шпигальская Н.Ю., Савенков В.В., Сараванский О.Н., Базаркин Г.В., Ельников А.Н. 2013. Изменчивость микросателлитных локусов нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) восточного побережья Камчатки // Биология моря. Т. 39, № 4. С. 272–280.

Хрусталева А.М. 2010. Вариабельность размерно-возрастных показателей и генетическая изменчивость нерки *Oncorhynchus nerka* западного побережья Камчатки: сравнительный анализ методов дифференциации локальных популяций // Вопр. ихтиологии. Т. 50, № 3. С. 305–317.

Хрусталева А.М., Волков А.А., Стоклицкая Д.С., Мюге Н.С., Зеленина Д.А. 2010. Сравнительный анализ изменчивости STR- и SNP-локусов в по-

пуляциях нерки (*Oncorhynchus nerka*) Восточной и Западной Камчатки // Генетика. Т. 46, № 11. С. 1544–1555.

Хрусталева А.М., Пономарева Е.В., Пономарева М.В., Кловач Н.В. 2017. Исследование однонуклеотидного полиморфизма ДНК в популяциях нерки Камчатки, северо-западного побережья Охотского моря и Чукотки // Изв. ТИНРО. Т. 190. С. 18–32.

Benjamini Y., Hochberg Y. 1995. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing // Journal of the Royal Statistical Society B. Vol. 57 (1). P. 289–300.

Botstein D., White R.L., Skolnick M.H., Davis R.W. 1980. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms // Am. J. Hum. Genet. Vol. 32. P. 314–331.

Excoffier L., Lischer H.E.L. 2010. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows // Mol. Ecol. Res. Vol. 10. P. 564–567. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02847.x>

Goudet J. 1995. FSTAT (version 1.2): a computer program to calculate F-statistics // J. Heredity. Vol. 86. P. 485–486.

Lewis P.O., Zaykin D. 2001. Genetic data analysis: computer program for the analysis of allelic data. Version 1.0 (d16c). Free program distributed by the authors over the internet from <http://lewis.eeb.uconn.edu/lewishome/software.html>.

Nei M. 1987. Molecular evolutionary genetics. N.Y.: Columbia Univ. press. 512 p.

Nelson R.J., Beacham T.D. 1999. Isolation cross species amplification of microsatellite loci useful for study of Pacific salmon // Animal Genetics. Vol. 30. P. 228–229.

Olsen J.B., Wilson S.L., Kretschmer E.J., Jones K.C., Seeb J.E. 2000. Characterization of 14 tetranucleotide microsatellite loci derived from sockeye salmon // Mol. Ecol. Vol. 9. P. 2185–2187.

Peakall R., Smouse P.E. 2006. GENALEX 6: Genetic analysis in excel. population genetic software for teaching and research // Mol. Ecol. Vol. 6. P. 288–295.

Pritchard J.K., Stefens M., Donnelly P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data // Genetics. Vol. 155. P. 945–959.

Smith C.T., Koop B.F., Nelson R.J. 1998. Isolation and characterization of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) microsatellites and their use in other salmonids // Mol. Ecol. Vol. 7. P. 1613–1621.

Van Oosterhout C., Hutchinson W.F., Wills D.P.M., Shipley P. 2004. Micro-checker: software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data // Mol. Ecol. Notes. Vol. 4. № 3. P. 535–538.

Williamson K.S., Cordes J.F., May B. 2002. Characterization of microsatellite loci in Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and cross-species amplification in other salmonids // Mol. Ecol. Notes. Vol. 2. P. 17–19.

REFERENCES

Altukhov Yu.P. *Geneticheskie protsessy v populyatsiyakh* [Genetic processes in populations]. Moscow: Akademkniga, 2003, 431 p.

Afanasyev K.I., Rubtsova G.A., Malinina T.V., Salmenkova E.A., Omelchenko V.T., Zhivotovsky L.A. Microsatellite variability and differentiation in populations of chum salmon (*Oncorhynchus keta* Walbaum) reproduced by Sakhalin salmon hatcheries. *Genetics*, 2006, vol. 42, № 12, pp. 1694–1702. (In Russian)

Bugaev V.F. *Aziatskaya nerka (presnovodnyi period zhizni, struktura lokalnykh stad, dinamika chislennosti)* [Asian sockeye salmon (freshwater period of life, structure of local stocks, abundance dynamics)]. Moscow: Kolos, 1995, 464 p.

Bugaev V.A., Ostroumov A.G., Nepomnyaschiy K.Yu., Maslov A.V. Some features of *Oncorhynchus nerka* biology in the Bolshaya River (Western Kamchatka) and factors influencing its biological characteristics. *Izvestiya TINRO*, 2002, vol. 130-2, pp. 758–776. (In Russian)

Varnavskaya N.V. *Geneticheskaya differentsiatsiya populyatsiy tokhookeanskikh lososey* [Genetic differentiation of Pacific salmon populations]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2006, 488 p.

Varnavskaya N.V., Varnavsky V.S., Vetsler I.I., Nepomnyaschiy K.Yu. Features of spatial genetic differentiation of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) populations of Nachikinskoye, Dvukhyurchinoe, Dalneye and Blizhneye Lakes (Kamchatka). *Genetics*, 1988, vol. 24, № 4, pp. 723–731. (In Russian)

Weir B. *Analiz geneticheskikh dannykh* [Analysis of Genetic Data.]. Moscow: Mir, 1995, 400 p. (In Russian)

Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V. Structure of sockeye salmon stock in the Bolshaya River basin (Western Kamchatka) for the period 1986–2012. *Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters: abstracts of the XII–XIII international scientific conferences, Petropavlovsk-Kamchatsky, December 14, 2011 and November 15, 2012*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2013, pp. 107–116. (In Russian)

Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V. Sockeye salmon spawners in the Nachikinskoye Lake basin (Southwestern Kamchatka): biology and abundance. *Izvestiya TINRO*, 2022, vol. 202, № 2, pp. 351–368. (In Russian)

Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V., Feldman M.G. Quadcopter survey of sockeye salmon spawning in the Nachikinskoye Lake basin (Southwestern Kamchatka) in 2018. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2020, № 56, pp. 35–62. (In Russian)

Zaporozhets O.M., Zaporozhets G.V., Feldman M.G. An assessment of sockeye salmon spawning abundance and distribution on spawning sites in the Nachikinskoye Lake basin (Kamchatka) in 2019. *Izvestiya TINRO*, 2020, vol. 200, № 3, pp. 618–634. (In Russian)

Zelenina D.A., Khrustaleva A.M., Volkov A.A. Comparative study of the population structure and population identity identification of West Kamchatka sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) using RAPD-PCR and polymorphism analysis of microsatellite loci. *Genetics*, 2006, vol. 42, № 5, pp. 693–704. (In Russian)

Konovalov S.M., Shevlyakov A.G. *Nasledovanie razmerov, formy i massy tela u tikhookeanskikh lososey* [Inheritance of size, shape and body weight in Pacific salmon]. *Populyatsionnaya biologiya i sistematika lososevykh* [Population biology and systematics of salmonids]. Vladivostok: A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology FEB USSR Academy of sciences, 1980, pp. 30–50.

Krokhin E.M. Spawning grounds of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* Walb. (an essay on geomorphology, temperature regime, and hydrochemistry). *Problems of Ichthyology*, 1960, vol. 16, pp. 89–110. (In Russian)

Krokhin E.M., Krogus F.V. Essay on the Bolshaya River basin and salmonid spawning grounds located in it. Vladivostok: *Izvestiya TINRO*, 1937, vol. 9, 157 p. (In Russian)

Maniatis T., Fritsch E.F., Sambrook J. *Molekulyarnoe klonirovanie* [Molecular Cloning.]. Moscow: Mir, 1984, 479 p.

Pilganchuk O.A., Shpigalskaya N.Yu., Denisenko A.D. Variability in microsatellite loci of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) from the western coast of Kamchatka, the continental coast of the Sea of Okhotsk, and the Kuril Islands. *Vodnyye biologicheskiye resursy Rossii: sostoyaniye, monitoring, upravleniye. Sb. mater. Vseros. nauch. konf. (3–6 oktyabrya 2017 g., Petropavlovsk-Kamchatsky)*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2017, pp. 190–194. (In Russian)

Pilganchuk O.A., Shpigalskaya N.Yu., Savenkov V.V., Saravansky O.N., Bazarkin H.V., Yelnikov A.N. Variability in microsatellite loci of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) of the eastern

coast of Kamchatka. *Biologiya Morya*, 2013, vol. 39, № 4, pp. 272–280. (In Russian)

Khrustaleva A.M. Size-age and genetic variability in sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* of the western coast of Kamchatka: comparative analysis of methods for differentiation of local populations. *Problems of Ichthyology*, 2010, vol. 50, № 3, pp. 305–317. (In Russian)

Khrustaleva A.M., Volkov A.A., Stoklitskaya D.S., Muge N.S., Zelenina D.A. Comparative analysis of STR- and SNP-loci variability in Eastern and Western Kamchatka sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) populations. *Genetics*, 2010, vol. 46, № 11, pp. 1544–1555. (In Russian)

Khrustaleva A.M., Ponomareva E.V., Ponomareva M.V., Klovach N.V. Examining single nucleotide DNA polymorphism in the populations of sockeye salmon of Kamchatka, the northwestern coast of the Sea of Okhotsk, and Chukotka. *Izvestiya TINRO*, 2017, vol. 190, pp. 18–32. (In Russian)

Benjamini Y., Hochberg Y. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1995, vol. 57 (1), pp. 289–300.

Botstein D., White R.L., Skolnick M.H., Davis R.W. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *Am. J. Hum. Genet.*, 1980, vol. 32, pp. 314–331.

Excoffier L., Lischer H.E.L. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Mol. Ecol. Res.*, 2010, vol. 10, pp. 564–567. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02847.x>

Goudet J. FSTAT (version 1.2): a computer program to calculate F-statistics // *J. Heredity*, 1995, vol. 86, pp. 485–486.

Lewis P.O., Zaykin D. Genetic data analysis: computer program for the analysis of allelic data. Version 1.0 (d16c). Free program distributed by the authors over the internet from <http://lewis.eeb.uconn.edu/lewishome/software.html>, 2001.

Nei M. Molecular evolutionary genetics. N.Y.: Columbia Univ. press. 512 p.

Nelson R.J., Beacham T.D. 1999. Isolation cross species amplification of microsatellite loci useful for study of Pacific salmon. *Animal Genetics*, 1987, vol. 30, pp. 228–229.

Olsen J.B., Wilson S.L., Kretschmer E.J., Jones K.C., Seeb J.E. Characterization of 14 tetranucleotide microsatellite loci derived from sockeye salmon. *Mol. Ecol.*, 2000, vol. 9, pp. 2185–2187.

Peakall R., Smouse P.E. GENALEX 6: Genetic analysis in excel. population genetic software

for teaching and research. *Mol. Ecol.*, 2006, vol. 6, pp. 288–295.

Pritchard J.K., Stefens M., Donnelly P. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 2000, vol. 155, pp. 945–959.

Smith C.T., Koop B.F., Nelson R.J. Isolation and characterization of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) microsatellites and their use in other salmonids. *Mol. Ecol.*, 1998, vol. 7, pp. 1613–1621.

Van Oosterhout C., Hutchinson W.F., Wills D.P.M., Shipley P. Micro-checker: software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data // *Mol. Ecol. Notes*, 2004. Vol. 4. № 3. P. 535–538.

Williamson K.S., Cordes J.F., May B. Characterization of microsatellite loci in Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and cross-species amplification in other salmonids. *Mol. Ecol. Notes*, 2002, vol. 2, pp. 17–19.

Информация об авторах

О.А. Пильганчук — канд. биол. наук, зав. лаб. Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

У.О. Муравская — специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

Д.А. Зеленина — канд. биол. наук, вед. н. с. ВНИРО

Information about the authors

Oksana A. Pilganchuk – Ph. D. (Biology), Head of Laboratory (KamchatNIRO)

Ulyana O. Muravskaya – Specialist (KamchatNIRO)

Darya A. Zelenina – Ph. D. (Biology), Leading Scientist (VNIRO)

Статья поступила в редакцию: 01.12.2022

Одобрена после рецензирования: 07.12.2022

Статья принята к публикации: 07.12.2022

Научная статья / Original article

УДК 551.46.09:597.555.5

doi:10.15853/2072-8212.2022.66.79-93



ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В МЕСТАХ НЕРЕСТА ВОСТОЧНОКАМЧАТСКОГО МИНТАЯ (*GADUS CHALCOGRAMMUS*) В 2012–2022 ГГ.

Тепнин Олег Борисович

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства
и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, tenpin.o.b@kamniro.ru

Аннотация. Проведен анализ межгодовой изменчивости термических и динамических условий в местах массового нереста восточнокамчатского минтая, на основе данных, полученных в ходе выполнения весенних ихтиопланктонных съемок за период с 2012 по 2022 гг., с привлечением материалов дистанционного (спутникового) мониторинга. Показана тесная зависимость термических условий в толще вод в весенний период от «суровости» предшествующего осенне-зимнего периода в юго-западной части Берингова моря. По результатам дистанционного мониторинга, в районе исследований наблюдается заметная интенсификация Камчатского течения в последнее десятилетие. При этом в местах массового нереста скорость переноса вод значительно ниже, и особенно в этом плане выделяется акватория Авачинского залива. Но и здесь прослеживается незначительный рост скорости течений со временем.

Ключевые слова: юго-восточное побережье Камчатки, Авачинский залив, Кроноцкий залив, юго-западная часть Берингова моря, Камчатское течение, температурные условия, теплозапас, течения, спутниковый мониторинг

Для цитирования: Тепнин О.Б. Изменчивость гидрологических условий в местах нереста восточнокамчатского минтая (*Gadus chalcogrammus*) в 2012–2022 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. № 66. С. 79–93.

VARIABILITY OF HYDROLOGICAL CONDITIONS AT SPAWNING SITES OF EAST KAMCHATKA WALLEYE POLLOCK (*GADUS CHALCOGRAMMUS*) IN 2012–2022

Oleg B. Tepnin

Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO),
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, tenpin.o.b@kamniro.ru

Abstract. Analysis of inter-annual variability of temperature and dynamic conditions at sites of mass spawning of East Kamchatka walleye pollock is made based on the data obtained in the course of spring ichthyoplankton surveys for the period from 2012 to 2022 and used data of remote (satellite) monitoring. Tight correlation is demonstrated between the temperatures in the water column in spring and “severity” of previous autumn-winter period in the south-western part of the Bering Sea. According to the results of remote monitoring, there is a noticeable intensification of the Kamchatka current in the last decade in the area of the research. At the same time, at the sites of mass spawning, the water transfer rate is much lower, especially in the area of Avachinsky Gulf. But even here an insignificant increase of current velocity with time can be traced.

Keywords: southeast coast of Kamchatka, Avachinsky Gulf, Kronotsky Gulf, south-western part of the Bering Sea, Kamchatka Current, temperature conditions, thermal content, currents, remote monitoring

For citation: Tepnin O.B. Variability of hydrological conditions at spawning sites of East Kamchatka walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) в 2012–2022 // The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 66. P. 79–93. (In Russian)

В тихоокеанских водах у камчатского побережья и Северных Курильских островов нагуливается и размножается минтай (*Gadus chalcogrammus*), выделяемый в отдельную популяцию — восточнокамчатскую. Согласно проведенным ранее исследованиям (Золотов, Антонов, 1986; Антонов, 1991; Шунтов и др., 1993; Темных, 1994; Буслов, 2001), зона ее распространения на юге доходит до о. Харимкотан, а

на севере включает Кроноцкий залив. От гидрологических условий, в которых происходит размножение минтая, в большой степени зависит продолжительность развития икры (Горбунова, 1951; Буслов, Сергеева, 2009), ее перемещение от мест вымета с течениями, а следовательно, выживаемость икры и последующее формирование численности данного поколения (Антонов, 1991). Массовый нерест отмеча-

ется во второй половине апреля, с пиком в третьей декаде месяца (Антонов, Золотов, 1987; Антонов, 1991), в мае интенсивность спадает, и очаги интенсивного нереста перемещаются на мелководье и к югу (Балыкин, 1997; Балыкин, Тепнин, 1998). Первоначально считалось, что нерест восточнокамчатского минтая проходит в основном над шельфовой зоной (в интервале глубин 50–170 м (Антонов, 1991)) при очень низких значениях температуры воды. При этом в ходе выполнения ихтиопланктонных съемок у восточного побережья Камчатки фиксировалось менее 30% икры на I стадии развития над глубинами больше 200 м. Однако в конце 90-х годов XX века было установлено, что наиболее массовый «очаг» нереста минтая расположен в центральной части Авачинского залива. Он находится в пределах глубоководных каньонов, где нерест проходит на глубине более 300 м (Буслов, Тепнин, 2002). В ходе проведенных работ было показано (Буслов и др., 2004, 2006), что такое положение обусловлено, в частности, и особенностями местных гидрологических условий: повышенным уровнем температуры воды (теплый промежуточный слой — ТПС), а также циркуляцией вод, препятствующей выносу икры в неблагоприятные для дальнейшего развития районы.

