

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<sup>✉</sup>, 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<sup>✉</sup>

**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<sup>✉</sup>, 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<sup>✉</sup>

**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 км<sup>2</sup>. 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 км<sup>2</sup>, нерка — 16,75 км<sup>2</sup>, горбуша — 1,21 км<sup>2</sup>, кета — 5,21 км<sup>2</sup>, кижуч — 5,95 км<sup>2</sup> (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](http://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 пуги 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 км<sup>2</sup> (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- $\alpha$ ) 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

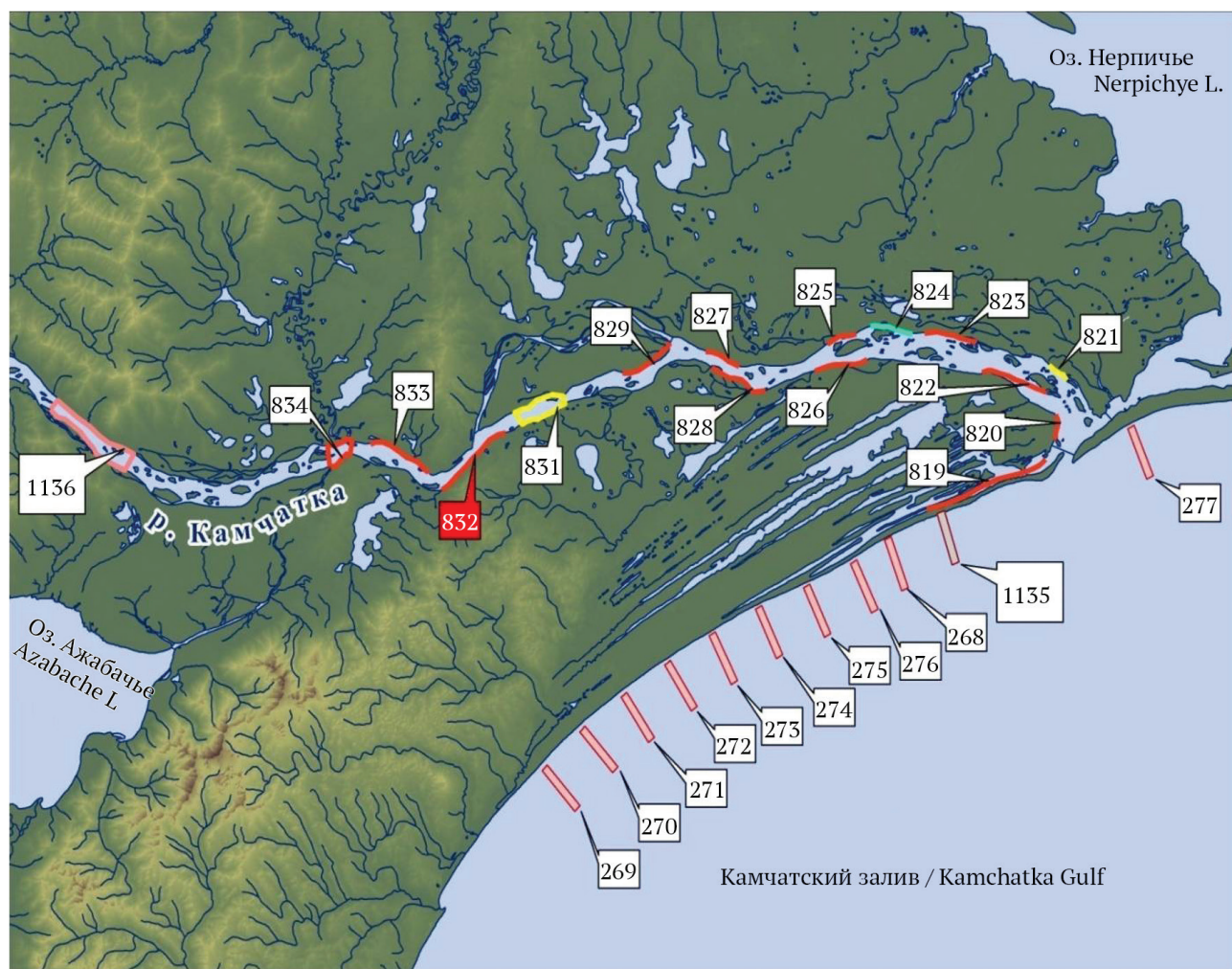


Рис. 1. Расположение морских (Камчатский залив) и речных (нижнее течение р. Камчатки) рыболовных участков (РЛУ) в Усть-Камчатском районе (красным цветом помечен речной контрольный РЛУ № 832)  
Fig. 1. Distribution of marine (Kamchatka Gulf) and river (lower reaches of the Kamchatka River) fishing plots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

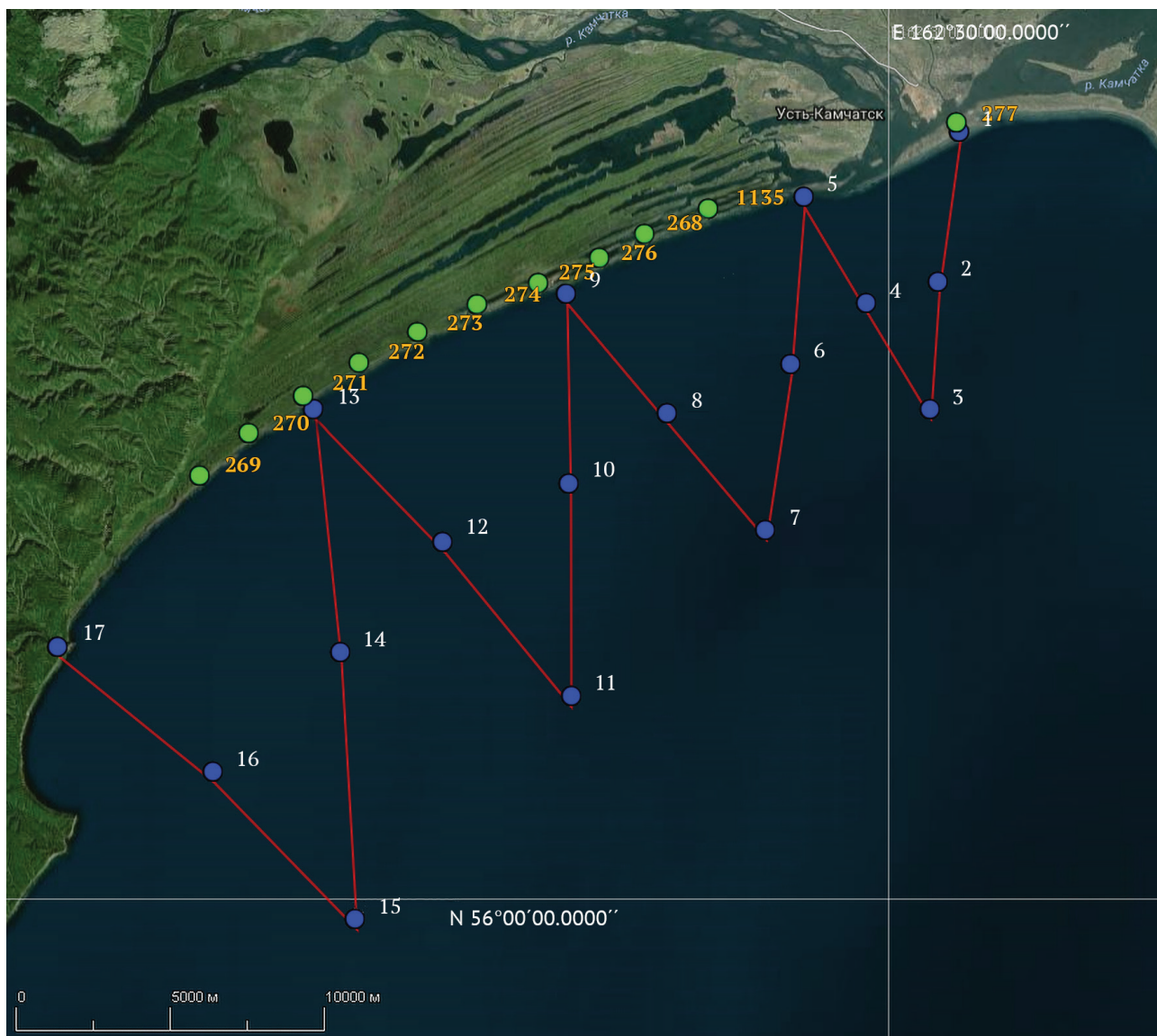


Рис. 2. Генеральная схема галсов гидролого-гидроакустических съемок и расположение станций вертикального зондирования водного слоя в Камчатском заливе в 2019–2021 гг.  
Fig. 2. General scheme of the tracks of hydrological-hydroacoustic surveys and distribution of the stations of vertical sounding the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

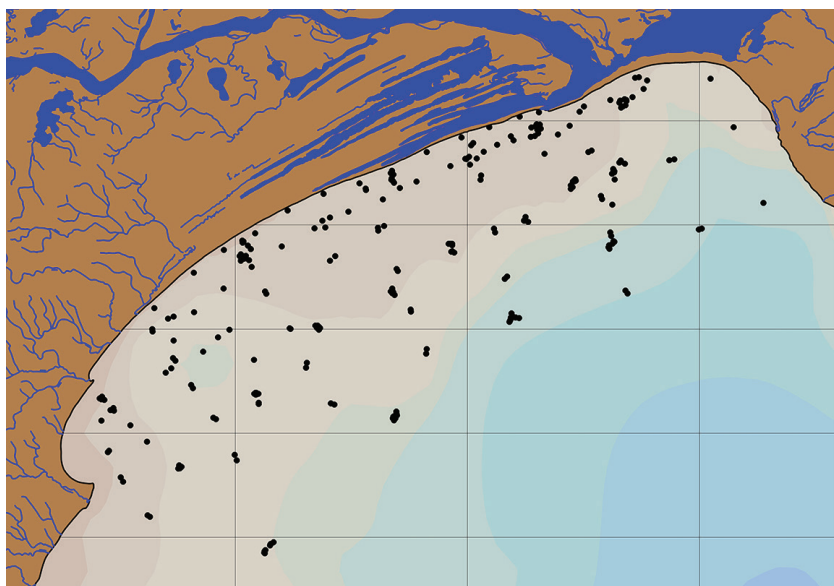


Рис. 3. Общая схема фактических гидрологических станций (вертикальное зондирование), выполненных при проведении гидролого-гидроакустических съемок в Камчатском заливе в 2019–2021 гг.  
Fig. 3. General scheme of actual hydrological stations (vertical sounding), examined during the hydrological-hydroacoustic 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
<b>2019 г.</b>	<b>106</b>	<b>1890</b>
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
<b>2020 г.</b>	<b>105</b>	<b>3253</b>
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
<b>2021 г.</b>	<b>73</b>	<b>0</b>
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	–
<b>ВСЕГО / TOTAL</b>	<b>284</b>	<b>5143</b>