Основной целью данной работы является обобщение имеющихся данных о гидрологической обстановке последних 11 лет у восточного побережья Камчатки в период проведения весенних ихтиопланктонных съемок, с привлечением материалов дистанционного (спутникового) мониторинга, и представление на этой основе анализа ее межгодовой изменчивости. Кроме того, предполагается определить наиболее приемлемые предикторы из области спутниковых наблюдений (как наиболее полных по времени), чтобы заполнить пробелы в данных, получаемых на месте (*in situ*).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

У восточного побережья Камчатки с 1974 г., в период с марта по май, проводятся регулярные учетные ихтиопланктонные съемки, сопровождающиеся гидрологическими наблюдениями. Пробелы в длительном ряду наблюдений есть, и особенно увеличиваются они в последние годы. Если на начальном этапе и вплоть до середины 90-х годов XX века в основе методики выполнения таких съемок было проведение вертикального зондирования толщи вод от поверхности до 200 м (на мелководных участ-

ках — до дна) на близкой к «стандартной» сетке станций, то в последние 20 лет в районах расположения глубоководных каньонов Авачинского и Кроноцкого заливов стали выполнять исследования до 600 м. В процессе выполнения гидрологических работ (посредством зондирующей техники) определяются основные параметры среды (температура, электропроводность, давление) с интервалом от 1 м. На рис. 1 приведены карты района исследований и расположения гидрологических станций, выполненных в период с 2012 по 2022 гг., а также приведена гистограмма распределения количества станций по годам. Всего было проведено 935 глубоководных зондирований. При всей схожести сетки станций со стандартной, не во все годы удавалось полностью охватить наблюдениями всю акваторию у восточного побережья. В 2015 г. работы в весенний период, по объективным причинам, провести не удалось. Но и в другие годы наблюдения нередко выполнялись по усеченной схеме. Так, акватория Кроноцкого залива охватывалась исследованиями только в период с 2018 по 2022 гг., а на участке у юго-восточного побережья (от м. Поворотного до м. Лопатка) были пропущены 2014, 2020 и 2022 гг. И даже на акватории Авачинского залива в 2021 г. наблюдения были выполнены по сильно усеченной схеме из-за утери зонда. Кроме того, как правило из-за плохих погодных условий, сроки работ не совпадали, а выполнение отдельных частей съемки могло быть сильно разнесено по времени. Все это создает значительные трудности при анализе и межгодовом сравнении гидрологических условий нереста восточно-камчатского минтая. Отметим также установившийся временной порядок выполнения работ (рис. 2). В марте основные наблюдения сосредоточены на «контрольных точках», расположенных в районе глубоководных каньонов Авачинского залива (рис. 2А — 45 станций). В апреле стараются охватить исследованиями наибольшую акваторию (рис. 2Б — 646 станций), а в мае охватывают исследованиями наиболее удаленные участки съемки (рис. 2В — 206 станций).

Для максимального нивелирования указанных недостатков съемок, для дальнейшей обработки и анализа нами была выбрана акватория от м. Лопатка до м. Шипунского (рис. 2Г), как обеспечивающая наибольшее представление данных на рассматриваемом временном интервале. Количество «полноценных» съемок сократилось с 11 до 7 (2012, 2013, 2016–2019 и

2022 гг.). Для всех их нами был рассчитан теплозапас слоя обследованных вод каждого года и периода с апреля по май, который представляет его энергозапас (Муромцев и др., 1970; Грузинов, 1986). Расчет теплозапаса (Q) выполняли для каждой станции, начиная с глубины 20 м, по формуле:

$$Q = p \times c_p \int_{20}^H t \times dh,$$

где p — средняя плотность (кг/м^3), c_p — удельная теплоемкость морской воды при постоянном давлении ($\text{Дж} \times \text{кг}^{-1} \times \text{K}^{-1}$), t — температура на горизонте h ($^{\circ}\text{C}$), dh — приращение глубины (м), H — глубина зондирования (м).

Горизонт 20 м в качестве отсчетного был выбран с целью убрать из вычислений слой с максимальной изменчивостью температуры (сезонный слой прогрева, рис. 3) в весенний период, когда начинается прогрев вод, в котором в основном ощущается влияние ветрового перемешивания. Кроме того, основной нерест

минтая происходит глубже данного уровня — на шельфе в слое до 200 м (Антонов, 1991), а в глубоководных каньонах Авачинского и Кроноцкого заливов — и до 600 м (рис. 3А) (Буслов и др., 2004). Таким образом, нами была получена интегральная оценка (теплозапас) термических условий слоя вод с наименьшим уровнем изменчивости температуры в весенний период для каждого рассматриваемого в работе года, что позволяет проводить межгодовое сравнение с достаточной степенью достоверности.

В работе также использовались материалы спутниковых наблюдений за температурой поверхности в зимний период года, представляющие значения температуры в узлах регулярной сетки с шагом $\frac{1}{4}$ градуса по широте и долготе за декабрь–март, рассчитываемые и распространяемые Физической научной лабораторией Национального управления океанических и атмосферных исследований (PSL

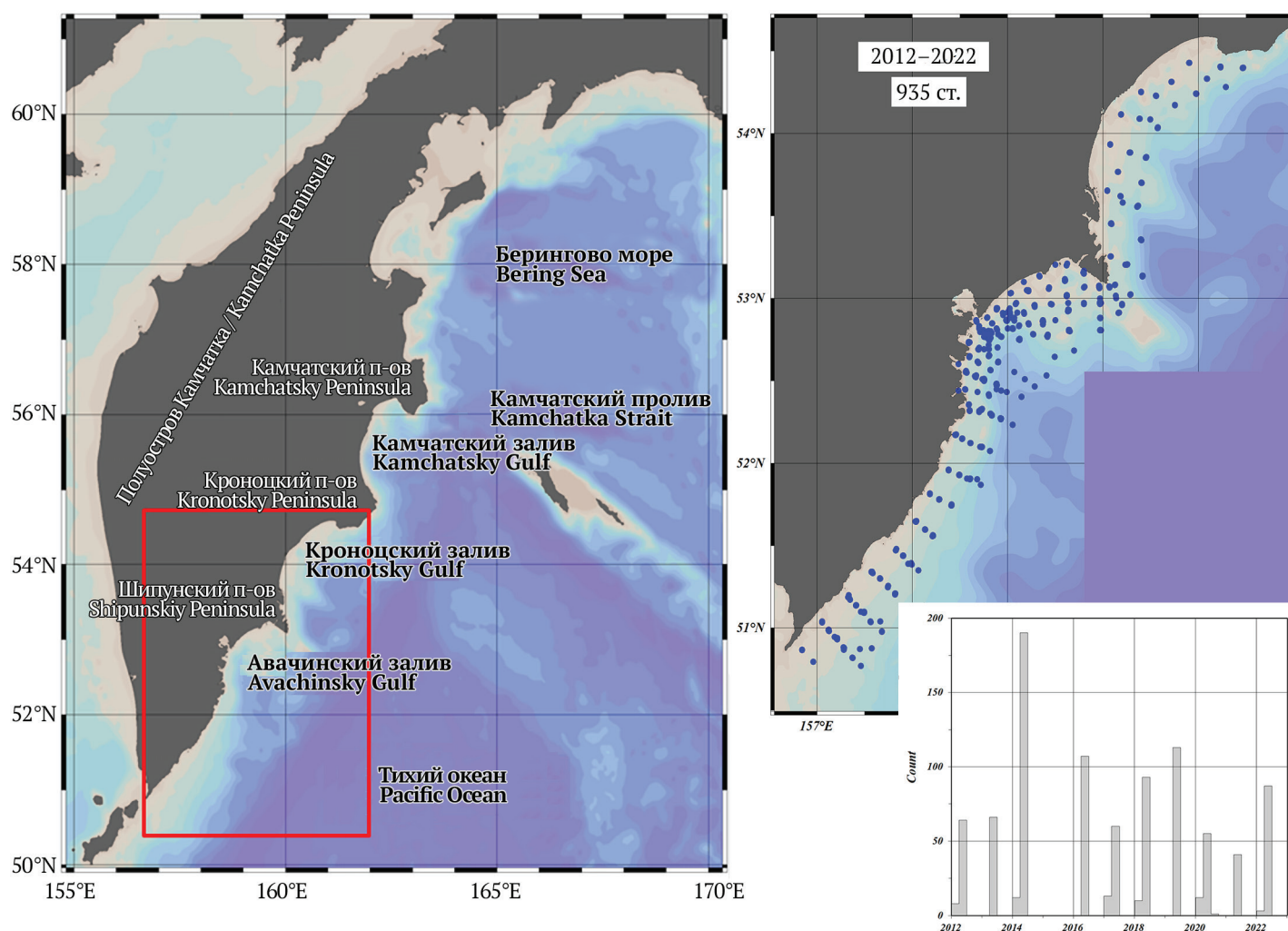


Рис. 1. Карта расположения гидрологических станций, выполненных в марте–мае 2012–2022 гг., и гистограмма распределения их по годам
Fig. 1. Map of location of hydrological stations examined in March–May for 2012–2022 and histogram of their distribution in different years

NOAA, <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.highres.html>). Также были задействованы данные о скорости и направлении среднемесячных течений для акватории исследования. Источником данных послужил Интернет-портал Copernicus (<https://scihub.copernicus.eu/>). Обработка исходных данных

в формате NetCDF осуществлялась с использованием пакета программ Climate Data Operator (CDO, <https://code.mpimet.mpg.de/projects/cdo>). Визуализация карт распределения выполнялась при помощи программы Ocean Data View (ODV v. 5.6.2, Schlitzer, Reiner, Ocean Data View, <https://odv.awi.de>, 2022).

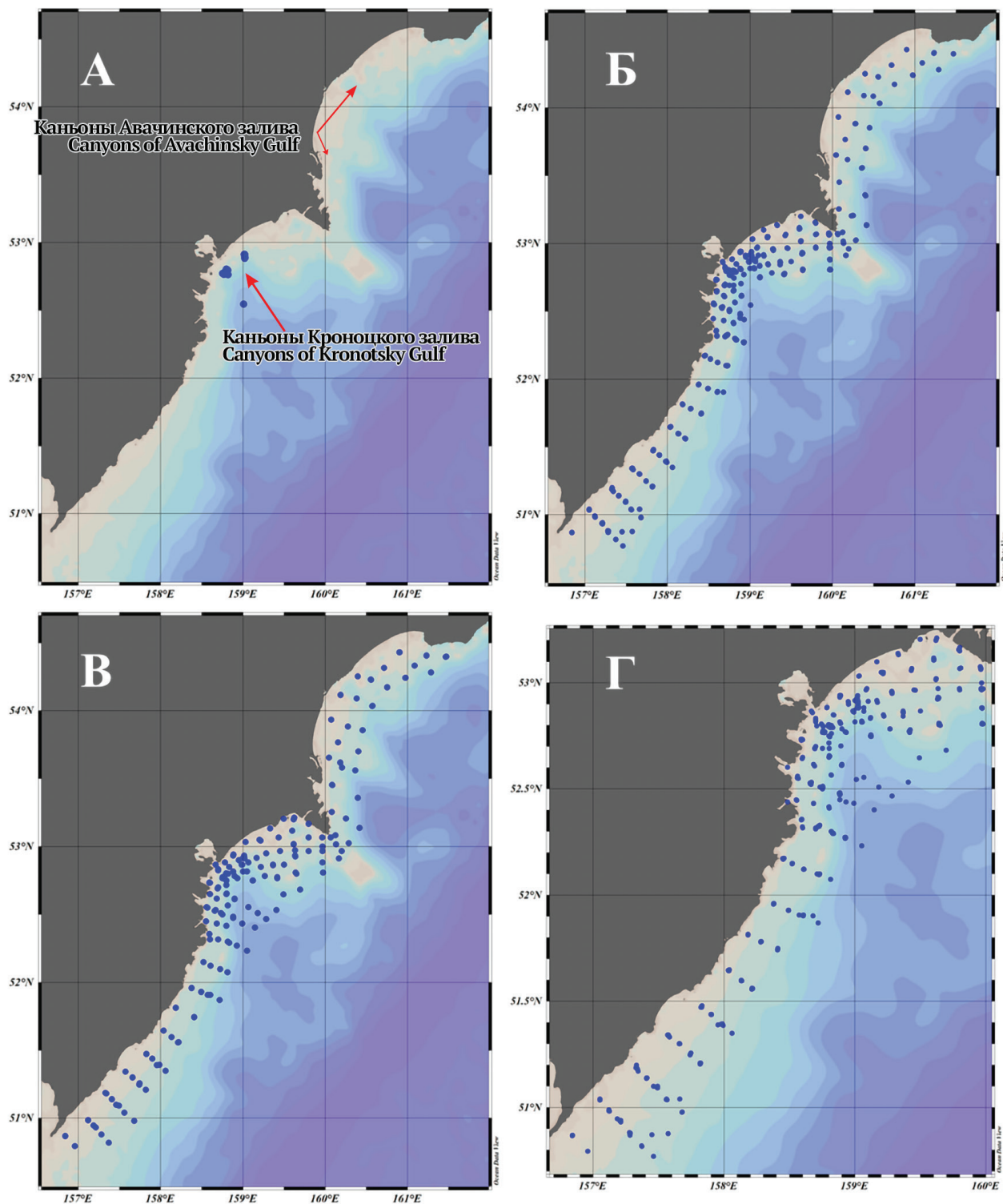


Рис. 2. Карты расположения гидрологических станций, выполненных в 2012–2022 гг.: А — в марте, Б — в апреле, В — в мае, Г — выделенный район для дальнейшей обработки и анализа
Fig. 2. Grids of hydrological posts surveyed in 2012–2022: А — in March, В — in April, В — in May, Д — area allocated for further survey and analysis

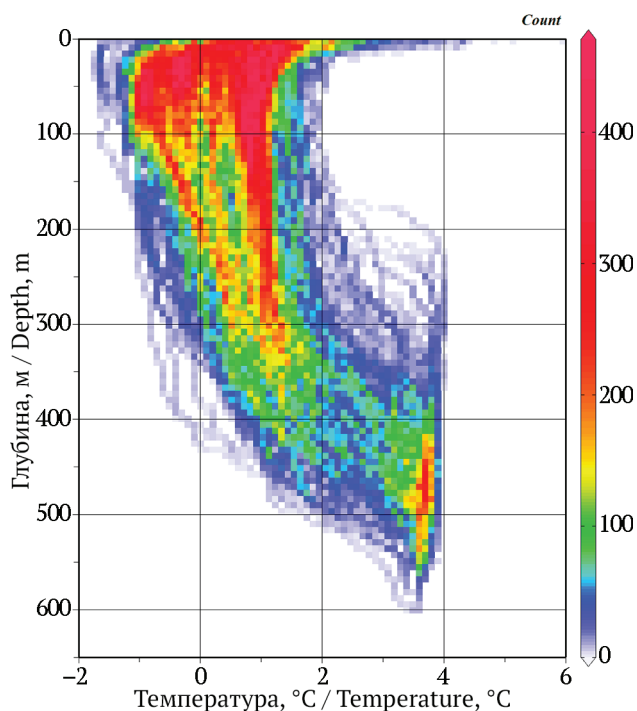


Рис. 3. Диаграмма распределения плотности значений температуры у восточного побережья Камчатки с марта по май
Fig. 3. Temperature density distribution diagram near the eastern coast of Kamchatka from March to May

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности гидрологических условий тихоокеанских вод у восточного побережья Камчатки в весенний период определяют несколько основных факторов:

- уровень «суровости» предшествующего осенне-зимнего выхолаживания вод, который формирует теплосодержание и вертикальную протяженность основного слоя (холодный подповерхностный слой или ХПС) обитания восточно-камчатского минтая в результате конвективного перемешивания. В отдельные годы мощность формируемого таким образом сезонного ХПС может достигать более 400 м;

- структура и интенсивность основной струи Камчатского течения, наличие и мощность его меандров, а также их направленность (Храпченков, 1987, 1989). Являясь составной частью северотихоокеанского циклонического круговорота, оно транспортирует огромные объемы вод из северных районов (западной части Берингова моря);

- интенсивность весеннего прогрева и ветрового перемешивания, которые формируют тонкий верхний слой вод, отделенный от ХПС мощным пикноклином.

К моменту начала проведения ихтиопланктонной съемки у восточного побережья Камчатки формируется трехслойная структура вод,

в которую вносят свои изменения вихри Камчатского течения: тонкий весенний поверхностный слой, охваченный прогревом и ветровым перемешиванием, холодный подповерхностный слой осенне-зимнего происхождения (ХПС) и теплый промежуточный слой (ТПС). На рис. 3 представлены все профили температуры по данным съемок 2012–2022 гг. в виде распределения плотности значений, которые наглядно демонстрируют указанную структуру. Так, если основные изменения температуры в верхнем 20-метровом слое достигали 4°C , то в слое до 300–350 м (ХПС) — порядка 2°C . С уровня 400 м, как правило, начинало ощущаться присутствие ТПС, и размах колебания температуры еще более сокращался.