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](http://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](http://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-

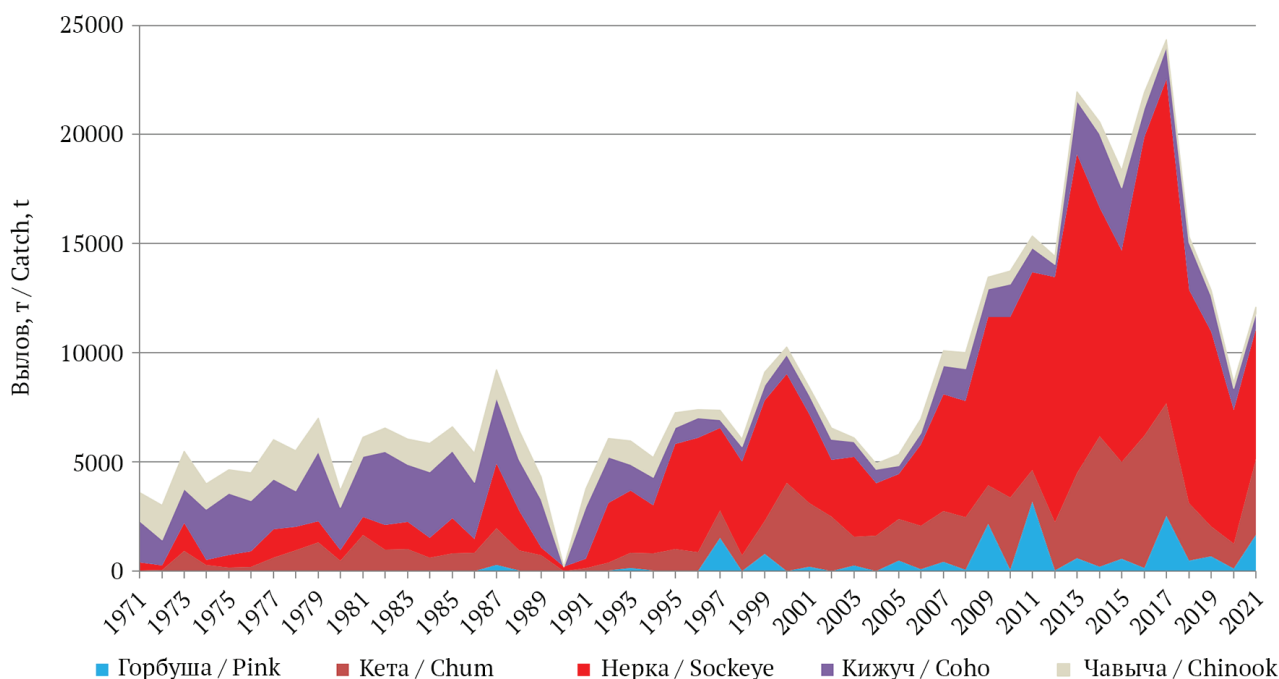


Рис. 5. Динамика уловов тихоокеанских лососей р. Камчатки по данным 1971–2021 гг.  
Fig. 5. Dynamics of Pacific salmon catches in the Kamchatka River on the data for 1971–2021

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 показательным 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.

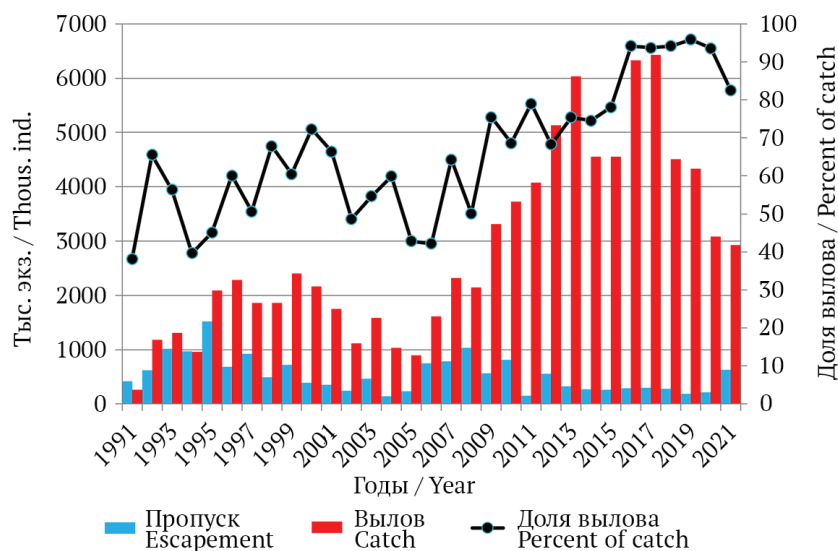


Рис. 6. Динамика подходов (пропуск и вылов) и интенсивность промысла нерки р. Камчатки по данным 1991–2021 гг.  
Fig. 6. Dynamics of the run (catch and escapement) and intensity of harvesting sockeye salmon of Kamchatka River on the data for 1991–2021

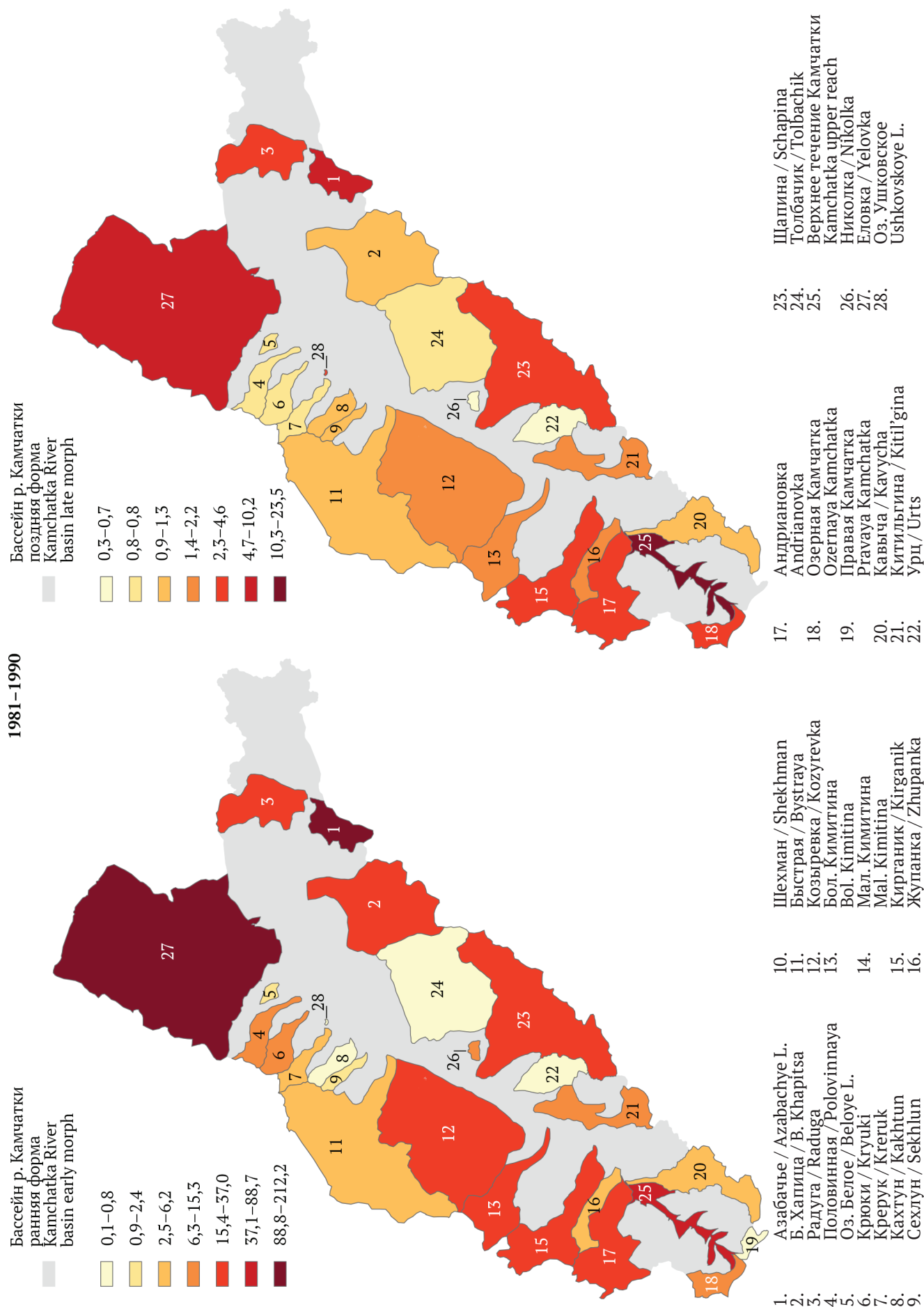


Рис. 7. Карты-схемы среднегодового пространственного и количественного распределения нерки на нерестилищах бассейна р. Камчатка по десятилетиям 1981–2020 гг.: слева – ранняя форма, справа – поздняя форма  
Fig. 7. Schematic maps of the longterm average spatial and quantitative distribution of sockeye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

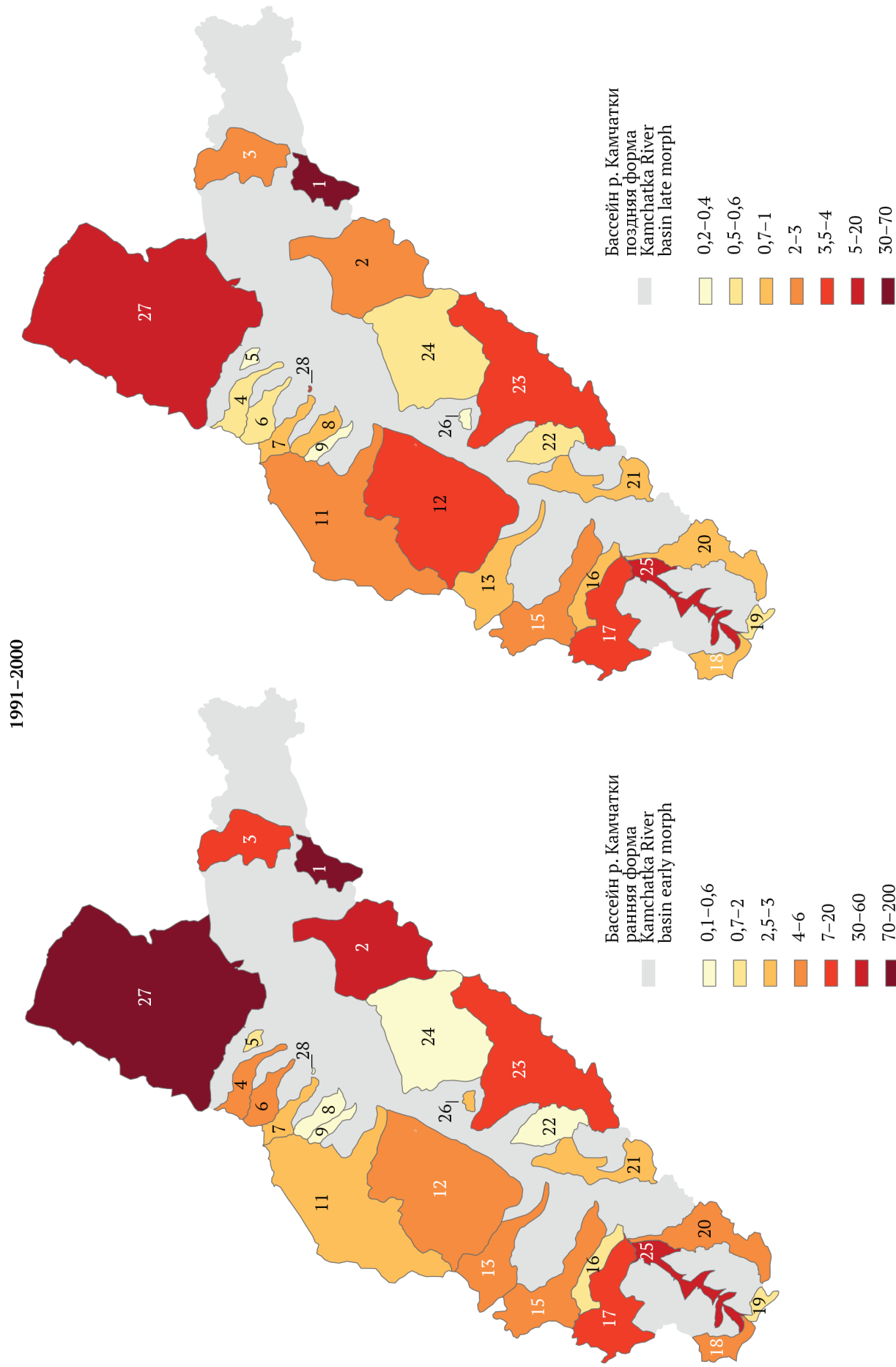


Рис. 7. Продолжение. Начало на с. 13 / Fig. 7. Continued. Begins on page 13

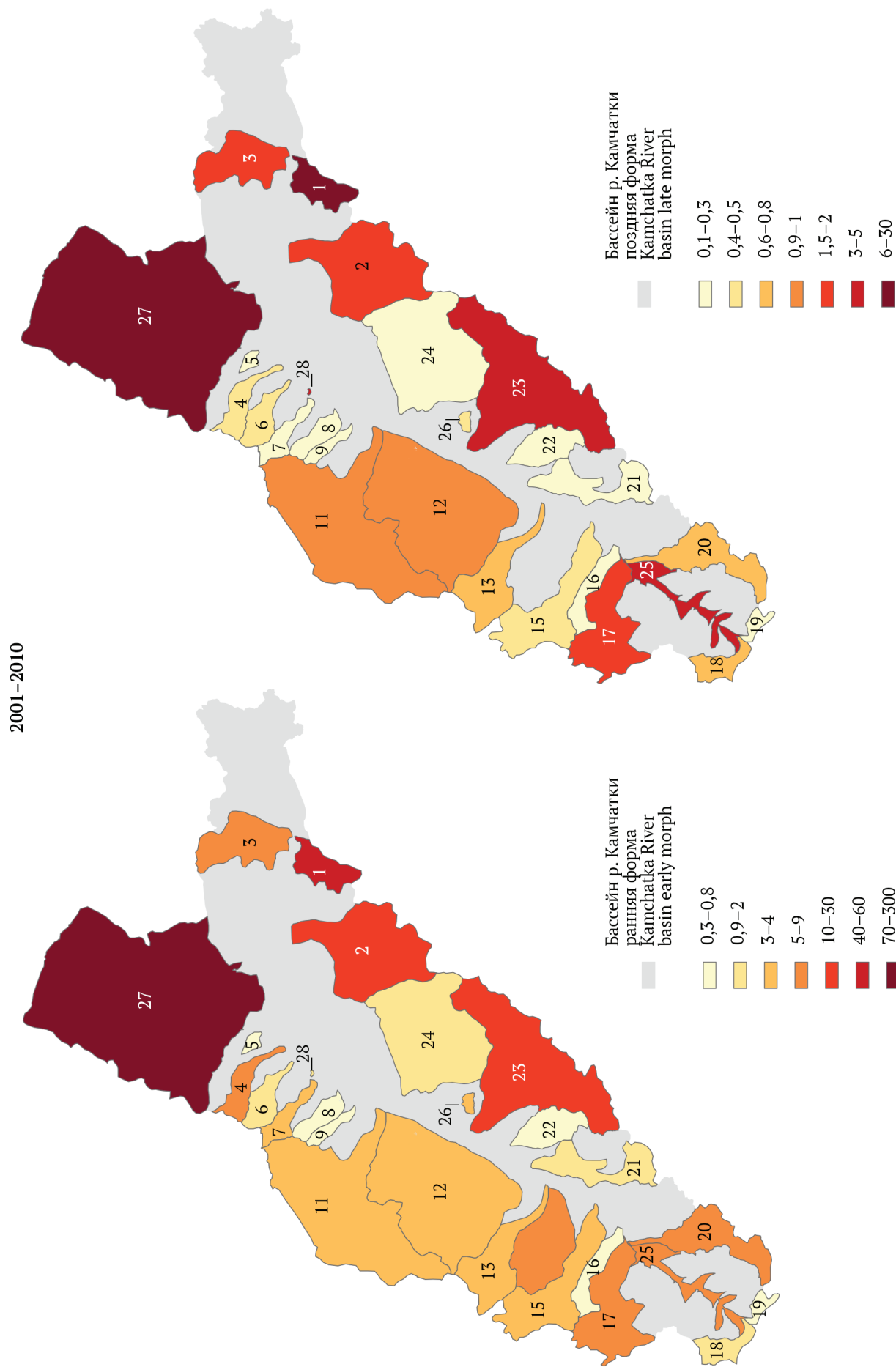


Рис. 7. Продолжение. Начало на с. 13 / Fig. 7. Continued. Begins on page 13

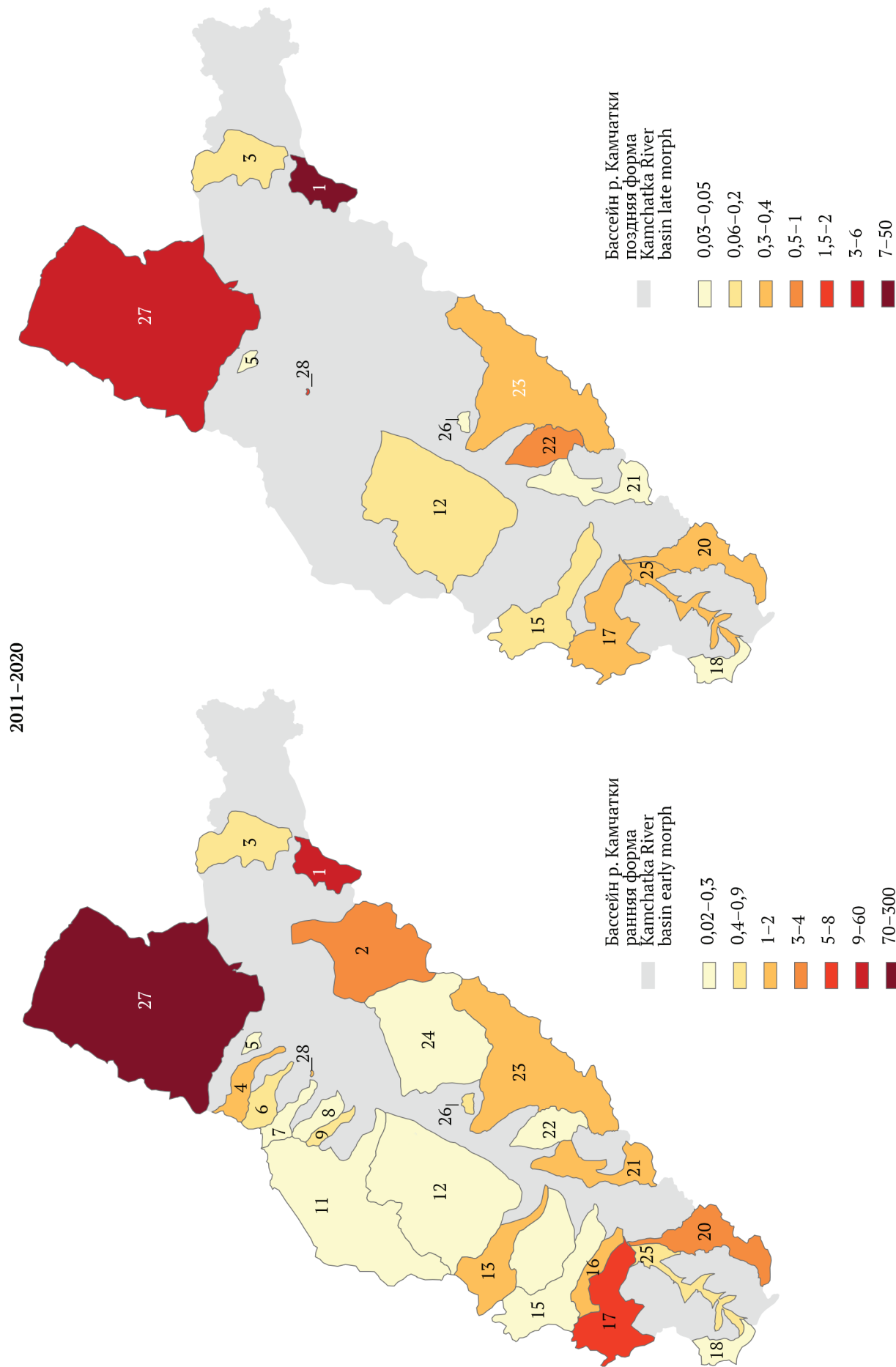


Рис. 7. Окончание. Начало на с. 13 / Fig. 7. The end. Begins on page 13

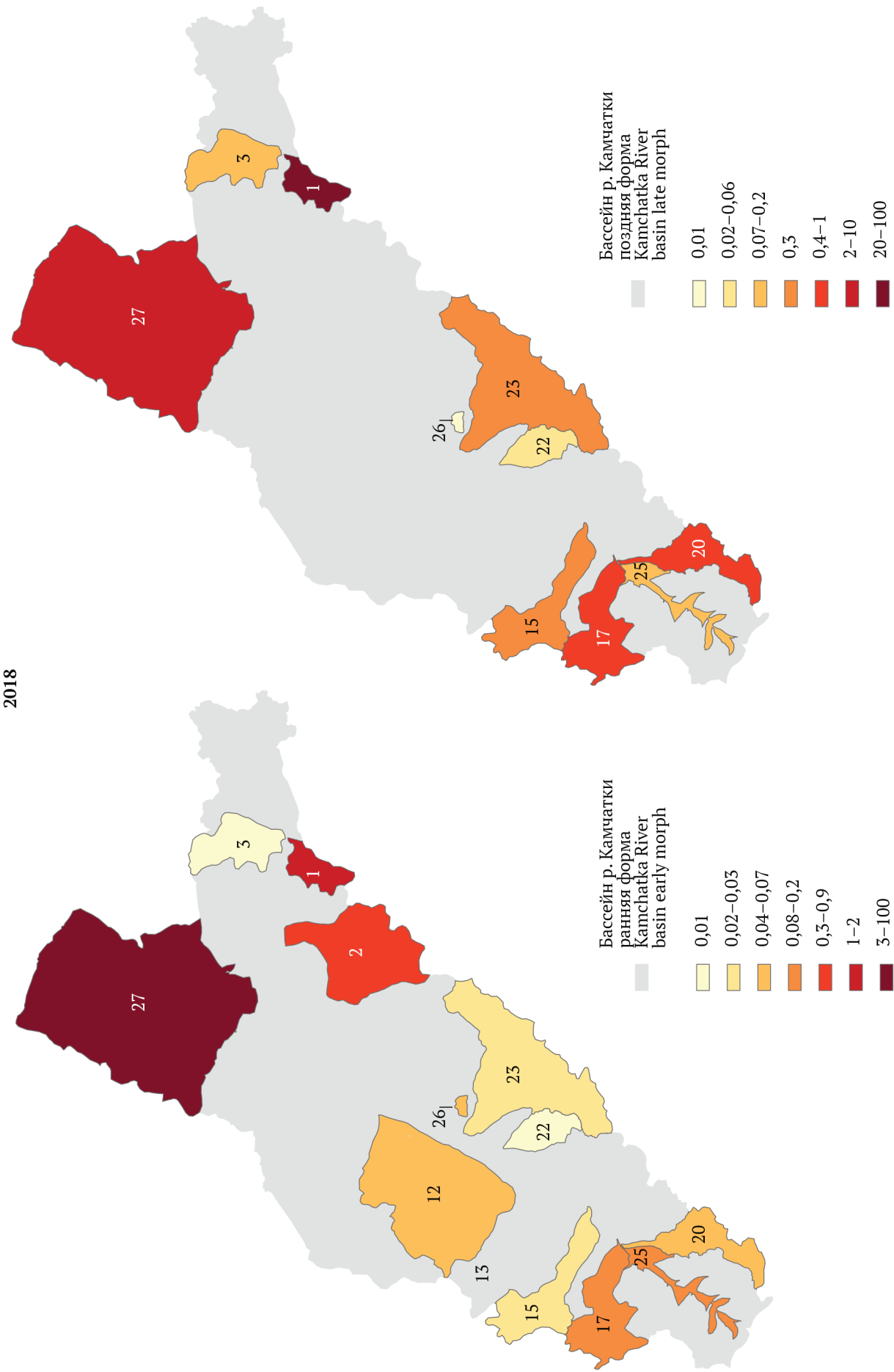


Рис. 8. Карты-схемы пространственного и количественного распределения нерки на нерестилищах бассейна р. Камчатка в 2019–2021 гг.: слева — ранняя форма, справа — поздняя. Нумерация бассейнов аналогично рис. 7  
Fig. 8. Schematic maps of the spatial and quantitative distribution of sockeye salmon on spawning 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