Карты распределения теплозапаса всего обследованного слоя вод для каждого года исследований представлены на рисунке 4. Можно наглядно видеть, что большую часть акватории занимают воды с низкими значениями теплозапаса, и только в районе глубоководных каньонов Авачинского залива его величины резко возрастают. Происходит это за счет охвата в результате зондирования граничных вод между ХПС и ТПС со значительными градиентами температуры. Обратим внимание на межгодовое изменение площади и «глубины» этих аномальных районов. Впрочем, значения теплозапаса шельфового участка съемки также имеют значительный межгодовой ход.

Если рассчитать средние по площади величины для каждого года, то межгодовой ход теплозапаса района исследований можно представить в следующем виде (рис. 5). На данном графике приведены кривые изменения площади льда Берингова моря за предшествующий осенне-зимний период и средняя температура поверхности вод его юго-западной части для того же периода года. Как видно, соответствие всех трех графиков достаточно тесное, что подтверждает и выполненный корреляционный анализ (табл. 1). Коэффициенты значимы ($p < 0,05$) как для пары «теплозапас – площадь льда» (обратная связь $r = -0,78$), так и «теплозапас – температура вод поверхности в зимний период года в юго-западной части Берингова моря» (прямая зависимость $r = 0,85$). То есть можно предположить, что уровень теплозапаса вод у восточного побережья Камчатки тесно связан с суровостью зимнего сезона для Берингова моря, и особенно его юго-западной части. Для тихоокеанских вод у восточного побережья Камчатки аналогичный

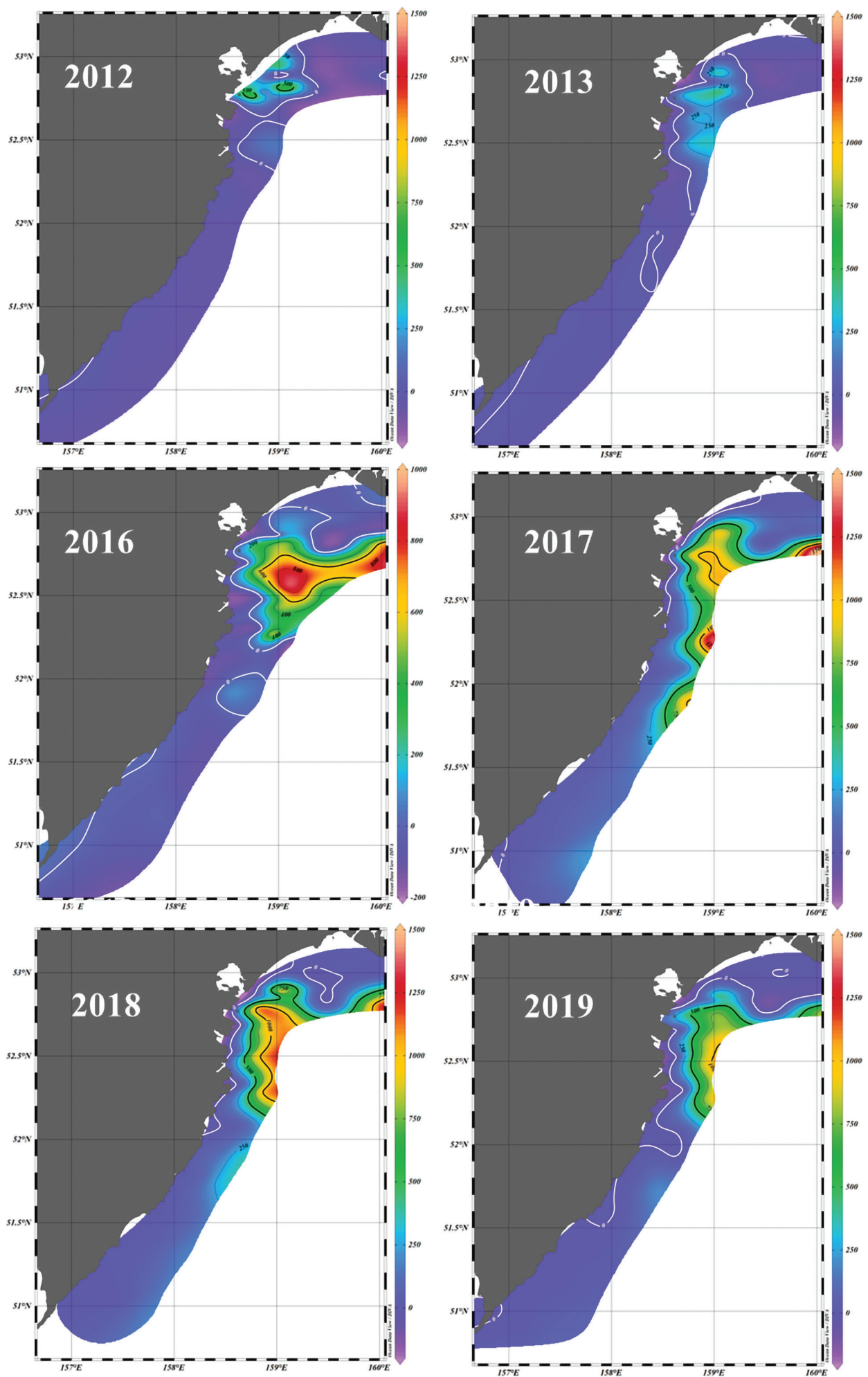


Рис. 4. Теплосодержание (кДж) исследованного слоя воды, ограниченного сверху изобарой 20 м для апреля–мая 2012–2022 гг.
 Fig. 4. Thermal content (kJ) of the surveyed water layer bounded from above by the 20 m isobar for April–May in 2012–2022

параметр (температура вод поверхности зимнего периода) имеет меньший уровень связи, что может являться подтверждением значительного влияния Камчатского течения на термическую структуру вод у восточного побережья Камчатки. Если принять среднюю скорость потока в основной «струе» Камчатского течения за 20 см/с (Khen, 1989), то на

путь от м. Наварина до Авачинского залива (более 1200 км) некоему условному объему вод потребуется около 2,5 месяцев, то есть воды зимней модификации из района зарождения Камчатского течения, трансформировавшись по пути следования, достигнут мест нереста восточно-камчатского минтая как раз в апреле–мае.

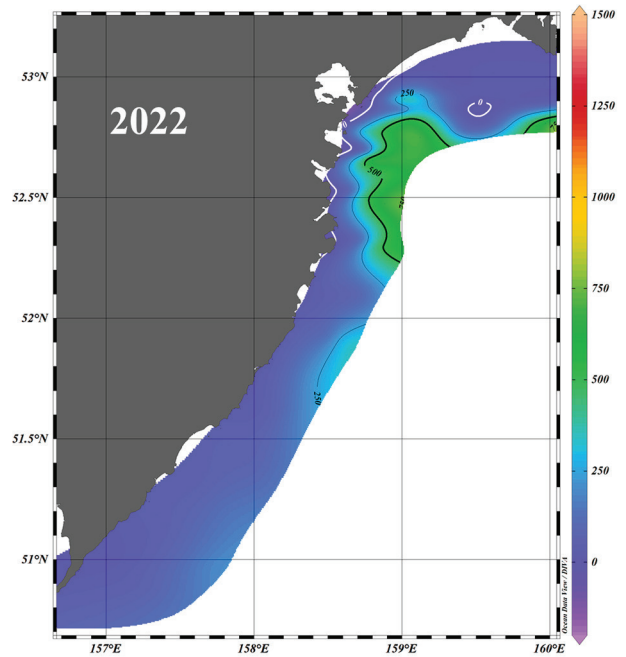


Рис. 4. Окончание. Начало на с. 84
Fig. 4. The end. Begins on page 84

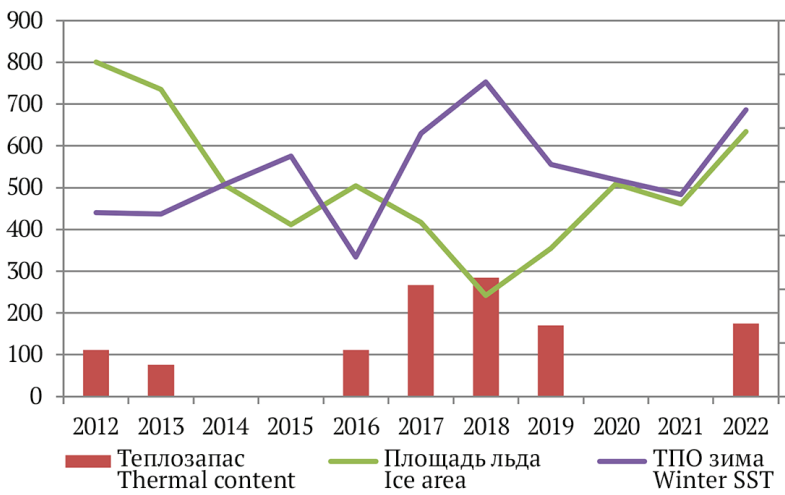


Рис. 5. График межгодового изменения теплозапаса (кДж) обследованного слоя вод у восточного побережья Камчатки для периода апрель–май 2012–2022 гг. в сравнении с изменением средней за зимний период площади льдов Берингова моря (площадь льда, тыс. км²) и средней зимней температурой поверхности в его юго-западной части (ТПО Зима, °C)
Fig. 5. Graph of the interannual change in thermal content (kJ) of the surveyed water layer off the eastern coast of Kamchatka for the period April–May in 2012–2022 compared to the change in the average winter ice area of the Bering Sea (ice area, thous. km²) and the average winter surface temperature in its southwestern part (Winter SST, °C)

Таблица 1. Матрица корреляционных связей. Отмеченные цветом корреляции значимы на уровне p
Table 1. Correlation matrix. The correlations marked colour are significant at the p level

	Теплозапас, кДж Thermal content, kJ	Площадь льда, зимний сезон (тыс. км²) Winter ice area (thous. km²)	Температура поверхности, зимний сезон (°C) Winter surface temperature (°C)
Теплозапас, кДж Thermal content, kJ	1,00 $p = ---$		
Площадь льда, зимний сезон (тыс. км²) / Winter ice area, (thous. km²)	-0,78 $p = 0,04$	1,00 $p = ---$	
Температура поверхности, зимний сезон (°C) / Winter surface temperature (°C)	0,85 $p = 0,02$	-0,55 $p = 0,21$	1,00 $p = ---$

В этом свете представляется интересным рассмотреть изменчивость динамики вод района за исследуемый период. Из-за отсутствия натурных наблюдений за течениями, а также малого объема исходных данных для расчета геострофического переноса, мы обратились к результатам дистанционного мониторинга — альтиметрическим наблюдениям за поверхностью. Как известно, в тихоокеанских водах у побережья Камчатского полуострова весь календарный год отмечается присутствие пограничного «холодного» течения, носящего название Восточно-Камчатского (Камчатского). Оно зарождается в северо-западной части Берингова моря, в районе у Корякского побережья (Арсеньев, 1967; Takenouti, Ohtani, 1974), и является составной частью северо-тихоокеанского циклонического круговорота вод (субарктический круговорот) (рис. 6). Ширина основной струи по разным данным колеблется от 80 до 300 км, а удаление от побережья — от 100 до 120 км (Khen, 1989; Вакульская и др., 2019). Скорость течения на поверхности изменяется в зависимости от времени года и достигает максимальных значений в зимний период (Хен, Заочный, 2009). Тихоокеанское побережье Камчатки изрезано

крупными заливами (Камчатский, Кроноцкий и Авачинский). Не менее сложной является и линия материкового склона, вдоль которой движется основной поток вод. В результате, на периферии постоянно возникают завихрения разных знаков и отклонения струи течения под действием топографии и неустойчивости потока (Solomon, Ahlnäs, 1978; Храпченков, 1987, 1989; Рогачев, Горин, 2004; Рогачев, Шлык, 2006; Вакульская и др., 2019).

К сожалению, отсутствие данных за весенний период 2022 г. на момент написания статьи не позволило использовать полностью сопоставимый ряд наблюдений в 11 лет. На рисунке 7 приведена карта средней скорости и направления течений на поверхности для апреля–мая за последние 10 лет, рассчитанная по спутниковым наблюдениям за абсолютной динамической топографией. Заметно, что основной поток в это время года сохраняет почти зимнюю интенсивность: так, скорость на траверзе Авачинского залива достигает 0,4 м/с. В самих же заливах этот показатель резко падает (менее 0,05 м/с). Восточно-Камчатское течение, выходя из Камчатского пролива, минует одноименный залив вдоль линии мысов Аф-

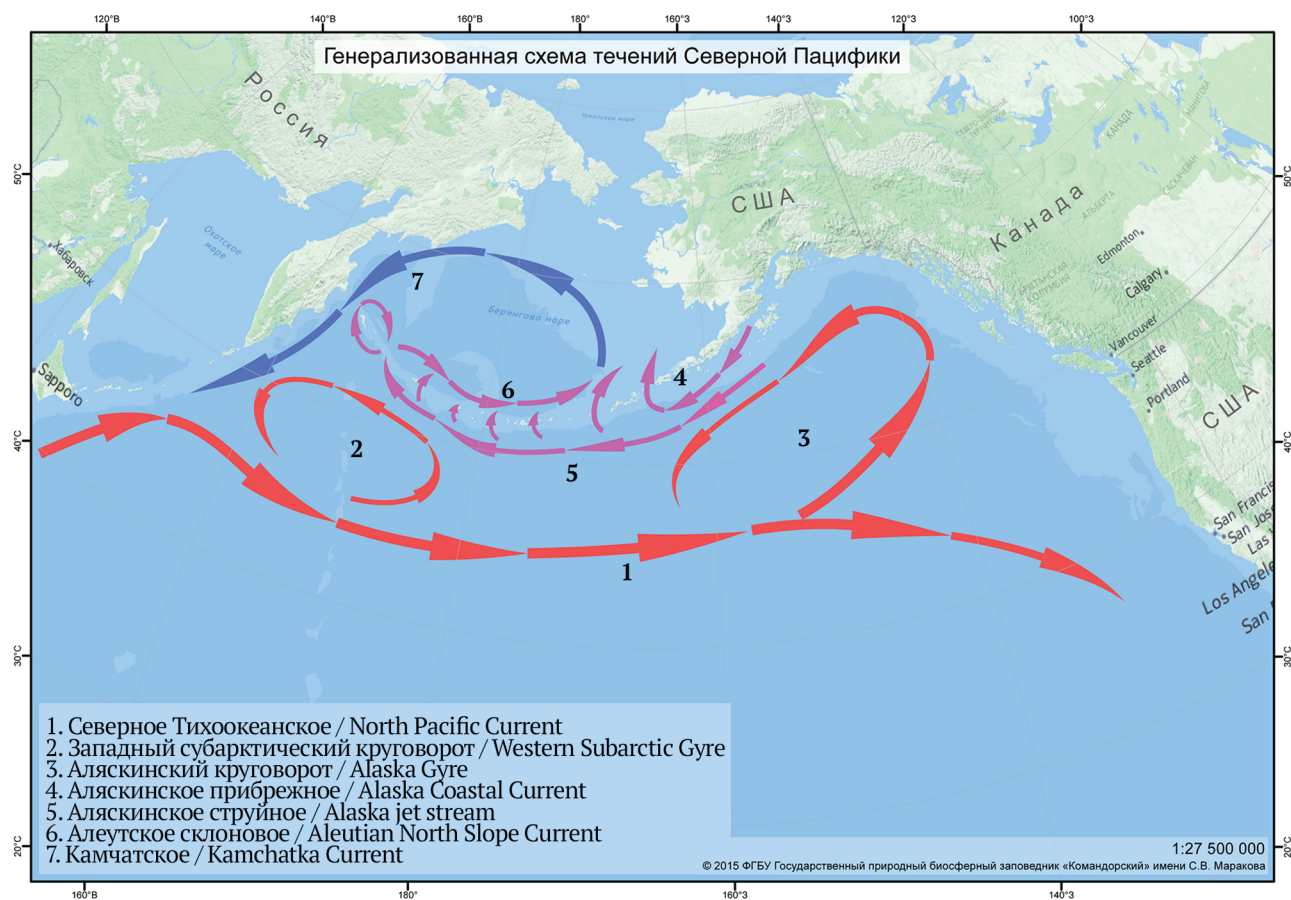


Рис. 6. Генерализованная схема течений северной части Тихого океана
 Fig. 6. Generalized flow chart of the North Pacific Ocean

рика – Кроноцкий. Но затем, после Кроноцкого полуострова, следует изгибу материкового склона и заходит в залив. Однако обогнув полуостров Шипунский, поток значительно отклоняется в сторону океана, а на акватории центральной части Авачинского залива явно прослеживается антициклонический вихрь, хотя скорости переноса в нем значительно ниже, чем в основной струе Камчатского течения. Минуя, таким образом, залив, течение возвращается к побережью в районе относительно резкого расширения шельфа и далее следует по его границе. Скорость юго-западного переноса в прибрежных водах здесь несколько выше, чем в заливах и достигает 0,10–0,15 м/с.