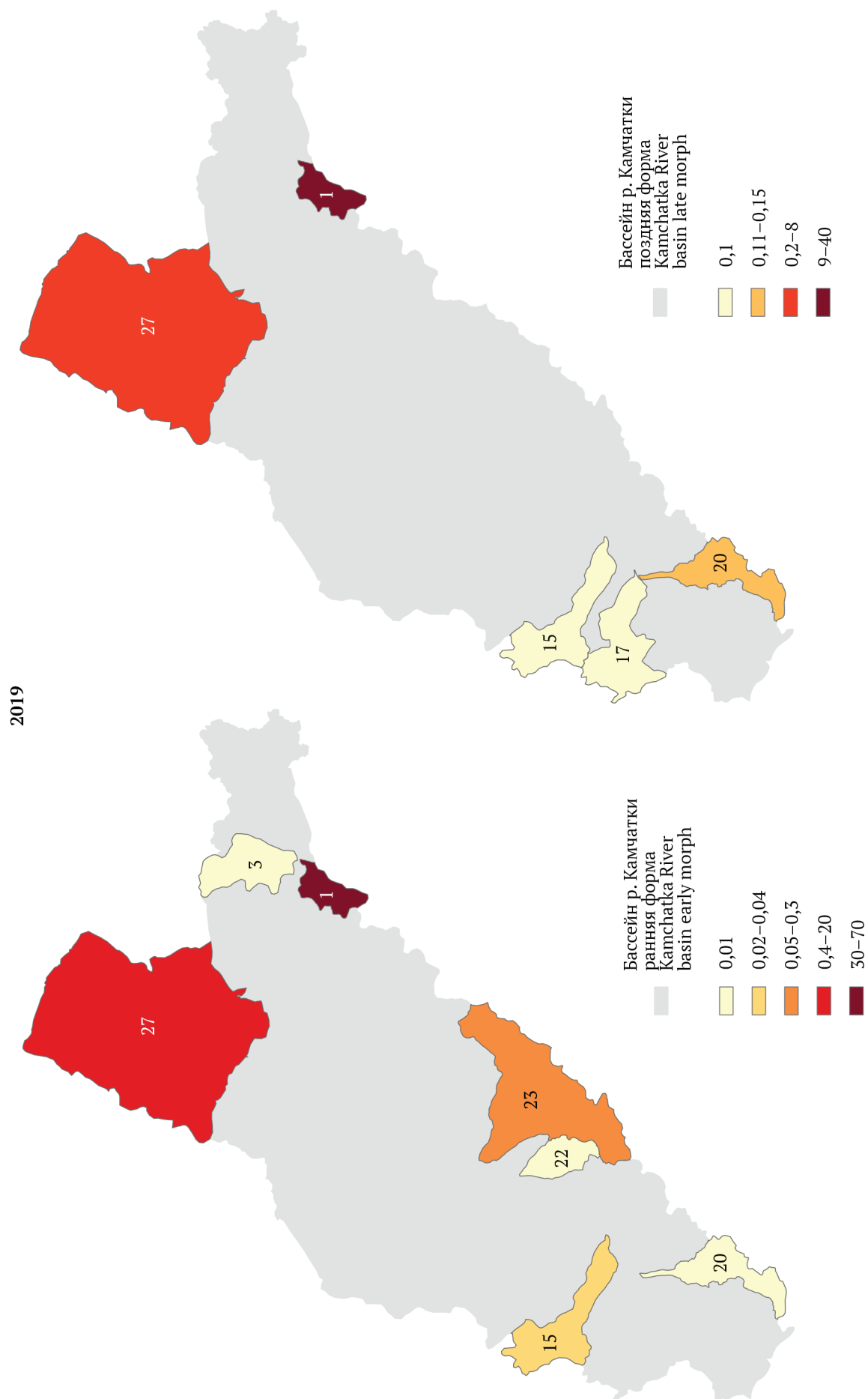


Рис. 8. Продолжение. Начало на с. 17 / Fig. 8. Continued. Begins on page 17

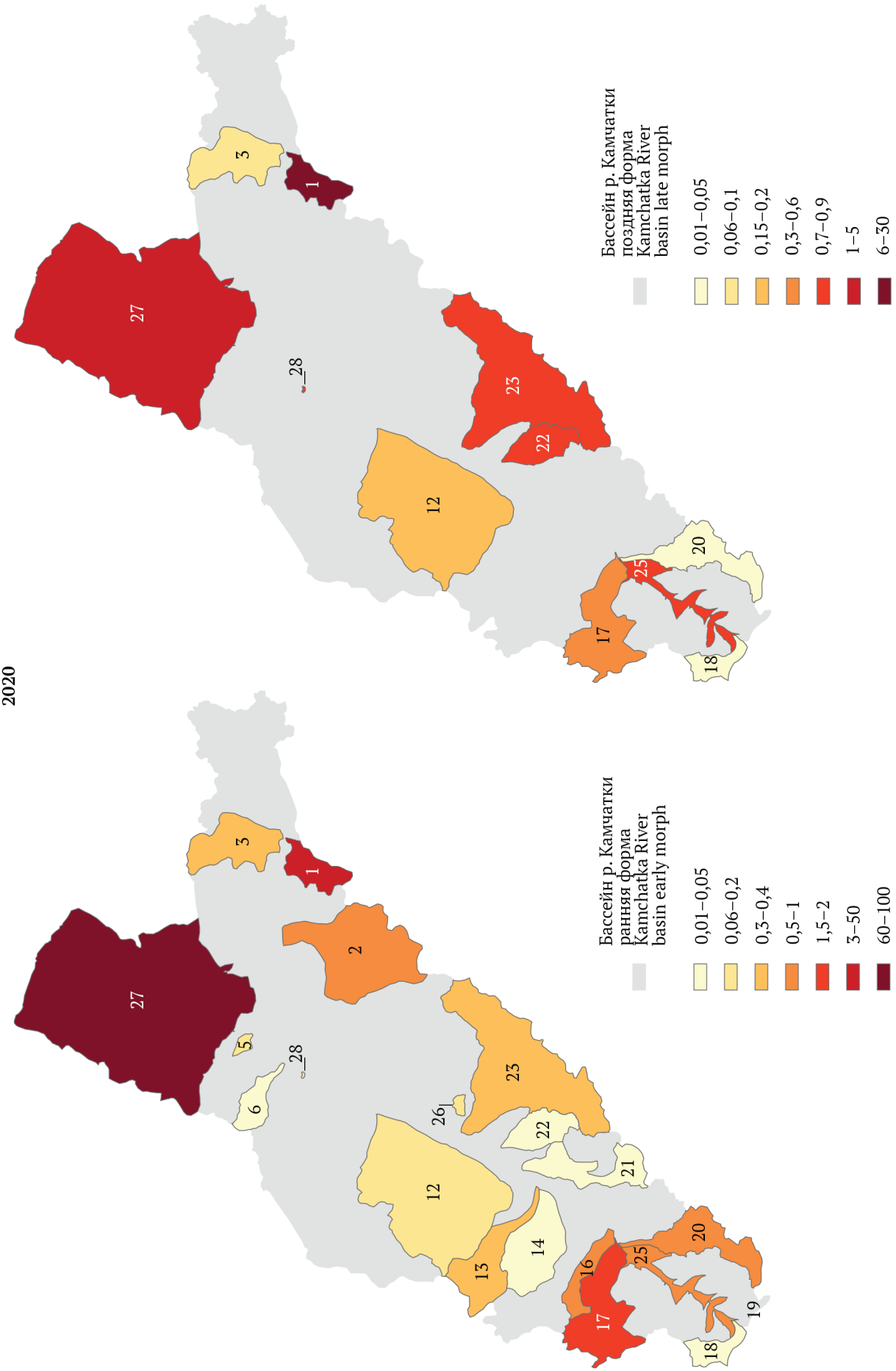


Рис. 8. Продолжение. Начало на с. 17 / Fig. 8. Continued. Begins on page 17

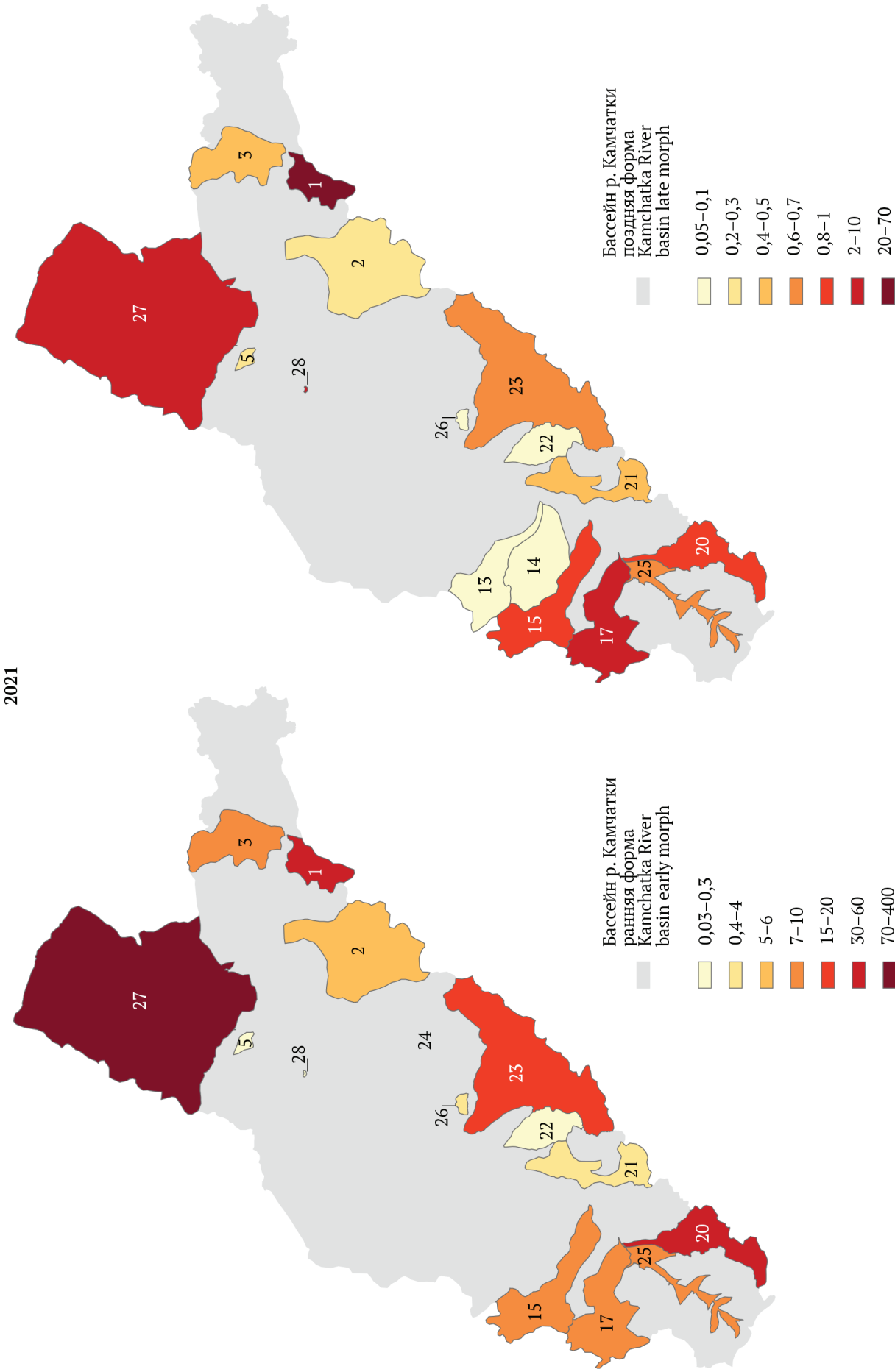


Рис. 8. Окончание. Начало на с. 17 / Fig. 8. The end. Begins on page 17

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

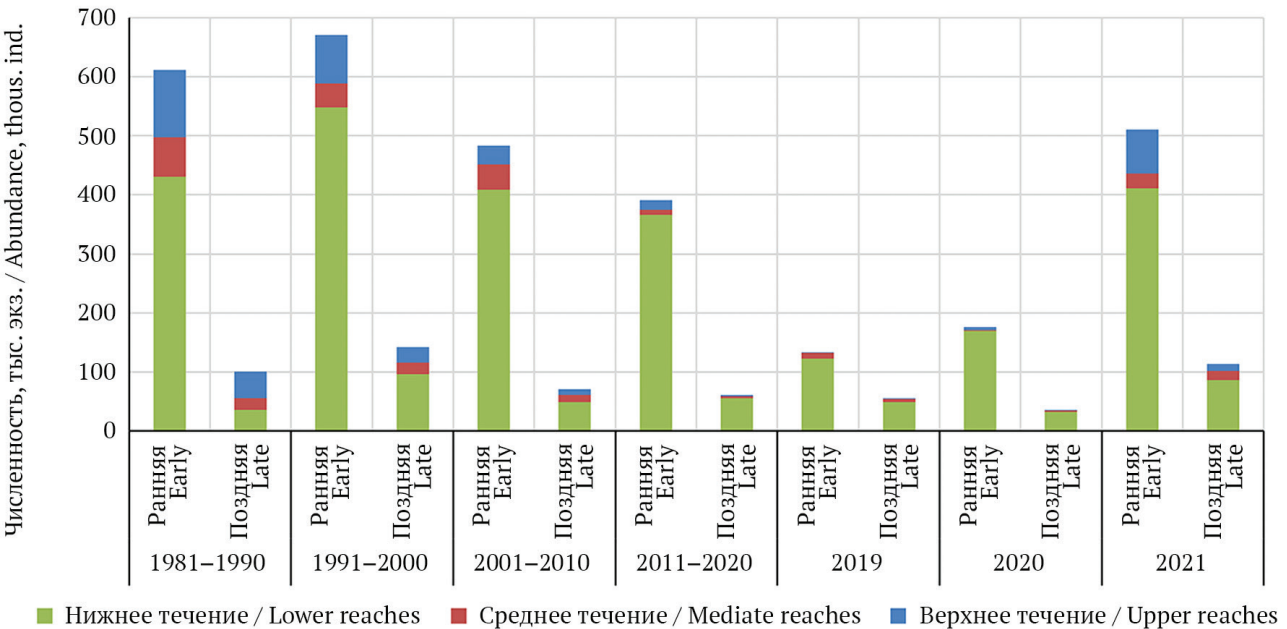


Рис. 9. Динамика численности пропуска ранней и поздней форм нерки на нерестилища нижнего, среднего и верхнего течений бассейна р. Камчатки в 1981–2021 гг.  
Fig. 9. Dynamics of the escapement of sockeye salmon early and late morphs on spawning grounds of the lower, mediate and upper reaches of the Kamchatka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