Таким образом, судя по среднемноголетней карте скорости и направления течений у восточного побережья Камчатки, в местах наиболее массового нереста местной популяции минтая преобладают незначительные скорости переноса вод. В Авачинском заливе, над глубоководными каньонами, преобладает антициклоническая циркуляция, что способствует малому разному икры и, возможно, ее заглублению (опускание вод в центре вихря). В районе юго-восточного побережья снос происходит вдоль берега с очень незначительной скоростью, а на траверзе б. Вестник возможны почти полная ее стагнация и накопление.

Однако это среднемноголетняя картина, которая может существенно меняться от года к году. Карты скорости и направления течений в

отдельные годы периода с 2012 по 2021 гг. это подтверждают (рис. 8). Наиболее близкими к среднемноголетнему строению поля были 2013, 2016, 2018 и 2019 гг. В 2012 г. струя Камчатского течения значительно отклонилась от юго-восточного побережья Камчатки, и к берегу был направлен только слабый «рукав». Скорость вод в шельфовой зоне и центральной части Авачинского залива в этом году была минимальной. Ситуация, сложившаяся в 2015 г., была противоположной. Основная струя значительно ближе подошла к материковому склону, а над глубоководной котловиной Авачинского залива интенсифицировался антициклонический вихрь. Два вихря разной направленности присутствовали и на правой периферии Камчатского течения. Подобная обстановка наблюдалась в 2014 и 2020 гг., только сам основной поток Камчатского течения образовывал мощный антициклональный ринг на траверзе юго-восточного побережья. При этом скорость переноса вод в прибрежной зоне была снижена в первом случае и повышена во втором. Особенно же в плане структуры выделялся 2021 г. Камчатское течение в том году значительно отклонилось к югу после прохождения м. Шипунского и образовало крупный антициклональный вихрь. По этой причине скорость течения в шельфовой зоне значительно упала, а на акватории Авачинского залива прослеживался слабый циклонический ринг. В 2017 г. скорость течения в зоне нереста восточно-камчатского минтая оказалась одной из самых высоких за весь рассматриваемый десятилетний период. Развитым ока-

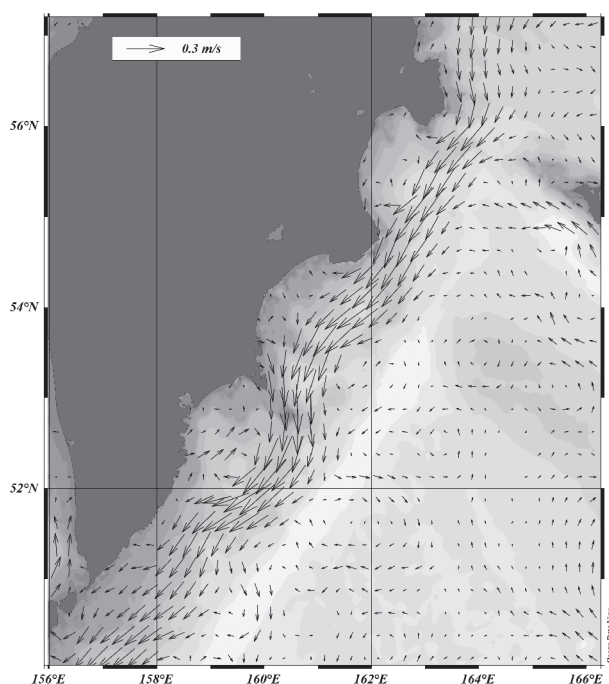


Рис. 7. Среднее для апреля–мая поле скорости и направления течения у восточного побережья Камчатки
Fig. 7. Average for April–May field of speed and direction of the current near the eastern coast of Kamchatka

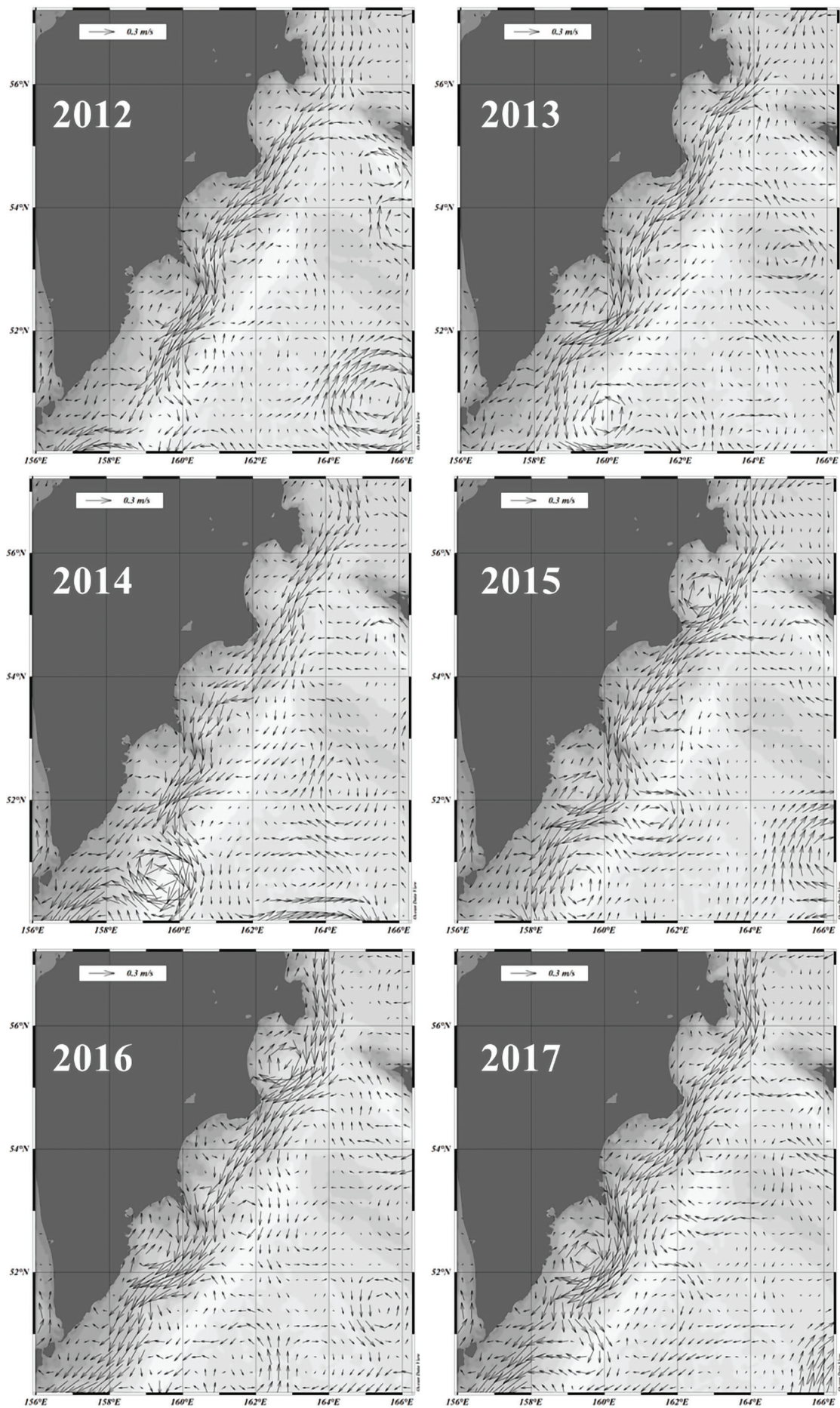


Рис. 8. Карты скорости и направления течения у восточного побережья Камчатки в апреле–мае 2012–2021 гг.
 Fig. 8. Charts of current speed and direction off the eastern coast of Kamchatka in April–May in 2012–2021

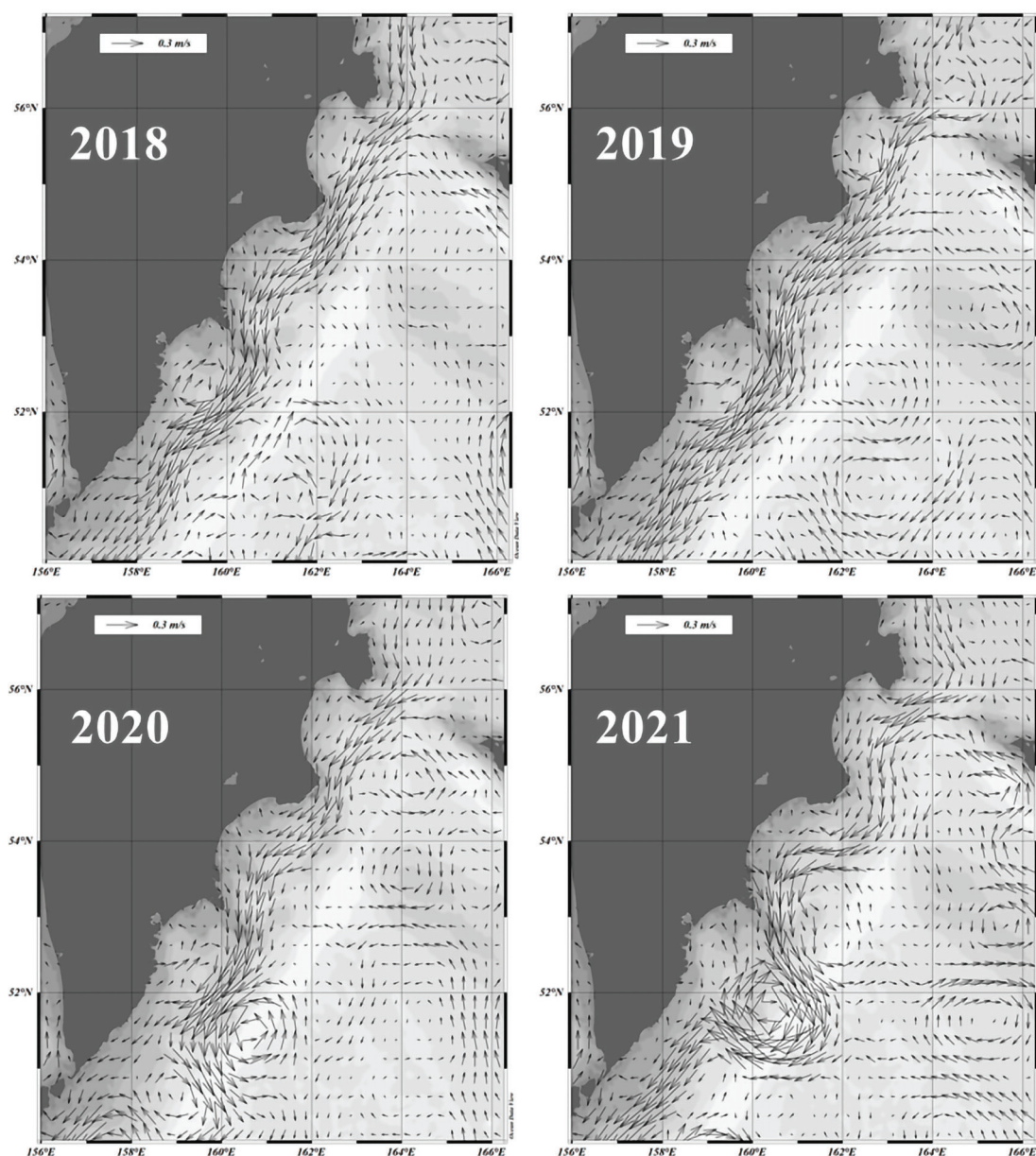


Рис. 8. Окончание. Начало на с. 88
Fig. 8. The end. Begins on page 88

зался и антициклональный вихрь над центральной частью Авачинского залива, что было связано с приближением Камчатского течения к шельфу и разделением основной струи на два потока у юго-восточного побережья Камчатки.

Мы рассчитали скорость переноса вод в приповерхностном слое для апреля и мая ряда лет с 2012 по 2021 гг. на нескольких разрезах (рис. 9). Первый разрез пересекает основную струю Камчатского течения в районе полуострова Шипунского. Второй расположен над глубоководной частью Авачинского залива и характеризует перемещение вод над основным нерестилищем восточнокамчатского минтая в этом заливе. Третий разрез у юго-восточного побережья Камчатки для представления изменчивости скорости переноса вод во втором важном центре нереста.

Графики межгодового изменения скорости течений через все три разреза представлены на том же рисунке. Как и было отмечено выше, наибольшие скорости течения фиксировались в основной струе течения (разрез 1), заметно ниже они у юго-восточного побережья (разрез 3), и самые слабые течения отмечаются в Авачинском заливе. Кроме того, наглядно видно, что скорость основного потока Камчатского течения имеет линейный тренд на увеличение значений со временем, причем в апреле он более выражен, чем в мае. Межгодовое изменение скорости течения в Авачинском заливе проявляет обратную тенденцию: средняя скорость потока снижается, хоть и не значительно. Тренд для района у юго-восточного побережья Камчатки занимает промежуточную позицию, как

по абсолютным значениям, так и по углу наклона.

Отметим, что именно в последнее десятилетие отмечается усиление Камчатского течения в весенний период, а 2017 г. относится к самым «активным» за все 30 лет дистанционного мониторинга (рис. 10). Среднее значение

для диапазона лет с 2012 по 2021 гг. на 0,07 м/с выше, чем в предшествующий 20-летний период. В Авачинском заливе данная тенденция также прослеживается, однако разница между средними за период с 1993–2011 гг. и современным периодом составляет всего 0,01 м/с.

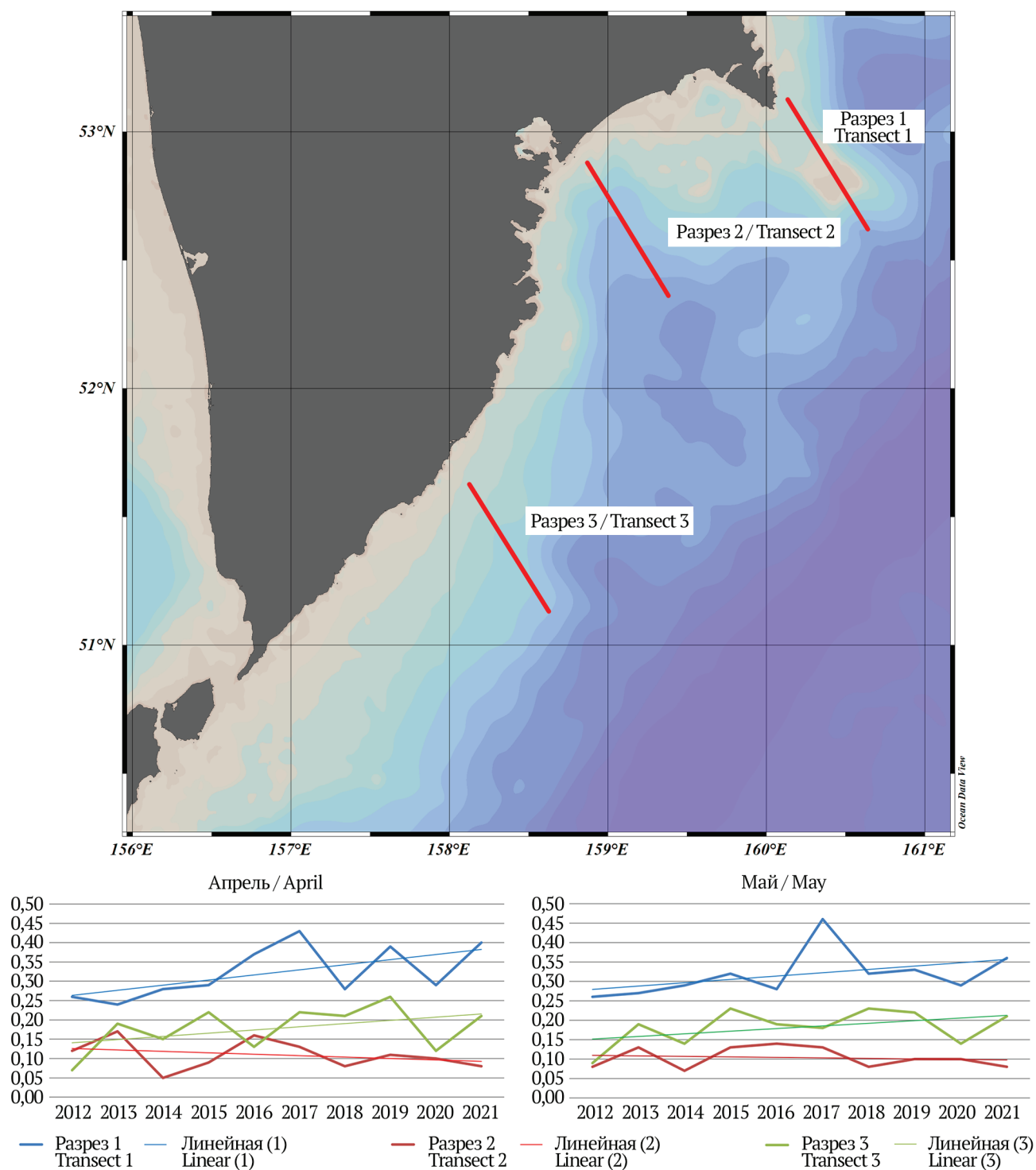


Рис. 9. Схема расположения разрезов, на которых рассчитывалось межгодовое изменение скорости переноса течением (м/с) у восточного побережья Камчатки и графики этого изменения для апреля и мая
Fig. 9. Schematic location of transects used to calculate interannual change in current velocity (m/s) off the eastern coast of Kamchatka and graphs of this change for April and May