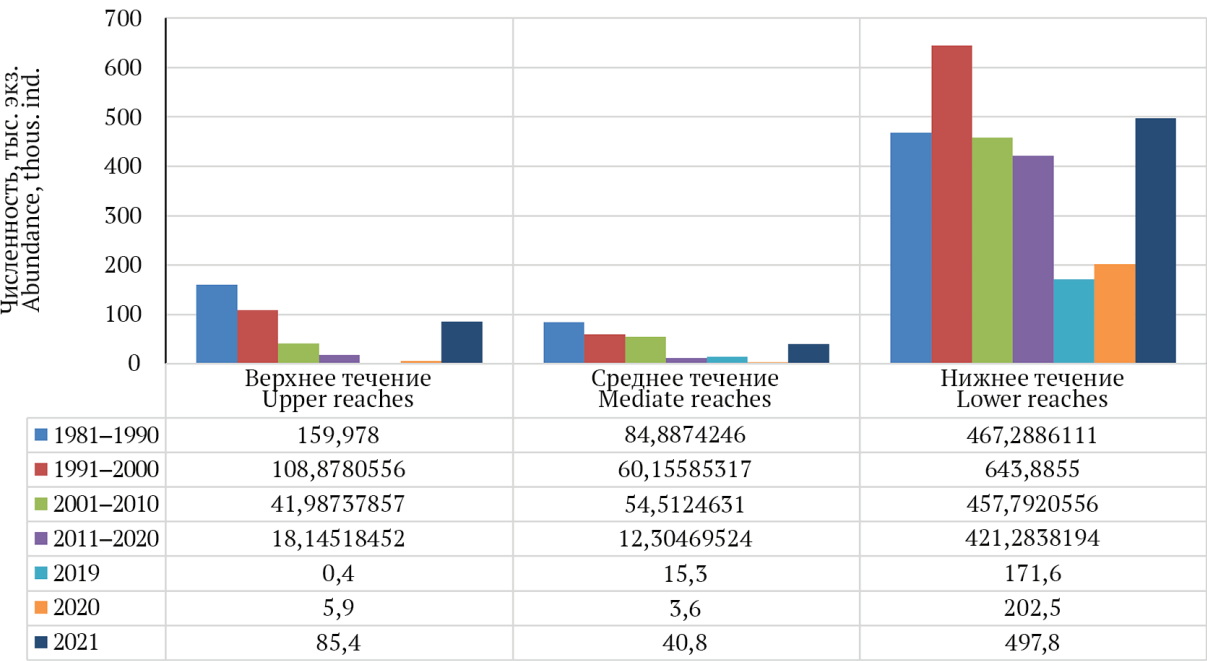


Рис. 10. Среднемноголетнее распределение численности пропуска нерки на нерестилища нижнего, среднего и верхнего течений бассейна р. Камчатки в 1981–2021 гг.  
Fig. 10. Longterm average distribution of sockeye salmon escapement on spawning grounds of the lower, mediate and upper reaches of the Kamchatka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

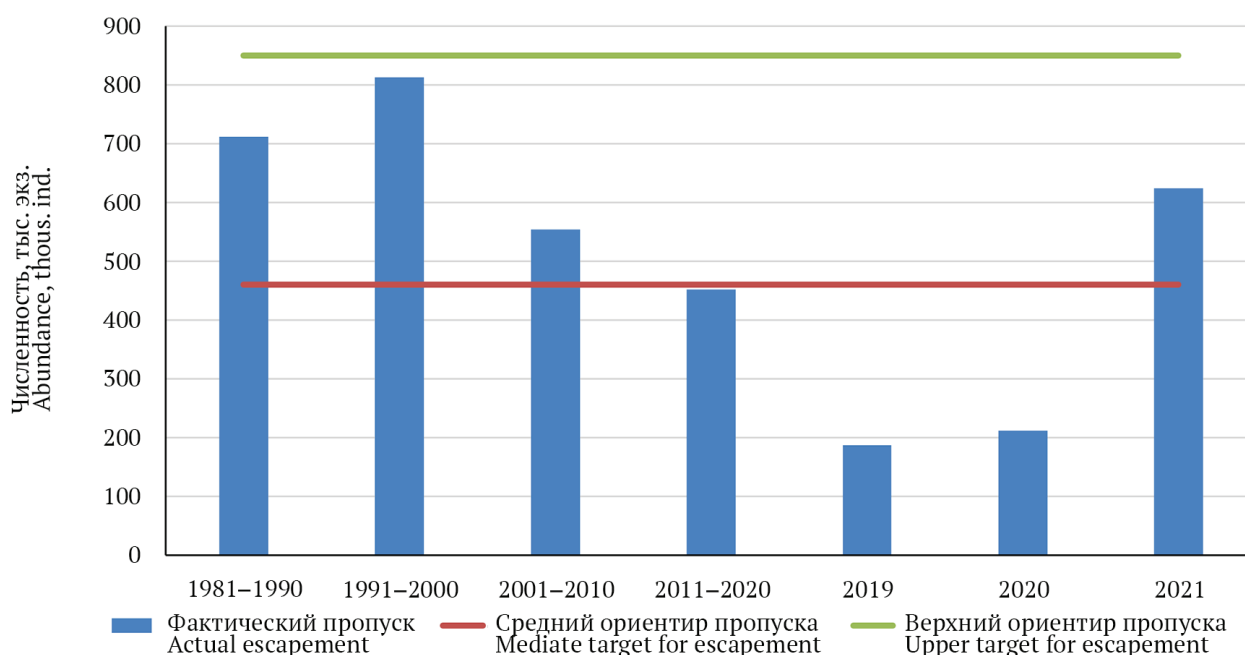


Рис. 11. Динамика численности нерки на нерестилищах бассейна р. Камчатки относительно целевых ориентиров пропуска по данным 1981–2021 гг.

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

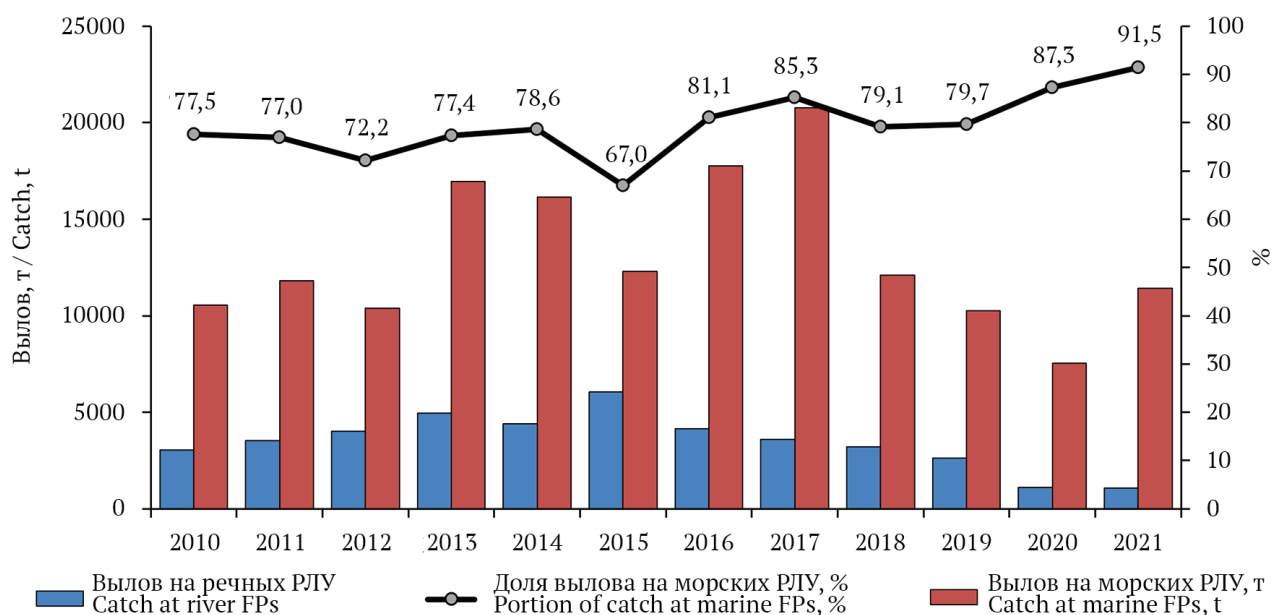


Рис. 12. Динамика вылова нерки р. Камчатки на речных и морских рыболовных участках (РЛУ) по данным 2012–2021 гг.

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- $\alpha$ ). 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

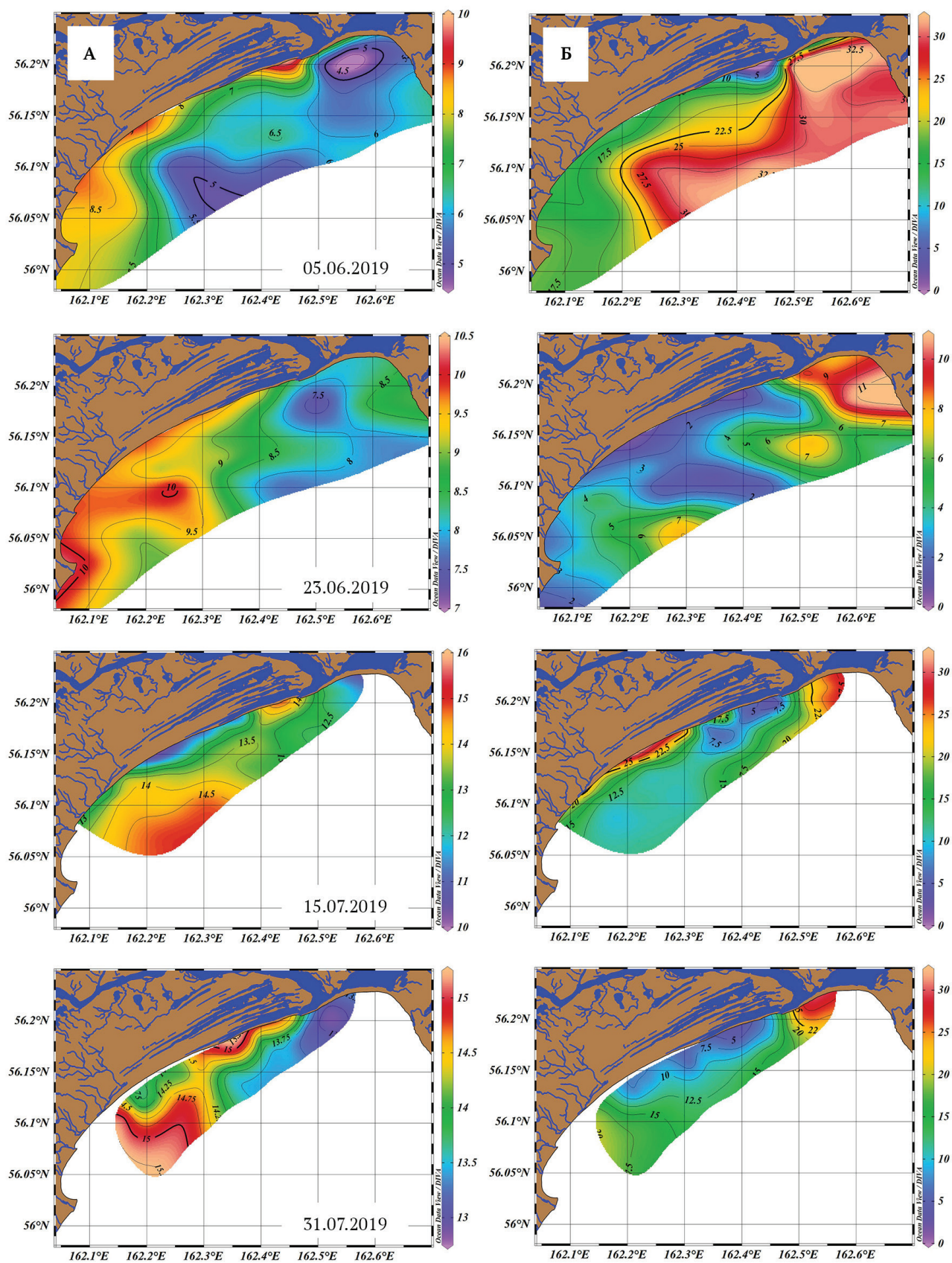


Рис. 13. Распределение показателей температуры (°C) (А) и солености (‰) (Б) поверхностного слоя воды по данным гидрологической съемки в Камчатском заливе в июне–июле 2019 г.  
 Fig. 13. Surface water temperature (°C) (A) and salinity (‰) (B) distribution on the data of hydrological survey in Kamchatka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

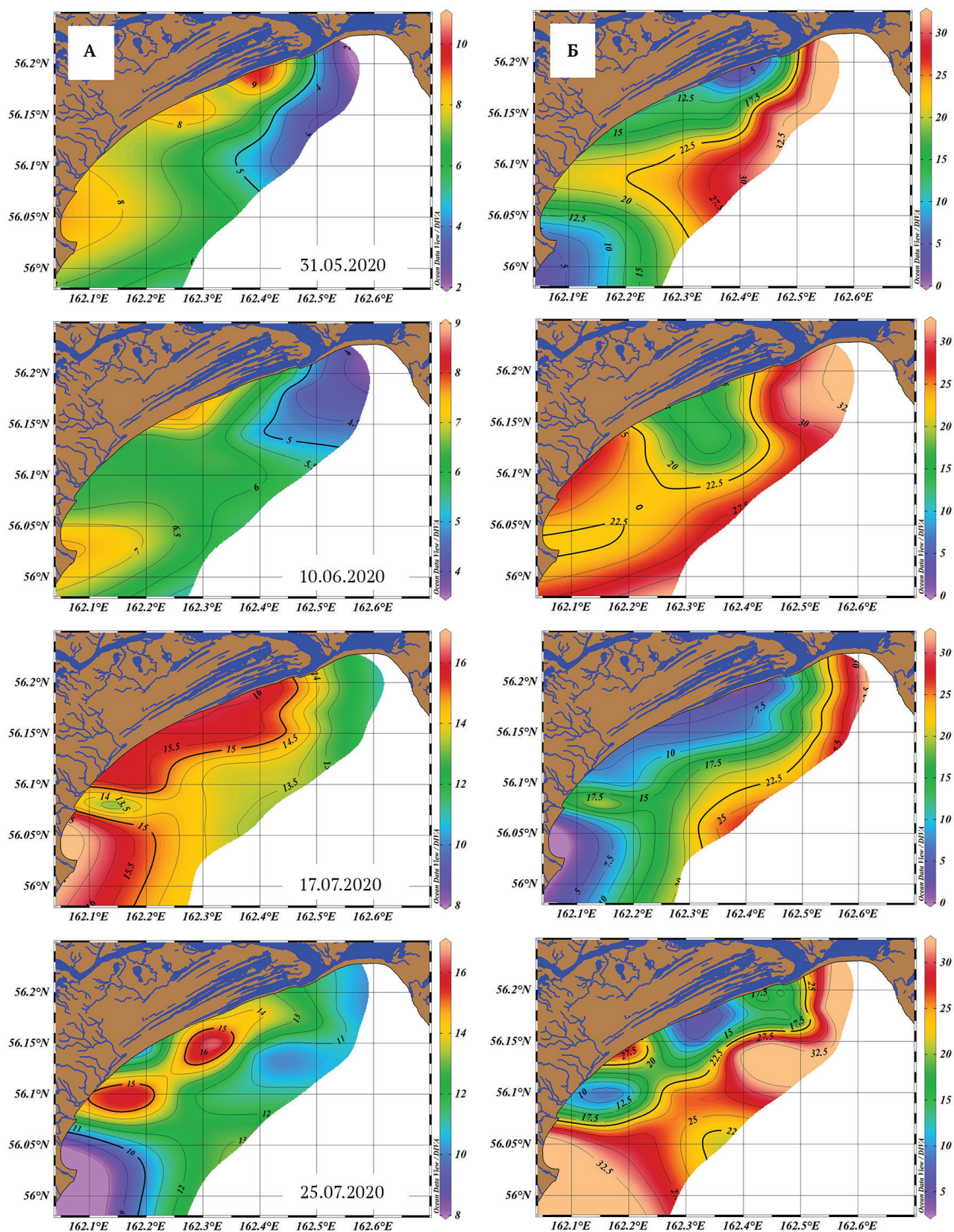


Рис. 14. Распределение показателей температуры (°C) (А) и солености (‰) (Б) поверхностного слоя воды по данным гидрологической съемки в Камчатском заливе в мае–августе 2020 г.  
 Fig. 14. Surface water temperature (°C) (A) and salinity (‰) (B) distribution on the data of hydrological survey in Kamchatka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