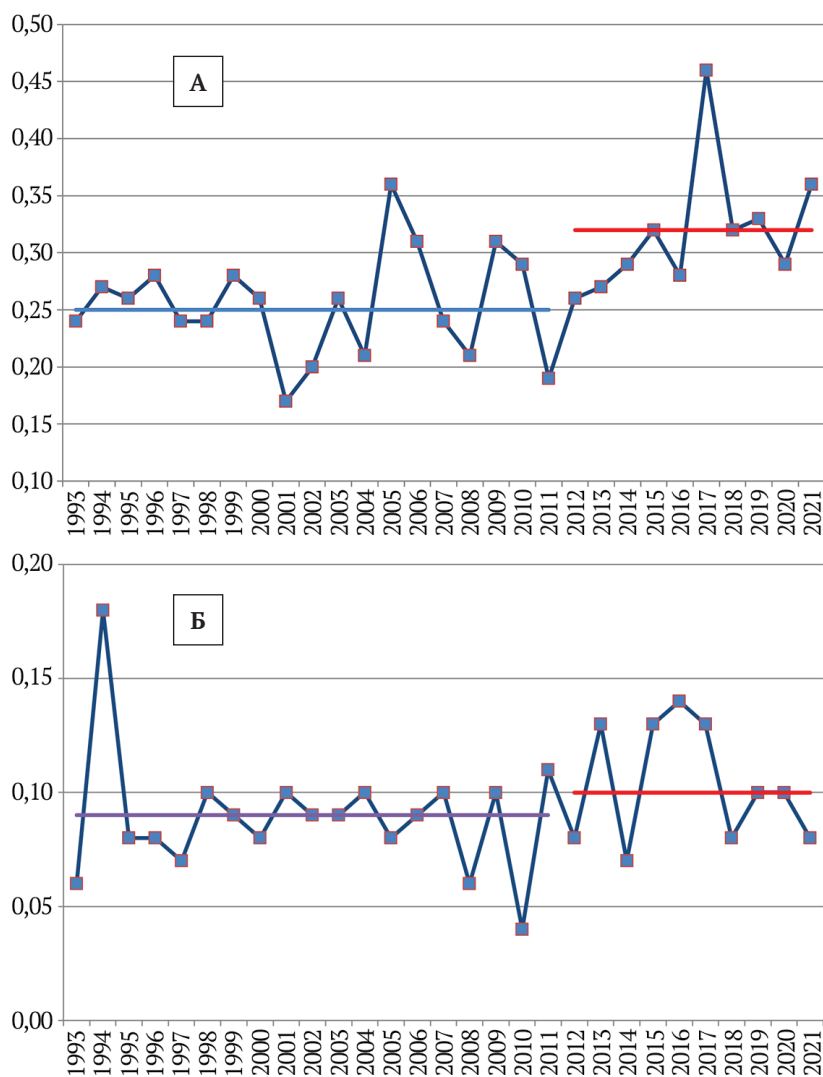


Рис. 10. Межгодовое изменение скорости переноса вод (м/с) Камчатским течением на Разрезе № 1 (А) и на Разрезе № 2 (Б) для апреля–мая 1993–2021 гг. Прямые линии — среднее для выделенных диапазонов
Fig. 10. Interannual variation in water transport velocity (m/s) by the Kamchatka Current in the Transect 1 (A) and Transect 2 (B) for April–May in 1993–2021. The straight lines are averages for outlined ranges

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гидрологические условия у восточного побережья Камчатки в период массового нереста местной популяции минтая отличаются значительной межгодовой изменчивостью, которая обусловлена в основном «суровостью» предшествующего осенне-зимнего периода и уровнем развития и направленностью течений в местах наибольшего скопления икры. Первый фактор может с достаточной степенью достоверности прогнозироваться по данным о ледовой обстановке и температуре поверхности Берингова моря в зимний период года. Отметим также, что по результатам дистанционного мониторинга наблюдается заметная интенсификация Камчатского течения в последнее десятилетие. При этом в местах массового нереста скорость переноса вод значительно ниже, и особенно в этом плане выделяется акватория Авачинского залива. Но и здесь выделен незначительный рост данного параметра в период с 2012 по 2021 гг.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Антонов Н.П. 1991. Биология и динамика численности восточнокамчатского минтая. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО. 23 с.
- Антонов Н.П., Золотов О.Г. 1987. Особенности размножения восточнокамчатского минтая / Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 123–131.
- Арсеньев В.С. 1967. Течения и водные массы Берингова моря. М.: Наука. 135 с.
- Балыкин П.А. 1997. Некоторые особенности экологии размножения *Theragra chalcogramma* // Вопр. ихтиологии. Т. 37, № 2. С. 265–269.
- Балыкин П.А., Тепнин О.Б. 1998. Динамика вод и нерест минтая *Theragra chalcogramma* у Восточной Камчатки // Исслед. биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. № 4. С. 7–14.
- Буслов А.В. 2001. Новые данные о распределении и миграциях минтая в тихоокеанских водах Се-

- верных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки // Изв. ТИНРО. Т. 128–1. С. 229–241.
- Буслов А.В., Сергеева Н.П. 2009. Некоторые результаты эксперимента по инкубированию икры восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) // Изв. ТИНРО. Т. 156. С. 82–94.
- Буслов А.В., Тепнин О.Б. 2002. Условия нереста и эмбриогенеза минтая *Theragra chalcogramma* (Gadidae) в глубоководных каньонах тихоокеанского побережья Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 42, № 5. С. 617–625.
- Буслов А.В., Тепнин О.Б., Дубинина А.Ю. 2004. Некоторые особенности экологии нереста и эмбриогенеза восточнокамчатского минтая // Изв. ТИНРО. Т. 138. С. 282–297.
- Буслов А.В., Тепнин О.Б., Дубинина А.Ю. 2006. Весенний ихтиопланктон в районе глубоководных каньонов Авачинского залива (Восточная Камчатка) // Изв. ТИНРО. Т. 144. С. 226–246.
- Вакульская Н.М., Дубина В.А., Плотников В.В. 2019. Вихревая структура Восточно-Камчатского течения по спутниковым наблюдениям / XI Всерос. симпозиум (9–14 сентября 2019 г., Владивосток). Матер. докл. Вып. 1. С. 73–81.
- Горбунова Н.Н. 1951. Икра минтая и ее развитие // Изв. ТИНРО. Т. 34. С. 89–97.
- Грузинов В.М. 1986. Гидрология фронтальных зон Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат. 272 с.
- Золотов О.Г., Антонов Н.П. 1986. О популяционной структуре восточнокамчатского минтая / Тресковые дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 43–50.
- Муромцев А.М., Борисов Е.В., Грузинов В.М. 1970. Тепловые процессы в верхнем слое океана в районе Курисио // Тр. ГОИН. Вып. 100. С. 5–21.
- Рогачев К.А., Горин И.И. 2004. Перенос массы и долговременная эволюция вихрей Камчатского течения // Океанология. Т. 44, № 1. С. 15–21.
- Рогачев К.А., Шлык Н.В. 2006. Роль мезомасштабных вихрей в динамике Камчатского и Аляскинского течений // Изв. ТИНРО. Т. 145. С. 228–234.
- Темных О.С. 1994. Морфологическая дифференциация минтая *Theragra chalcogramma* в западной части Берингова моря и тихоокеанских водах Камчатки // Вопр. ихтиологии. Т. 34, № 2. С. 204–211.
- Хен Г.В., Заочный А.Н. 2009. Изменчивость расхода Камчатского течения и океанологических параметров в Камчатском проливе // Изв. ТИНРО. Т. 158. С. 247–260.
- Храпченков Ф.Ф. 1987. Исследование вихрей у побережья Камчатки летом 1985 г. // Океанология. Т. 27, № 3. С. 391–396.
- Храпченков Ф.Ф. 1989. Гидрологическая структура и распределение энергии вихрей Камчатского течения // Метеорология и гидрология. № 1. С. 65–71.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дуленова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.
- Khen G.V. 1989. Oceanographic conditions and Bering Sea biological productivity // Proc. Int. Symp. Biol. Walley Pollock. Nov. 1989, Anchorage, Alaska. Fairbanks (Alaska). P. 79–89.
- Solomon H., Ahlnäs K. 1978. Eddies in the Kamchatka Current // Deep Sea Research. Vol. 25. No. 4. P. 403–410.
- Takenouti A.Y., Ohtani K. 1974. Currents and water masses in the Bering Sea: A review of Japanese work // Oceanography of the Bering Sea: with emphasis on renewable resources. Fairbanks: Inst. of Marine Science Univ. of Alaska. P. 39–57.

REFERENCES

- Antonov N.P. 1991. *Biologiya i dinamika chislennosti vostochnokamchatskogo mintaya. Avtoreferat disertacii kandidata biologicheskikh nauk* [Biology and dynamics of abundance of the eastern Kamchatka pollock. Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Vladivostok: DVO AN SSSR, 1991, 23 p.
- Antonov N.P., Zolotov O.G. *Osobennosti vosproizvodstva dalnevostochnogo mintaya* [Population structure, abundance dynamics and ecology of walleye pollock]. Vladivostok: TINRO, 1987, pp. 123–132.
- Arseniev V.S. *Techeniya i vodnyye massy Beringova morya* [Current and water masses of the Bering Sea]. Moscow: Nauka, 1967, 135 p.
- Balykin P.A. Some features of the reproduction ecology of *Theragra chalcogramma*. *Journal of Ichthyology*, 1997, vol. 37, no. 2, pp. 265–269. (In Russian)
- Balykin P.A., Tepnin O.B. Water dynamics and pollock spawning *Theragra chalcogramma* near Eastern Kamchatka. *Issled. biology and population dynamics of commercial fish of the Kamchatka shelf*, 1998, no. 4, pp. 7–14.
- Buslov A.V. New data on distribution and migrations of Walleye Pollock in the pacific waters adjacent to the North Kuril Islands and Southeast Kamchatka. *Izvestia TINRO*, 2001, vol. 128 (1), pp. 229–241. (In Russian)
- Buslov A.V., Sergeeva N.P. Some new results on experimental eggs incubation of Walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*). *Izvestia TINRO*, 2009, vol. 156, pp. 82–94. (In Russian)
- Buslov A.V., Tepnin O.B. Conditions of spawning and embryogenesis of pollock *Theragra chalcogramma* (Gadidae) in deep-water canyons of the Pacific

- coast of Kamchatka. *Journal of Ichthyology*, 2002, vol. 42, no. 5, pp. 617–625. (In Russian)
- Buslov A.V., Tepnin O.B., Dubinina A.Yu. Some features of spawn ecology and embryogenesis of the East Kamchatka Walleye Pollock. *Izvestia TINRO*, 2004, vol. 138, pp. 282–297. (In Russian)
- Buslov A.V., Tepnin O.B., Dubinina A.Yu. Spring ichthyoplankton in the area of deep-water canyons in the Avachinsky Bay (East Kamchatka). *Izvestia TINRO*, 2006, vol. 144, pp. 226–246. (In Russian)
- Vakulskaya N.M., Dubina V.A., Plotnikov V.V. *Vikhrevaya struktura Vostochno-Kamchatskogo techeniya po sputnikovym nablyudeniya* [Vortex structure of the East Kamchatka current according to satellite observations]. XI All-Russia symposium (September 9–14, 2019, Vladivostok). Mater. Report, issue 1, 2019, pp. 73–81.
- Gorbunova N.N. Pollock roe and its development. *Izvestia TINRO*, 1951, vol. 34, pp. 89–97. (In Russian)
- Gruzinov V.M. *Gidrologiya frontalnykh zon Mirovogo okeana* [Hydrology of frontal zones of the World Ocean]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986, 272 p.
- Zolotov O.G., Antonov N.P. *Concerning the population structure of the Eastern Kamchatka walley pollock. Treskovye dalnevostochnykh morey* [Cod of the Far Eastern seas]. Vladivostok: TINRO, 1986, pp. 43–50.
- Muromtsev A.M., Borisov Ye.V., Gruzinov V.M. Thermal processes in the upper layer of the ocean in the Kuroshio area. *Trudy GOIN*, 1970, issue 100, pp. 5–21. (In Russian)
- Rogachev K.A., Gorin I.I. Mass transport and long-term evolution of eddies in the Kamchatka current. *Oceanology*, 2004, vol. 44, no. 1, pp. 15–21.
- Rogachev K.A., Shlyk N.V. Role of mesoscale eddies in dynamics of the Kamchatka current and Alaskan stream. *Izvestia TINRO*, 2006, vol. 145, pp. 228–234. (In Russian)
- Temnykh O.S. Morphological differentiation of pollock *Theragra chalcogramma* in the western part of the Bering Sea and the Pacific waters of Kamchatka. *Journal of Ichthyology*, 1994, vol. 34, no. 2, pp. 204–211. (In Russian)
- Khen G.V., Zaochny N.A. Variability of the Kamchatka current transport and water properties in the Kamchatka strait. *Izvestia TINRO*, 2009, vol. 158, pp. 247–260. (In Russian)
- Khrapchenkov F.F. Field study of eddies near the Kamchatka coast in the summer of 1985. *Oceanology*, 1987, vol. 27, no.3, pp. 391–396. (In Russian)
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Dulepova E.P. *Mintaj v jekosistemah dalnevostochnykh morej* [Pollock in the ecosystems of Far Eastern seas]. Vladivostok: TINRO, 1993, 426 p.
- Khen G.V. Oceanographic conditions and Bering Sea biological productivity. *Proc. Int. Symp. Biol. Walley. Pollock*. Nov. 1989, Anchorage, Alaska. Fairbanks (Alaska), 1989, pp. 79–89.
- Solomon H., Ahlnäs K. Eddies in the Kamchatka Current. *Deep Sea Research*, 1978, vol. 25, no. 4, pp. 403–410.
- Takenouti A.Y., Ohtani K. Currents and water masses in the Bering Sea: A review of Japanese work. *Oceanography of the Bering Sea: with emphasis on renewable resources*. Fairbanks: Inst. of Marine Science Univ. of Alaska, 1974, pp. 39–57.

Информация об авторе

О.Б. Тепнин — зав. сектором Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

Information about the author

Oleg B. Tepnin — Head of Division (KamchatNIRO)

Статья поступила в редакцию: 11.11.2022

Одобрена после рецензирования: 28.11.2022

Статья принята к публикации: 07.12.2022

Научная статья / Original article

УДК 639.245 (247.45)

doi:10.15853/2072-8212.2022.66.94-103



РЕСУРСЫ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ КИТООБРАЗНЫХ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ИХ ПРОМЫСЕЛ В 2014–2021 ГГ.

Загребельный Сергей Владимирович¹, Чакилев Максим Васильевич²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО),
Москва, Россия, zagrebelniy@vniro.ru

²Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства
и океанографии (ЧукотНИО), Анадырь, Россия, cmv-1987@yandex.ru

Аннотация. Представлены сведения о состоянии популяций промысловых видов китообразных в Российской Федерации и их промысле за период 2014–2021 гг. Широкомасштабная добыча китов в дальневосточных морях прекратилась в середине 1990-х гг., и в настоящее время ведется только в рамках и объемах традиционной хозяйственной деятельности местного коренного населения, а до 2019 г. осуществлялась также в рамках рыболовства в учебных и культурно-просветительских целях. В период планового ведения хозяйства промысел морских млекопитающих был составной частью единой советской экономики. С прекращением в начале 1990-х гг. государственной поддержки их добыча в основном происходит традиционными методами, при этом резко сократились как объемы, так и количество научной информации по промыслу. Исходя из современных данных по численности дальневосточных популяций промысловых видов китообразных (за исключением косаток и мелких видов китообразных, промысел которых полностью прекращен), возможная добыча белух в Беринговом и Чукотском морях может составить 74 особи, в Охотском море — до 100, в Белом, Карском и Баренцевом морях — 150 особей. Добыча серого и гренландского кита ведется под эгидой Международной китобойной комиссии (МКК), и увеличение существующих квот в настоящий момент не предусмотрено.

Ключевые слова: промысел, численность, морские млекопитающие, китообразные, Дальний Восток, традиционное природопользование, серый кит, гренландский кит, белуха, косатка

Для цитирования: Загребельный С.В., Чакилев М.В. Ресурсы промысловых видов китообразных в Российской Федерации и их промысел в 2014–2021 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. Вып. 66. С. 94–103.

RESOURCES OF COMMERCIAL CETACEAN SPECIES IN THE RUSSIAN FEDERATION AND WHALING IN 2014–2021

Sergey V. Zagrebelniy¹, Maxim V. Chakilev²

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO),
Moscow, Russia, zagrebelniy@vniro.ru

²Pacific Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (ChukotNIO),
Anadyr, Russia, cmv-1987@yandex.ru

Abstract. Data about population state of commercial species of cetaceans in the Russian Federation and whaling volumes for the period 2014–2021 are presented. Large-scale whaling in the Far-Eastern seas has been stopped since mid-1990s, and currently whaling exists as traditional economic activities of local indigenous population, although until 2019 it was used for educational and cultural purposes also. During the period of planned economic activities the hunting for marine mammals was an integral part of Soviet economy. In the early 1990s, as the state holding stopped, hunting for marine mammals operated with traditional methods, and so the volume of hunting and the amount of scientific information both reduced. Based on the current data on the abundance of the Far-Eastern populations of commercial cetacean species (except killer whales and small cetaceans, which whaling ceased entirely) potential number of beluga whales for hunting removal can reach 74 in the Bering and Chukchi Seas, up to 100 in the Sea of Okhotsk, and 150 in the White, Kara and Barents Seas. Whaling the gray and bowhead whales is carried out in accordance with recommendations of the International Whaling Commission (IWC), and there are no plans now to increase existing quotas.

Keywords: whaling, population density, marine mammals, cetaceans, Far East, traditional nature management, gray whale, bowhead whale, beluga whale, killer whale

For citation: Zagrebelnyy S.V., Chakilev M.V. Resources of commercial cetacean species in the Russian Federation and whaling in 2014–2021. The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 66. P. 94–103. (In Russian)

В соответствии с Приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 08.09.2021 № 618 «Об утверждении Перечня видов водных биологических ресурсов, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов водных биологических ресурсов», промысловыми видами китообразных в России считаются белуха (*Delphinapterus leucas* Pallas, 1776), косатка (*Orcinus orca* Linnaeus, 1758), афалина (*Tursiops truncatus*), гринда (*Globicephala macrorhynchus*), тихоокеанский белобокий дельфин (*Lagenorhynchus obliquidens*). Помимо этого, в рамках международных соглашений коренными жителями Чукотки производится добыча серого (*Eschrichtius robustus* Lilljeborn, 1861) и гренландского китов (*Balaena mysticetus* Linnaeus, 1758) — видов, занесенных в Красный список МСОП (Международного союза охраны природы) и Красную книгу Российской Федерации.

С 2019 г., в связи с многочисленными обращениями граждан к Правительству Российской Федерации, а также в связи с тем, что дальневосточная «плотоядная» форма косатки занесена в последнюю редакцию Красной книги РФ (Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 24.03.2020 № 162), вылов китообразных, за исключением видов, являющихся объектами аборигенного промысла (серый, гренландский киты, белуха), в рамках рыболовства в учебных и культурно-просветительских целях прекращен.

Также по причине того, что добыча (вылов) афалины, гринды, белобокого дельфина, несмотря на регулярное выделение квот на добычу (15–20 китов каждого вида ежегодно), на территории Российской Федерации не ведется, мы не рассматриваем данные виды в этом сообщении.

Отметим, что в советский период добыча (вылов) морских млекопитающих велась централизованно, на основе научно-обоснованных квот, с применением специализированных судов, при этом ученые имели возможность проводить исследования по оценке численности, распределения, уровня рождаемости, питания, морфологических параметров и других показателей популяций. В настоящее время, с переходом на коммерческие рельсы и при возросшей себестоимости, морской промысел ведется только в рамках и объемах традиционного природопользования для местного коренного населения, и частично в рамках вылова для учебных и культурно-просветительских целей (Блохин, Литовка, 2014; Болтнев и др., 2016). При этом

отмечается значительное уменьшение как объемов традиционного промысла, так и потока научной информации по промыслу (за исключением промысла серых и гренландских китов, где промысел ведется в рамках правил, устанавливаемых МКК). Анализу современного состояния популяций промысловых видов китообразных и проблем их промысла в водах Российской Федерации посвящена данная работа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Оценку промысловых запасов морских млекопитающих до 2021 г. рассчитывали, исходя из современных данных по численности, которые представлены в литературных источниках. Использовались официальные данные материалов ОДУ ФГБНУ «ВНИРО» и его филиалов (Полярный, Магаданский, Тихоокеанский, Камчатский, ЧукотНИО), а также данные по промысловой статистике, предоставленные территориальными управлениями Росрыболовства, Департаментом промышленной и сельскохозяйственной политики Администрации Чукотского автономного округа. В ходе оценки вылова китообразных на территории Чукотского АО (гренландский и серый киты) придерживались блок-квот, установленных для Российской Федерации МКК.

Объемы на добычу для популяций морских млекопитающих рассчитывались двумя методами:

1) с использованием методики, при которой объемы ежегодного изъятия по каждому виду морских млекопитающих не должны превышать пополнения репродуктивной части популяции. Величина этого показателя, в зависимости от специфики каждого вида, составляет в среднем 3–5% от численности популяции (Федосеев, 1976; Огнетов, 1987; Гайденок, Чмаркова, 2003);

2) метод потенциального биологического изъятия (PBR) — для популяций морских млекопитающих с недостаточным информационным обеспечением (Wade, 1998; Barlow et al., 1995; Wade, Angliss, 1997; Marine Mammal., 2019). Показатель PBR — это максимальное количество животных, которое может быть изъято (без учета естественной смертности) из популяции морских млекопитающих, при сохранении оптимального уровня воспроизводства, способного поддерживать популяцию в устойчивом состоянии.

PBR рассчитывается по следующей формуле:

$$PBR = N_{\min} \times 0,5 R_{\max} \times FR,$$

где: $N_{\min}$ — минимальная численность популяции (запаса); $R_{\max}$ — половина максимального теоретического или расчетного показателя воспроизводства запаса при небольшой численности популяции; FR — коэффициент восстановления популяции, который изменяется от 0,1 до 1,0 и определяется экспертно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Серый и гренландский киты

В Западно-Беринговоморской и Чукотской зонах, в зонах Чукотского и Восточно-Сибирского морей традиционный промысел ведется в отношении трех видов китообразных: белухи, серого и гренландского китов. Добыча последних двух видов в северной части Тихого океана и в Арктике регулируется МКК и разрешена только коренным народам Чукотки, Канады и США, хотя запрет на коммерческий промысел на Чукотке был установлен с 1946 г. (Кузин, 2003).

Считается, что состояние восточной (калифорнийско-чукотской) популяции серых китов, населяющей Берингово и Чукотское моря, находится на оптимальном уровне, и ее численность по разным оценкам составляет от 17 820 до 21 200 и даже 26 960 особей (Назаренко и др., 1987; Sigurjonsson, Vikingsson, 1997; Durban et al., 2017). По данным разных исследователей, численность западно-арктической (берингово-чукотско-бофортской) популяции гренландских китов колеблется от 16 700 до 27 133 голов (Владимиров, 2000; Report., 2018). Это общие запасы для РФ и США, они же принимаются за промысловые и являются основой для расчета доли изъятия для потребностей коренных жителей (аборигенов) Чукотки и Аляски.

В середине–конце XX в. на Чукотке добывалось в среднем от 100 до 150 серых китов в год (Блохин, Литовка, 2014). В соответствии с решениями 65-й сессии МКК коренным малочисленным народам Севера России (Чукотский автономный округ) на период 2013–2018 гг. были установлены заблокированные (6-летние) квоты добычи: 720 серых китов калифорнийско-чукотской популяции и 30 гренландских китов западно-арктической популяции. По согласованию между российской и американской сторонами возможно перераспределение квот между серыми и гренландскими китами в сторону изменения квот одной из сторон.

Начиная с 2019 г., российская блок-квота была увеличена и в настоящий момент составляет 980 китов на 7 лет для российской и аме-

риканской сторон. Квоты на гренландского кита остались без изменений.

Благодаря традиционному промыслу и использованию продукции от морских млекопитающих, коренные жители Чукотки смогли пережить переходный период от плановой к рыночной экономике. В 1980-е и начале 1990-х гг. (в советский период) охота на китов организовывалась через совхозы, а сам промысел велся с применением китобойного судна («Звездный»), средний вес кита в этот период составлял около 18 т. К середине 1990-х гг. государственная поддержка сократилась до минимума, совхозы прекратили свое существование. Население организовывается в китобойные бригады и общины, переходит к традиционным методам ведения промысла, при этом охота ведется с маломерных судов — вельботов и байдар. По этой причине средний вес добытых китов снижается почти вдвое (до 8–9 т) (Блохин, Литовка, 2014; Zagrebelniy, 2018).

В настоящее время промысел китов на Чукотке ведут морзверобои 9 общин (14 китобойных поселков) традиционным способом: с байдар, вельботов и моторных лодок, с применением нарезного охотничьего оружия, американских гранатных «дартинганов» (dartingguns) и поворотных гарпунов. Основная промысловая нагрузка (около 70% всей добычи на Чукотке) приходится на четыре поселка (рис. 1): Лорино (в среднем 64 кита в год), Инчоун (в среднем 12 китов в год), Лаврентия (в среднем 11 китов в год), Уэлен (в среднем 9 китов в год).

В настоящий момент ежегодно изымаются из природной среды в среднем 124 серых и 0–1 (очень редко 2) гренландских кита на Чукотке (табл. 1). Несмотря на такой интенсивный береговой промысел, традиционное природопользование местного коренного населения, по оценкам МКК, не влияет на состояние запасов серых китов (Кузин, 2003).

Белуха

По экспертным данным, современная численность белухи в российской части Берингова моря может достигать от 10 000 (Владимиров, 2000) до 15 127 ($7447 \div 30\,741$; CI = 95%) особей, с учетом поправочного коэффициента поверхностной видимости ($2,86 \pm 0,76$) (Литовка, 2013, 2020).

С 1994 г. этот вид морских млекопитающих занесен в Красный список МСОП со статусом «уязвимый». В Российской Федерации это обычный промысловый вид.

В СССР активный промысел белухи велся в основном на южном и восточном побережье Белого моря, на восточном побережье Обской губы, в Енисейском заливе, на побережье Сахалинского залива (Дорофеев, Клумов, 1935; Клумов, 1939). В 1950–1960-е гг. ежегодная добыча этого вида на Европейском Севере России приближалась к 3000 особям (Матишов, Огнетов, 2006). На Дальнем Востоке, по данным Л.С. Богословской и И.И. Крупник (2000), среднегодовая добыча белухи обычно не превышала 100–150 голов, хотя Клейненберг с соавторами (1964) указывают, что промысел белух только в Охотском море в середине 1950-х гг. составлял около 800 голов в год.

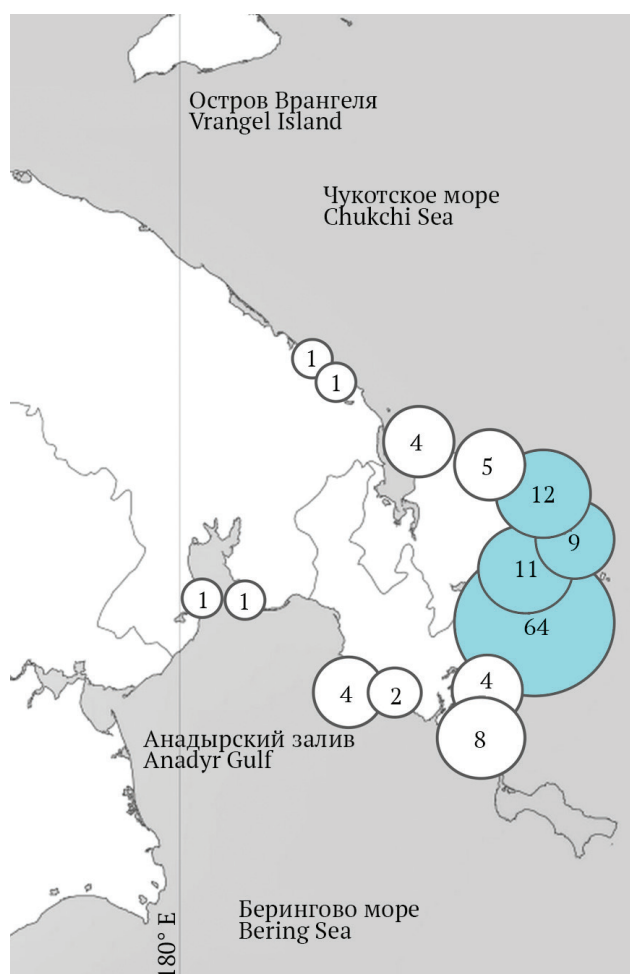


Рис. 1. Среднегодовая добыча серых китов по поселкам Чукотского АО (2014–2021 гг.)
Fig. 1. Average annual hunting removal of gray whales in the settlements of the Chukotka Autonomous Okrug (2014–2021)

В настоящий момент белуху в Российской Федерации добывают в основном в Чукотском АО и единично в Магаданской области. В XX в. на всей Чукотке, включая Восточно-Сибирское, Чукотское и Берингово моря, добывалось не более 20–70 голов животных в год. Значительные объемы промысла были лишь в 1960-е гг. (600–800 голов в год; Кузин, 2003) и в 1986 г. (506 голов), когда большое стадо белух зажалось льдами в Сеньявском проливе (Макоедов и др., 1999). В настоящее время добыча белух на Чукотке не превышает 20 особей (табл. 2), в то время как за 20-летний период на Аляске общая добыча местным населением колебалась от 208 до 494 особей в год, — в среднем 323 белухи для 4 аляскинских популяций (Кузин, 2003; Frost, Suydam, 2010).

В 2016 г. на севере Магаданской области для нужд КМНС добыто 2 белухи. В 2017 и 2018 гг. квоты на вылов этого вида составляли 25 особей; официальный вылов не зарегистрирован (табл. 2).

До 2019 г. наиболее востребованными для содержания в дельфинариях и океанариумах были белухи «сахалино-шантарской» популяции, при этом для этих целей отлавливалось примерно 30–40 особей в год.

Исходя из предосторожного подхода, для промысла до 2018 г. выделялось 200 животных (менее 3% от расчетной общей численности берингоморского стада). Начиная с 2019 г., величина изъятия для белухи рассчитывается исходя из модели потенциального биологического изъятия (PBR), для которого имеются все требуемые параметры: $N_{MIN} = 7447$ белух; $R_{MAX} = 0,048$; $FR = 0,5$ (Wade, Angliss, 1997; Lowry et al., 2008; Allen, Angliss, 2015):

$$PBR = 7447 \times 0,02 \times 0,5 = 74 \text{ белух.}$$

Однако в связи с тем, что существующий промысел на белуху на Чукотке не превышает 20 голов, общий вылов для коренного населения Чукотки по четырем рыбопромысловым зонам на 2021 год был предложен в объеме 30 особей (табл. 3).

В Охотском море рассматривается существование двух популяций белух — «шелиховской» и «сахалино-шантарской», при этом су-

Таблица 1. Освоение квот добычи серого и гренландского кита хозяйствами Чукотки в 2014–2021 гг.
Table 1. Use of gray and bowhead whale quotas by natives of Chukotka in 2014–2021

Квота (ОДУ), шт. / Quota (TAC), heads								Добыча, шт. / Catch, heads							
2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Серый кит / Gray whale															
119	110	114	112	115	112	126	120	124	125	120	119	106	136	136	127
Гренландский кит / Bowhead whale															
2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	1	0	1	0	0

ществует большая вероятность обмена (скрещивания) между группировками в период спаривания в зимний период (Шпак, Глазов, 2013).

Прямая учетная численность белухи, по результатам авиаучета, в акватории Охотского моря в 2010 г. составила 6113 голов (Шпак, Глазов, 2013). С использованием поправочных коэффициентов на недоучет животных, находящихся под водой ($\times 2$), численность «сахалино-шантарской» группировки (белуха Сахалинско-

го залива, Амурского лимана, Шантарских островов, Удской губы) в летний период составляет примерно 9500 особей, «шелиховской» группировки — около 2600 особей, причем общая численность близка к оценке МКК (12 000 особей; <https://iwc.int/estimate>). С учетом того, что МСОП оценивает современный статус этих популяций как «неизвестный», при данных оценках численности и «факторе восстановления» 0,65, с учетом поправочного коэффициен-

Таблица 2. Освоение квот вылова белухи в 2014–2021 гг.
Table 2. Use of white whale quotas in 2014–2021

Год Year	Промысел в культурно-просветительских целях Whaling in educational and cultural purposes		Промысел в научно-исследовательских целях Whaling in scientific purposes	
	Квота / Quota	Вылов / Catch	Квота / Quota	Вылов / Catch
Северо-Охотоморская подзона / The North Okhotsk Sea Subzone				
2014	150	105	0	0
2015	150	87	0	0
2016	150	0	0	0
2017	150	0	0	0
2018	150	90	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
2021	0	0	0	0
Западно-Камчатская подзона / The West Kamchatka Subzone				
2014	0	0	0	0
2015	0	0	0	0
2016	25	0	0	0
2017	25	0	0	0
2018	25	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
2021	0	0	0	0
Белое море / The White Sea				
2014	0	0	50	0
2015	0	0	50	0
2016	0	0	50	0
2017	0	0	0	0
2018	0	0	50	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
2021	0	0	0	0
Баренцево море / The Barents Sea				
2014	0	0	200	0
2015	0	0	200	0
2016	0	0	200	0
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
2021	0	0	0	0
Карское море / The Kara Sea				
2014	0	0	200	0
2015	0	0	200	0
2016	0	0	200	0
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	0	0	0
2020	0	0	0	0
2021	0	0	0	0

Таблица 3. Освоение квот добычи белухи хозяйствами Чукотки в 2014–2021 гг. в рамках промышленного лова
Table 3. Use of white whale quotas by natives of Chukotka in 2014–2021

Квота (ОДУ), шт. / Quota (TAC), heads								Добыча, шт. / Catch, heads							
2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
200	200	200	200	200	0	0	30	8	3	4	13	13	0	0	0

та видимости $\times 2,0$, расчетное значение PBR составляет 100 белух для Охотского моря в целом (Шпак, Глазов, 2013).

При расчете добычи белухи по методике Федосеева, Огнетова и Гайденока (Федосеев, 1976; Огнетов, 1987; Гайденок, Чмаркова, 2003), общий объем добычи белухи в Охотском море в 2021 г. может составлять 360 особей, что примерно в 3,5 раза выше, чем при расчете с использованием PBR.

Считается, что в акватории Баренцева, Белого и Карского морей обитают белухи карской популяции. Начиная с 1990 г., промысел прекращен по причине экономической неэффективности, однако периодически квоты выделяются (но не осваиваются) для культурно-просветительских и научно-исследовательских целей (табл. 2).

Экспертная оценка общей численности единой популяции белухи Баренцева, Белого и Карского морей может составлять 15–18 тыс. особей на начало XXI в. (Гайденок, Огнетов, 2004; Матишов, Огнетов, 2006). По данным летних авиаучетных работ 2005–2008 гг., численность карской популяции белухи в этот период оценивалась на уровне 7010/7464, 4891/5533, 4527/5009 и 6432/6498 особей соответственно (в зависимости от метода расчета по программам “Distance”/ «Белуха»).

На основе представленных оценок численности допустимый размер добычи может составлять 450 животных (с использованием модели расчетов по методике Федосеева, Огнетова и Гайденока) (Федосеев, 1976; Огнетов, 1987; Гайденок, Чмаркова, 2003). С использованием PBR размер ежегодной добычи может составлять 150 белух.

Косатка

Косатка в середине XX в. была второстепенным промысловым объектом. В год китобойная флотилия «Алеут» в морях Дальнего Востока добывала от 1 до 12 китов (в среднем 3 косатки в год с 1933 по 1947 г.) (Слепцов, 1955). В связи

с закрытием береговых китобойных станций, в начале 1960-х гг. косатка в Охотском море перестает быть промыслаемым видом, и исследования ее распространения, численности, экологии в российских водах ограничивались случайными наблюдениями и бессистемными учетами. По этой причине оценки численности косаток в Охотском море у разных исследователей варьируют от 500–1500 (Соболевский, 1983; Берзин, 1985; Берзин, Владимирова, 1989) до 10,0–12,5 тыс. особей (Владимирова, 1994; 2000; Дорошенко, 2002; Шунтов, 1993, 1994, 1999). По данным экспедиций 2015–2019 гг. специалистов Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (ТИНРО) с использованием методики учетных работ МКК, оценка численности косаток Охотского моря составляет примерно 1629 особей.

До 2019 г. вылов косаток в водах Российской Федерации велся только в культурно-просветительских целях (табл. 4). С 2019 г. отлов прекращен.

В условиях недостатка информации о популяционных параметрах охотоморских косаток, теоретически допустимый уровень промысловой нагрузки (PBR), с использованием имеющейся оценки численности в 1629 голов в 2019 г., равен 7. Полученная величина составляет не более 0,4% от общей численности, вылов предлагалось осуществлять в рамках культурно-просветительского отлова (в настоящее время прекращен).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на то, что на сегодняшний момент состояние популяций китообразных в морской акватории Российской Федерации достаточно стабильное (а по некоторым видам численность за последние 20 лет увеличилась, в том числе в связи с изменением методики учетов), существуют объективные причины и процессы, в результате которых сократилась или прекратилась промысловая нагрузка на некоторые традиционные виды этих животных. С прекра-

Таблица 4. Освоение квот косатки в 2014–2018 гг.
Table 4. Use of killer whales quotas in 2014–2018

Зоны / Subzones	Квота (ОДУ), шт. / Quota (TAC), heads					Добыча, шт. / Catch, heads				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Северо-Охотоморская Northern Sea of Okhotsk	4	6	2	0	5	3	6	0	0	5
Западно-Камчатская West Kamchatka	2	2	0	0	3	0	2	0	0	3
Камчатско-Курильская Kamchatka-Kuril	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Восточно-Сахалинская East Sakhalin	0	2	0	0	2	0	2	0	0	2

щением государственной поддержки в середине 1990-х годов промысел морских млекопитающих, в том числе и китообразных, сокращается до минимума (на Чукотке), а в некоторых районах прекращается вовсе (в Европейской части России, в Беринговом и Охотском морях). На Чукотке, где традиционное природопользование имеет важное значение для жителей и экономики, в ходе перехода от плановой экономики к хозрасчетным отношениям почти полностью прекратилась добыча крупных китов для разделки на берег, а для компенсации сокращения мясной продукции увеличилось количество добываемых серых китов среднего и меньше среднего веса и размеров. Добыча белух для традиционного природопользования сократилась до минимума, промысел по всем остальным видам в рамках промышленного рыболовства, научный промысел и промысел для пополнения коллекций аквапарков и океанариумов полностью прекращен. Как результат этого, значительно уменьшился поток научной информации, в том числе по состоянию популяций китообразных, их миграционной активности, уровню половой и возрастной рождаемости и смертности (за исключением промысла серых и гренландских китов, который ведется в рамках правил, устанавливаемых МКК).

В целом можно констатировать, что ввиду стабильной численности китообразных, недоосвоения выделяемых населению квот имеется достаточно высокий потенциал для интенсификации промысла в рамках традиционного (или открытия промысла для видов, добыча которых местным населением прекращена по экономическим причинам). С учетом предосторожного подхода в оценке величины квот на Чукотке возможно увеличение ее добычи практически в 10 раз (до 74 особей), по сравнению с тем, сколько осваивается сейчас; в Охотском море — до 100 особей, в Белом, Карском и Баренцевом морях — до 150 особей. Промысел серого и гренландского кита ведется под эгидой Международной китобойной комиссии, и увеличение существующих квот в настоящий момент не предусмотрено и не рационально. В случае возврата к судовому промыслу, в том числе открытию промысла на мелкие виды китообразных, необходимо учитывать существующий запрет на вылов китообразных в рамках промышленного рыболовства, а также рыболовства в учебных и культурно-просветительских целях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Берзин А.А. 1985. Численность китов Охотского моря / Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР и перспективы создания технических средств для освоения неиспользуемых биоресурсов открытого океана: Тез. докл. Всесоюз. совещ. (Владивосток, 15–17 апреля 1985 г.). Владивосток: Дальрыба. С. 79–80.
- Берзин А.А., Владимиров В.Л. 1989. Современное распределение и численность китообразных в Охотском море // Биология моря. Т. 15, № 2. С. 15–23.
- Блохин С.А., Литовка Д.И. 2014. Серый кит *Eschrichtius robustus* Дальнего Востока России: история открытия, изучения и добычи // Изв. ТИНРО. Т. 179. С. 65–80.
- Богословская Л.С., Крупник И.И. 2000. Аборигенный промысел белухи на Дальнем Востоке / Морские млекопитающие Голарктики. Матер. Междунар. конф. (Архангельск, Россия, 21–23 сентября 2000 г.). М. С. 34–40.
- Болтнев А.И., Грачев А.И., Жариков К.А., Забавников В.Б., Корнев С.И., Кузнецов В.В., Литовка Д.И., Мясников В.Г., Шафилов И.Н. 2016. Ресурсы морских млекопитающих и их промысел в 2013 г. // Тр. ВНИРО. Т. 160. С. 230–249.
- Владимиров В.Л. 1994. Современное распределение и численность китов в дальневосточных морях // Биология моря. Т. 20, № 1. С. 3–13.
- Владимиров В.Л. 2000. Современное распределение, численность и популяционная структура китов дальневосточных морей / Матер. советского китобойного промысла (1949–1979). М. С. 104–122.
- Гайденок Н.Д., Огнетов Г.Н. 2004. К оценке численности карской белухи методом моделирования // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Центральной Сибири. Красноярск: КНИИГиМС. Вып. 6. С. 34–67.
- Гайденок Н.Д., Чмаркова Г.М. 2003. Исследование влияния промысла и состояния запасов ихтиофауны на численность карской белухи / Териофауна России и сопредельных территорий: Тез. докл. VII съезда Териологического общ-ва. М. С. 88.
- Дорофеев С.В., Клумов С.К. 1935. Промысловая характеристика миграций белухи в районе о. Сахалин // Тр. ВНИРО. Т. 3. С. 7–23.
- Дорошенко Н.В. 2002. Современное состояние китообразных в Охотском море / Морские млекопитающие Голарктики. Матер. II Междунар. конф. (Байкал, Россия, 10–15 сентября 2002 г.). М. С. 101–103.

- Клейненберг С.Е., Яблоков А.В., Белькович В.М., Тарасевич М.Н. 1964. Белуха. Опыт монографического исследования вида. М.: Наука. 456 с.
- Клумов С.К. 1939. Белуха советского Севера (сырьевая база и промысел) // Тр. ВНИРО. Т. XII. М.-Л.: Пищепромиздат. 79 с.
- Кузин А.Е. 2003. Морские млекопитающие Берингова моря (ретроспективный анализ промысла и численности) // Изв. ТИНРО. Т. 134. С. 46–100.
- Литовка Д.И. 2013. Экология анадырской популяции белухи *Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776). Дис. ... канд. биол. наук. Воронеж: ВГУ. 149 с.
- Литовка Д.И. 2020. Анадырская белуха. Анадырь: ДПРИЭ ЧАО. 256 с.
- Макоедов А.Н., Коротаев Ю.А., Антонов Н.П. 1999. Азиатская кета. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 356 с.
- Матишов Г.Г., Огнетов Г.Н. 2006. Белуха *Delphinapterus leucas* арктических морей России: биология, экология, охрана и использование ресурсов. Апатиты: Мурманский морской биол. ин-т КНЦ РАН. 295 с.
- Назаренко Ю.И., Огнетов Г.Н., Яблоков А.В. 1987. Роль морских млекопитающих в биоценозе Белого моря / Проблемы изучения, рац. использования и охраны природных ресурсов Белого моря: Тез. докл. III Регион. конф. Кн. 1. Канда-лакша. С. 54–56.
- Огнетов Г.Н. 1987. Эколого-морфологическая характеристика белухи западного района Советской Арктики и рациональное использование ее запасов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 19 с.
- Слепцов М.М. 1955. Биология и промысел китов дальневосточных морей. М.: Пищепромиздат. 63 с.
- Соболевский Е.И. 1983. Морские млекопитающие Охотского моря, их распространение, численность и роль как потребителей других животных // Биология моря. Т. 9, № 5. С. 13–20.
- Федосеев Г.А. 1976. Характеристика основных популяционных показателей динамики численности тюленей семейства *Phocidae* // Экология. № 5. С. 62–70.
- Шпак О.В., Глазов Д.М. 2013. Устойчивое использование белухи (*Delphinapterus leucas*) в Северо-Охотоморской и Западно-Камчатской рыбопромысловых подзонах // Рыбное хозяйство. № 6. С. 54–61.
- Шунтов В.П. 1993. Современное распространение китов и дельфинов в дальневосточных морях и сопредельных водах Тихого океана // Зоол. журнал. Т. 72. С. 131–141.
- Шунтов В.П. 1994. Новые данные о распространении китов и дельфинов в северо-западной части Тихого океана // Биология моря. Т. 20 (6). С. 436–442.
- Шунтов В.П. 1999. Некоторые особенности современного распределения китов и дельфинов в Охотском море // Океанология. Т. 39 (2). С. 253–257.
- Allen B.M., Angliss R.P. 2015. Alaska Marine Mammal Stock Assessments, 2014 // NOAA Technical Memorandum NMFS-AFSC-301. 313 p.
- Barlow J., Swartz S.L., Eagle T.C., Wade P. 1995. U.S. marine mammal stock assessments: Guidelines for preparation, background, and a summary of the 1995 assessments / NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-95-6.
- Durban J.W., Weller D.W., Perryman W.L. 2017. Gray whale abundance estimates from shore-based counts off California in 2014/15 and 2015/16. Paper SC/A17/GW06 presented to the range wide workshop on gray whales, April 2017 (unpublished). 69 p.
- Frost K.J., Suydam R.S. 2010. Subsistence harvest of beluga or white whales (*Delphinapterus leucas*) in Northern and Western Alaska, 1987–2006 // J. Cetacean Res. Manage. Vol. 11 (3). P. 293–299.
- Lowry L.F., Frost K.J., Zerbini A., DeMaster D., Reeves R.R. 2008. Trend in aerial counts of beluga or white whales (*Delphinapterus leucas*) in Bristol Bay, Alaska, 1993–2005 // Journal of Cetacean Research and Management. № 10. P. 201–207.
- Marine Mammal Stock Assessment Reports by Species/Stock. 2019. NOAA Fisheries annually prepares marine mammal stock assessment reports for all marine mammals in U.S. waters, 2017–2018. 399 p.
- Report of the standing working group on abundance estimate, status of stocks and international cruises. 2018. Materials of 67-th of International Whaling Commission, Scientific Committee / IWC/67/ Rep. 01 (2018)/ Annex Q 25/05/2018. Bled, Slovenia, April–May 2018.
- Sigurjonsson J., Vikingsson G.A. 1997. Seasonal abundance of estimated food consumption by Cetaceans on Islandic and adjacent waters // J. North. Atl. Fish. Sci. Vol. 22. P. 271–287.
- Wade P.R. 1998. Calculating limits to the allowable human-caused mortality of cetaceans and pinnipeds // Marine Mammals Science. Vol. 14 (1). P. 1–37.
- Wade P.R., Angliss R.P. 1997. Guidelines for Assessing Marine Mammal Stocks // Report of the GAMMS Workshop April 3–5, 1996, Seattle, Washington. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-OPR-12. 93 p.
- Zagrebelnyy S.V. 2018. Whaling in Chukotka from 2013 till 2017 / Materials of 67-th of International

Whaling Commission, Scientific Committee/SC/67B/AWMP 20Rev1/ Bled, Slovenia, May 2018. 8 p.

REFERENCES

- Berzin A.A. The number of whales in the Sea of Okhotsk. *Research and rational use of bioresources of the Far Eastern and Northern seas of the USSR and the prospects for creating technical means for the development of unused bioresources of the open ocean*. Tes. Report. Vladivostok: Dalryba, 1985, pp. 79–80. (In Russian)
- Berzin A.A., Vladimirov V.L. Modern distribution and abundance of cetaceans in the Sea of Okhotsk. *Russian Journal of Marine Biology*, 1989, vol. 15, № 2, pp. 15–23. (In Russian)
- Blokhin S.A., Litovka D.I. Gray whale *Eschrichtius robustus* of the Russian Far East: history of discovery, study and production. *Izvestiya TINRO*, 2014, vol. 179, pp. 65–80. (In Russian)
- Bogoslovskaya L.S., Krupnik I.I. Beluga aboriginal hunting in the Far East. *Marine Mammals of the Holarctic*. Materials conf. Arkhangelsk, Russia, September 21–23, 2000. Moscow, 2000, pp. 34–40. (In Russian)
- Boltnev A.I., Grachev A.I., Zharikov K.A., Zhabnikov V.B., Kornev S.I., Kuznetsov V.V., Litovka D.I., Myasnikov V.G., Shafikov I.N. Resources of marine mammals and their fisheries in 2013. *Trudy VNIRO*, 2016, vol. 160, pp. 230–249. (In Russian)
- Vladimirov V.L. Modern distribution and abundance of whales in the Far Eastern seas. *Russian Journal of Marine Biology*, 1994, vol. 20 (1), pp. 3–13. (In Russian)
- Vladimirov V.L. Modern distribution, abundance and population structure of whales in the Far Eastern seas. *Materials of the Soviet whaling industry (1949–1979)*. Moscow, 2000, pp. 104–122. (In Russian)
- Gaydenok N.D., Ognetrov G.N. On the assessment of the number of Kara Seas Beluga by the modeling method. *Problems of the use and protection of natural resources in Central Siberia*. Krasnoyarsk, 2004, vol. 6, pp. 34–67. (In Russian)
- Gaydenok N.D., Chmarkova G.M. Study of the influence of fishing and the state of ichthyofauna stocks on the number of Kara beluga whales. *Teriofauna of Russia and adjacent territories: Proceedings*. Report VII Congress of the Theriological Society. Moscow, 2003, pp. 88. (In Russian)
- Doroshenko N.V. Current status of cetaceans in the Sea of Okhotsk. *Marine Mammals of the Holarctic*. Materials of the 2nd int. conf. Baikal, Russia, September 10–15, 2002. Moscow, 2002, pp. 101–103. (In Russian)
- Dorofeev S.V., Klumov S.K. Commercial characteristics of beluga whale migrations in the area of the Island Sakhalin. *Trudy VNIRO*, 1935, vol. 3, pp. 7–23. (In Russian)
- Kleinenberg S.E., Yablokov A.V., Belkovich V.M., Tarasevich M.N. Belukha. *Opyt monograficheskogo issledovaniya vida* [White whale. Experience of a monographic study of the species]. Moscow: Nauka, 1964, 456 p.
- Klumov S.K. Beluga whale of the Soviet north (raw material base and fishing). *Trudy VNIRO*, 1939, vol. XII, Moscow-Leningrad: Pishchepromizdat. 79 p. (In Russian)
- Kuzin A.E. Marine mammals of the Bering Sea (retrospective analysis of fishery and abundance) // *Izvestiya TINRO*, 2003, vol. 134, pp. 46–100. (In Russian)
- Litovka D.I. *Ekologiya anadyrskoy populyatsii belukhi Delphinapterus leucas (Pallas, 1776)*. Dis. kand. biol. nauk. [Ecology of the Anadyr population of the white whale *Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776). Diss. cand. biol. sciences], 2013, Voronezh, 149 p.
- Litovka D.I. *Anadyrskaya Belukha* [Anadyr white whale]. Anadyr, 2020, 256 p.
- Makoedov A.N., Korotaev Yu.A., Antonov N.P. *Aziatskaya keta* [Asian chum]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 1999, 356 p.
- Matishov G.G., Ognetrov G.N. *Belukha Delphinapterus leucas arkticheskikh morey Rossii: biologiya, ekologiya, okhrana i ispolzovaniye resursov* [Beluga whale *Delphinapterus leucas* of the Arctic seas of Russia: biology, ecology, protection and use of resources]. Apatity: Murmansk Mar. Biol. Inst., 2006, 295 p.
- Nazarenko Yu.I., Ognetrov G.N., Yablokov A.V. The role of marine mammals in the biocenosis of the White Sea. *Problems of study, rats. use and protection of natural resources of the White Sea: Proceedings*. Report III region. conf. Book. 1. Kandalaksha, 1987, pp. 54–56. (In Russian)
- Ognetrov G.N. *Ekologo-morfologicheskaya kharakteristika belukhi zapadnogo rayona Sovetskoy Arktiki i ratsionalnoye ispolzovaniye yeye zapasov: Avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Ecological and morphological characteristics of the beluga whale in the western region of the Soviet Arctic and the rational use of its stocks: Abstract of the thesis. Dissert]. Moscow, 1987, 19 p.
- Sleptsov M.M. *Biologiya i promysel kitov dalnevostochnykh morey* [Biology and fishing of whales in the Far Eastern seas]. Moscow: Pishchepromizdat, 1955, 63 p.
- Sobolevsky E.I. Marine mammals of the Sea of Okhotsk, their distribution, abundance and role as con-

- sumers of other animals. *Russian Journal of Marine Biology*, 1983, vol. 9, № 5, pp. 13–20. (In Russian)
- Shpak O.V., Glazov D.M. Sustainable use of the Beluga whale (*Delphinapterus leucas*) in the North Sea of Okhotsk and West Kamchatka fishing subzones. *Rybnoe khozyaystvo*, 2013, vol. 6, pp. 54–61. (In Russian)
- Shuntov V.P. Modern distribution of whales and dolphins in the Far Eastern Seas and adjacent waters of the Pacific Ocean. *Zoologicheskii Journal*, 1993, vol. 72, pp. 131–141. (In Russian)
- Shuntov V.P. New data on the distribution of whales and dolphins in the northwestern part of the Pacific Ocean. *Russian Journal of Marine Biology*, 1994, vol. 20 (6), pp. 436–442. (In Russian)
- Shuntov V.P. Some features of the modern distribution of whales and dolphins in the Sea of Okhotsk. *Oceanology*, 1999, vol. 39 (2), pp. 253–257. (In Russian)
- Fedoseev G.A. Characteristics of the main population indicators of the dynamics of the number of seals of the Phocidae family. *Ecology*, 1976, vol. 5, pp. 62–70. (In Russian)
- Allen B.M., Angliss R.P. Alaska Marine Mammal Stock Assessments, 2014. *NOAA Technical Memorandum NMFS-AFSC-301*, 2015, 313 p.
- Barlow J., Swartz S.L., Eagle T.C., Wade P. U.S. marine mammal stock assessments: Guidelines for preparation, background, and a summary of the 1995 assessments. *NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-95-6*, 1995.
- Durban J.W., Weller D.W., Perryman W.L. Gray whale abundance estimates from shore-based counts off California in 2014/15 and 2015/16. *Paper SC/A17/GW06 presented to the rangewide workshop on gray whales*, April 2017 (unpublished). 69 p.
- Frost K.J., Suydam R.S. Subsistence harvest of beluga or white whales (*Delphinapterus leucas*) in Northern and Western Alaska, 1987–2006. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2010, vol. 11 (3), pp. 293–299.
- Lowry L.F., Frost K.J., Zerbini A., DeMaster D., Reeves R.R. Trend in aerial counts of beluga or white whales (*Delphinapterus leucas*) in Bristol Bay, Alaska, 1993–2005. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2008, vol. 10, pp. 201–207.
- Marine Mammal Stock Assessment Reports by Species. Stock. *NOAA Fisheries annually prepares marine mammal stock assessment reports for all marine mammals in U.S. waters*, 2017–2018. 2019, 399 p.
- Report of the standing working group on abundance estimate, status of stocks and international cruises. *Materials of 67-th of International Whaling Commission*, Scientific Committee / IWC/67/ Rep. 01 (2018)/ Annex Q 25/05/2018. Bled, Slovenia, April–May 2018.
- Sigurjonsson J., Vikingsson G.A. Seasonal abundance of estimated food consumption by Cetaceans on Islandic and adjacent waters. *J. North. Atl. Fish. Sci.*, 1997, vol. 22, pp. 271–287.
- Wade P.R. Calculating limits to the allowable human-caused mortality of cetaceans and pinnipeds. *Marine Mammals Science*, 1998, vol. 14 (1), pp. 1–37.
- Wade P.R., Angliss R.P. Guidelines for Assessing Marine Mammal Stocks. *Report of the GAMMS Workshop* April 3–5, 1996, Seattle, Washington. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-OPR-12. 1997, 93 p.
- Zagrebelnyy S.V. Whaling in Chukotka from 2013 till 2017 // Materials of 67-th of International Whaling Commission, Scientific Committee / SC/67B/ AWMP 20Rev1/ Bled, Slovenia, May 2018. 8 p.

Информация об авторах

С.В. Загребельный — вед. н. с. ВНИРО

М.В. Чакилев — и. о. зав. лабораторией морских млекопитающих ЧукотНИО

Information about the authors

Sergey V. Zagrebelnyy – Leading Scientist VNIRO

Maxim V. Chakilev – Acting Chief of Marine Mammals Lab. of ChukotNIO

Статья поступила в редакцию: 24.06.2022

Одобрена после рецензирования: 11.10.2022

Статья принята к публикации: 13.10.2022



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 обнародования 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 и диаграммы — в Excel, таблицы — в формате Word, рисунки — TIF, JPEG, AI, EPS);
- файл с подписуемыми 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;
- название научного учреждения, город, страна, электронный адрес. Если авторов несколько, и они работают в разных учреждениях, то эти данные приводятся в том порядке, в каком расположены фамилии авторов;
- краткая аннотация (согласно ГОСТ Р 7.0.7–2021, не более 250 слов);
- ключевые слова (от 3 до 15), не используя обобщенные и многозначные слова, а также словосочетания, содержащие причастные обороты;
- благодарности (при необходимости);
- библиографическая запись для цитирования.

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, список источников, дополнительные сведения об авторе (авторах): должность, научная степень.

В тексте и таблицах в числах десятичные знаки отделяются запятой.

Таксоны: род и вид набираются курсивом.

Знаки: градус, минута ($3^{\circ} 46' 74''$ с. ш.), плюс-минус ($\pm$), процент (%), промилле (‰), продецимилле (‱) и умножение ($\times$) набираются символами.

Иллюстративный материал

Все рисунки должны быть пронумерованы в последовательности, соответствующей упоминанию в статье, и номерами привязаны к подписуемому 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 подписуемой 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 источников

В список источников 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 источников составляется в алфавитном порядке; сначала источники на русском языке, затем — на иностранном. Указываются только опубликованные работы, отмеченные ссылками в тексте.

В списке источников указываются фамилии всех авторов. 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 приводятся 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 1998 г.). 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.

... // Вopr. 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.: 8 (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-летию 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. Варнавальская 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

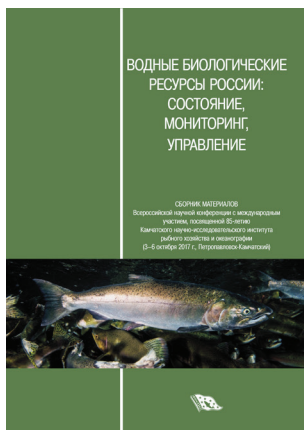
Крогиус Ф.В. Воспоминания о Камчатке и о создании научной работы (1932–1985)	8
Полутов И.А. Избранные главы из книги воспоминаний «Давным-давно» (1995)	33
Акулин В.Н. Моя Камчатка. Шестидесятые годы	47
Яцковский А.И. О камчатских ихтиологах: из книги «По горам и долинам Камчатки» (1959)	56
Корягина (Бирман) 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
Варнавальская 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

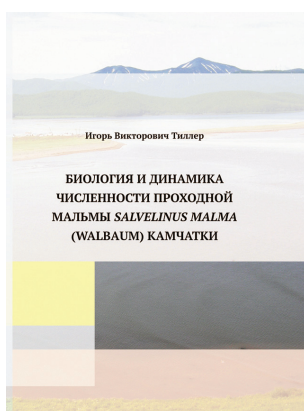


Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление. Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (3–6 октября 2017 г., Петропавловск-Камчатский). 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

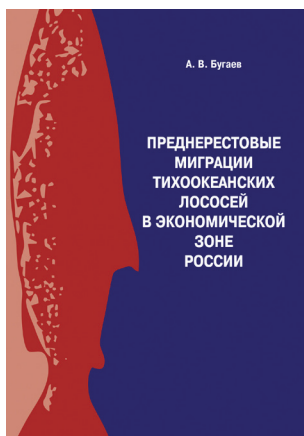
Сборник содержит материалы по следующим направлениям: воспроизводство и динамика запасов водных биологических ресурсов; методические аспекты мониторинга, оценки и прогнозирования состояния запасов водных биологических ресурсов, стратегии управления промыслом; популяционные и генетические исследования 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 покатной 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 дрейтерных 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 дрейтерных 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, ос-

новные 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 дрейтерных 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.

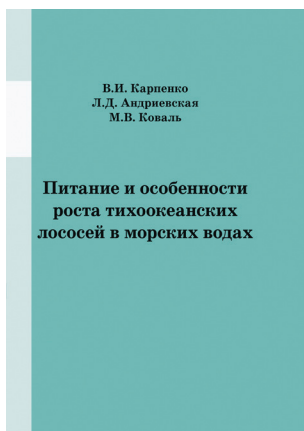
Один из основоположников пресноводной гидробиологии на Дальнем Востоке, Игорь Иванович был признанным ведущим специалистом в области изучения фауны лососевых нерестово-выростных водоемов. Он исследовал множество озер полуострова, и результатом стала уникальная работа — «Зоопланктон озер Камчатки». Изучение влияния вулканического пепла на биологическую продуктивность водных объектов воплотилось в идею фертилизации камчатских водоемов, которая затем была с успехом реализована, он также был «первооткрывателем» использования геотермальных вод при искусственном воспроизводстве лососей.

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 Кам-

чатка. 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.

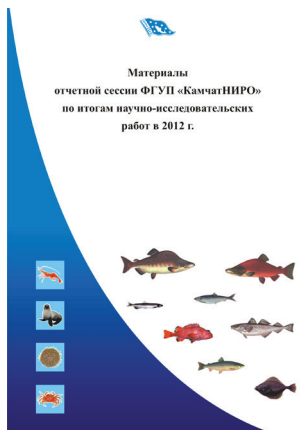
Электронная версия доступна по ссылке: www.kamniro.ru/publishing/kamniro/sovremennoe_sostoyanie_i_metody_izucheniya_ekosistem_vnutrennih_vodoemov



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.



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 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 маломерного флота, а также студентов, обучающихся по специальностям «Промышленное рыболовство» и «Промысловое судовождение».



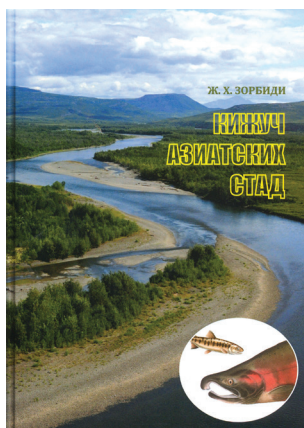
Дьяков Ю.П. **Камбалообразные (PLEURONECTIFORMES) дальневосточных морей России** (пространственная организация фауны, сезоны и продолжительность нереста, популяционная структура вида, динамика популяций). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2011. 428 с.

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.



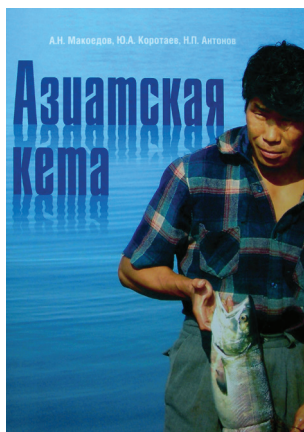
Сергеева Н.П., Варкентин А.И., Буслов А.В. **Шкала стадий зрелости гонад минтая.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2011. 92 с.

Минтай — наиболее значимый объект современного рыболовства в Дальневосточном регионе. На основании полученных авторами ранее результатов по исследованию особенностей полового созревания, оогенеза и сперматогенеза североокеанского 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.



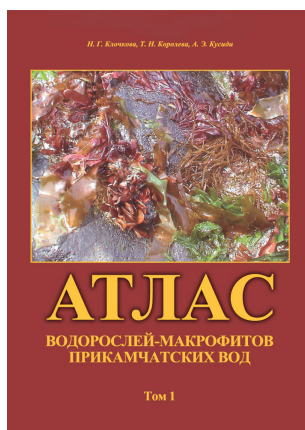
Зорбиди Ж.Х. **Кижуч азиатских стад.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2010. 306 с.

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.



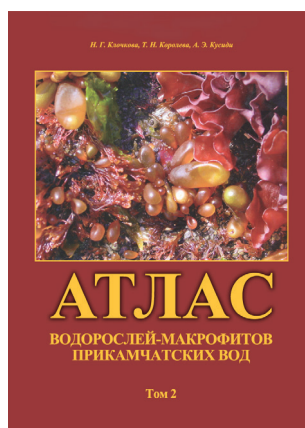
Макоедов А.Н., Коротаев Ю.А., Антонов Н.П. **Азиатская кета.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 356 с.

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@vniro.ru

Научный рецензируемый журнал

**«Исследования водных биологических ресурсов Камчатки
и северо-западной части Тихого океана»**

Выпуск 66. 2022

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

Номер свидетельства о регистрации СМИ — ПИ № ФС 77-77203, дата регистрации 08.11.2019,
выдано 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: 8 (4152) 41-27-01. E-mail: kamniro@vniro.ru, pressa@kamniro.ru

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
Адрес учредителя: 105187, Москва, Окружной проезд, д. 19.
Тел.: 8 (499) 264-93-87. Факс: 8 (499) 264-91-87. E-mail: vniro@vniro.ru

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 21.12.2022. Дата выхода 27.12.2022, № 3 (66), 2022.

Формат 60×84/8. Печать офсетная.

Усл. печ. л.: 7. Заказ № КП00-6864. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Типографии ООО «Камчатпресс».

Адрес: 683024 Петропавловск-Камчатский, ул. Кроноцкая, д. 12а.