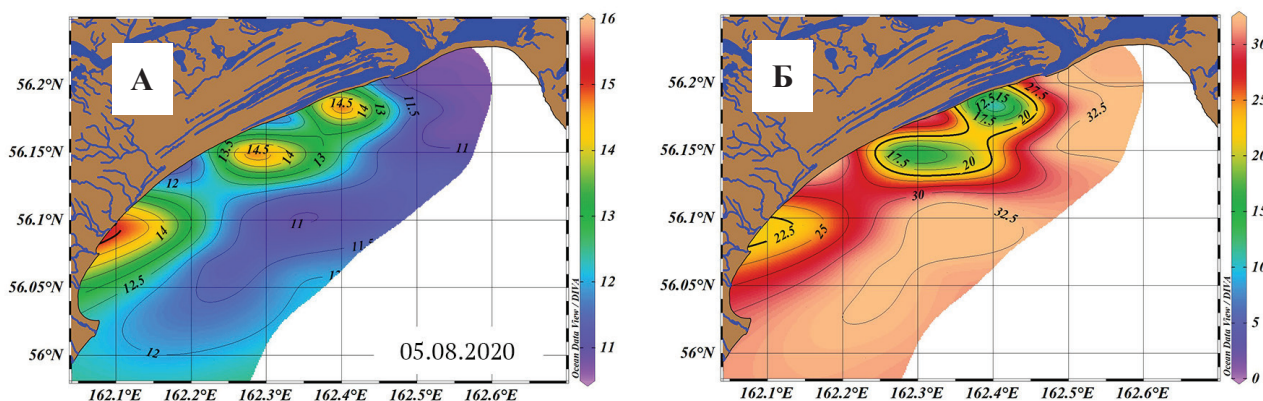


Рис. 14. Окончание. Начало на с. 28 / Fig. 14. The end. Begins on page 26

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-

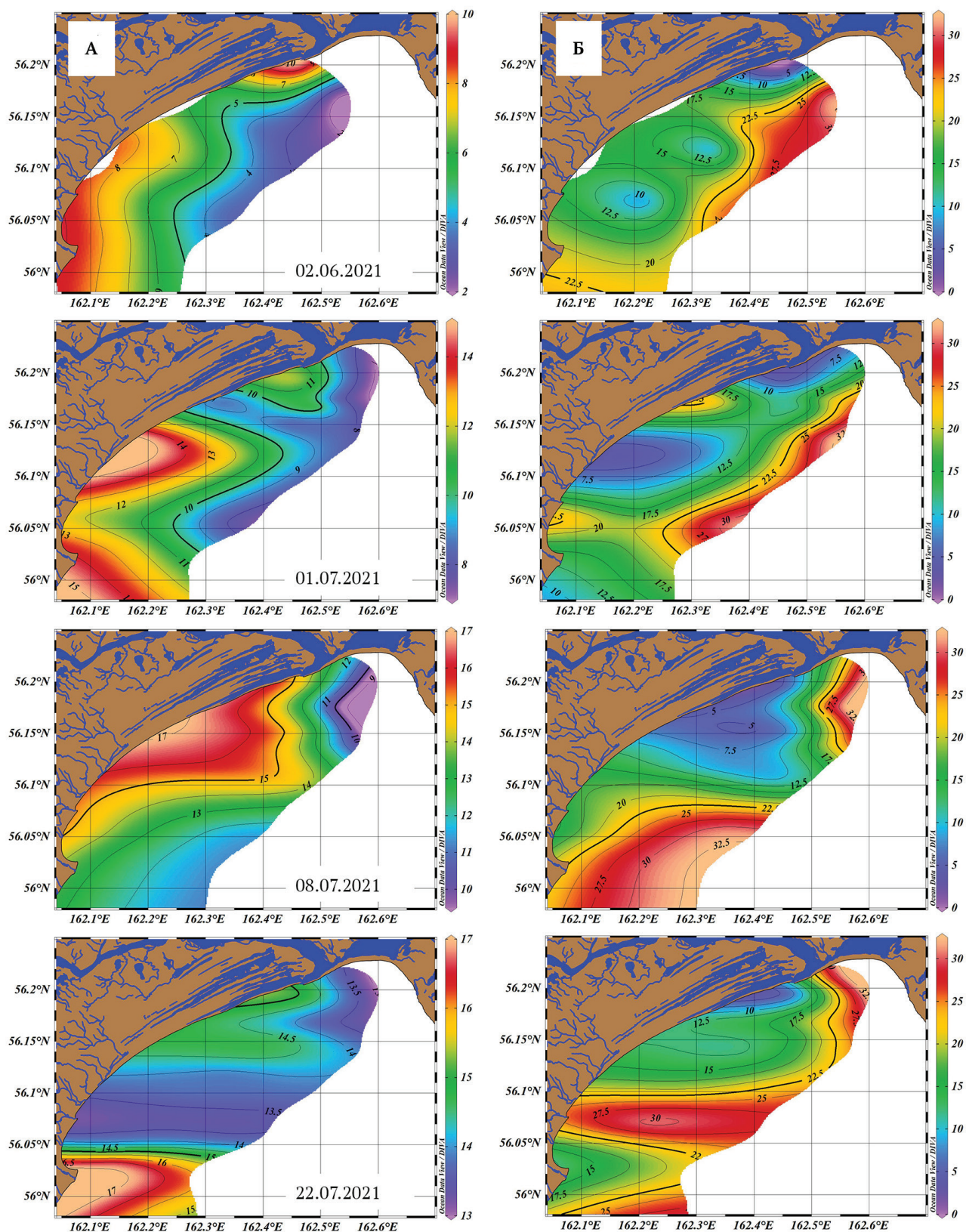


Рис. 15. Распределение показателей температуры (°C) (А) и солености (‰) (Б) поверхностного слоя воды по данным гидрологической съемки в Камчатском заливе в июне–июле 2021 г.  
 Fig. 15. Surface water temperature (°C) (A) and salinity (‰) (B) distribution on the data of hydrological survey in Kamchatka 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./км<sup>2</sup>) 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./км<sup>2</sup>.

Второе по плотности скопление лососей зафиксировали в юго-западной части полигона исследований — на уровне 5,0–10,0 тыс. экз./км<sup>2</sup>. 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.

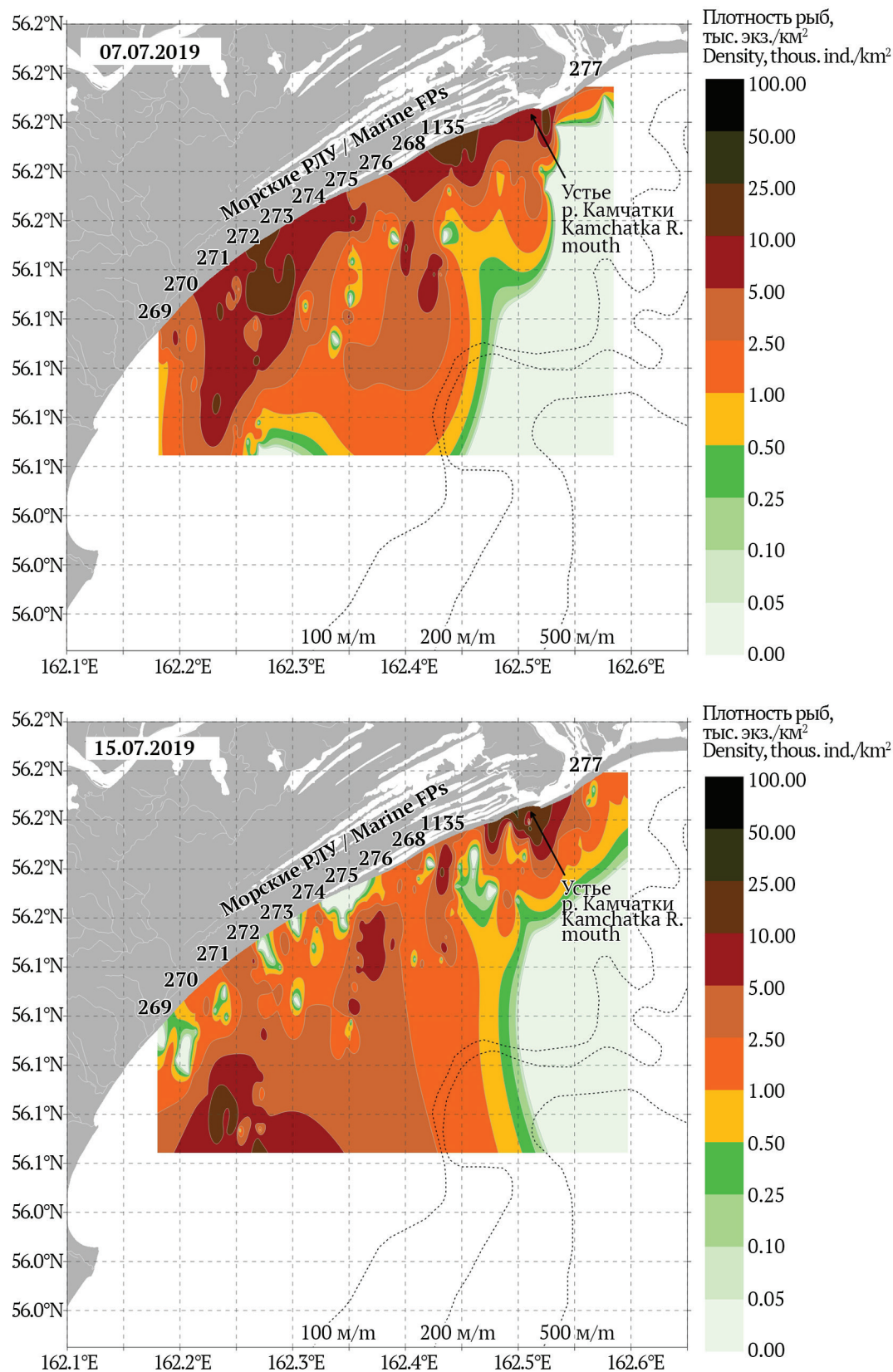


Рис. 16. Пространственное и количественное распределение тихоокеанских лососей (тыс. экз./км<sup>2</sup>) в акватории Камчатского залива по данным гидроакустических съемок в июле 2019 г.  
Fig. 16. Spatial and quantitative distribution of Pacific salmon (thous. ind./km<sup>2</sup>) in the waters of Kamchatka 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./км<sup>2</sup>. Это указывает на завершающую фазу захода основной массы тихоокеанских лососей в р. Камчатку. Данные скопления могли быть сформированы не-

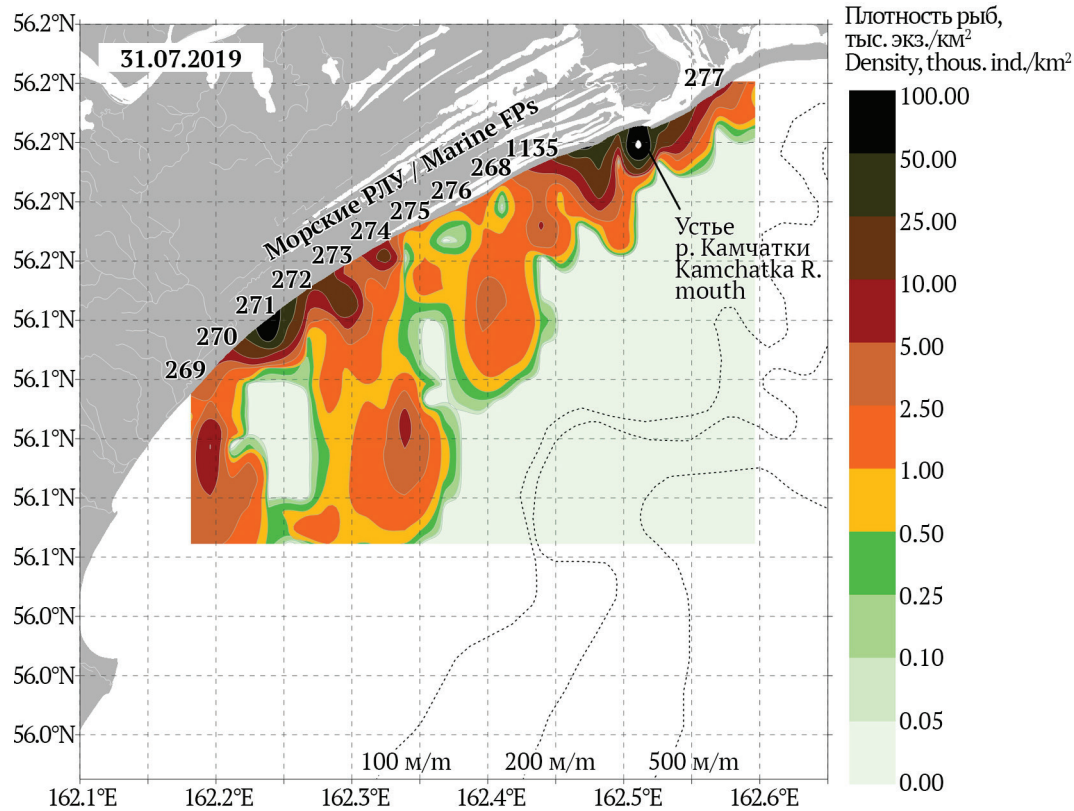


Рис. 16. Окончание. Начало на с. 30  
Fig. 16. The end. Begins on page 30

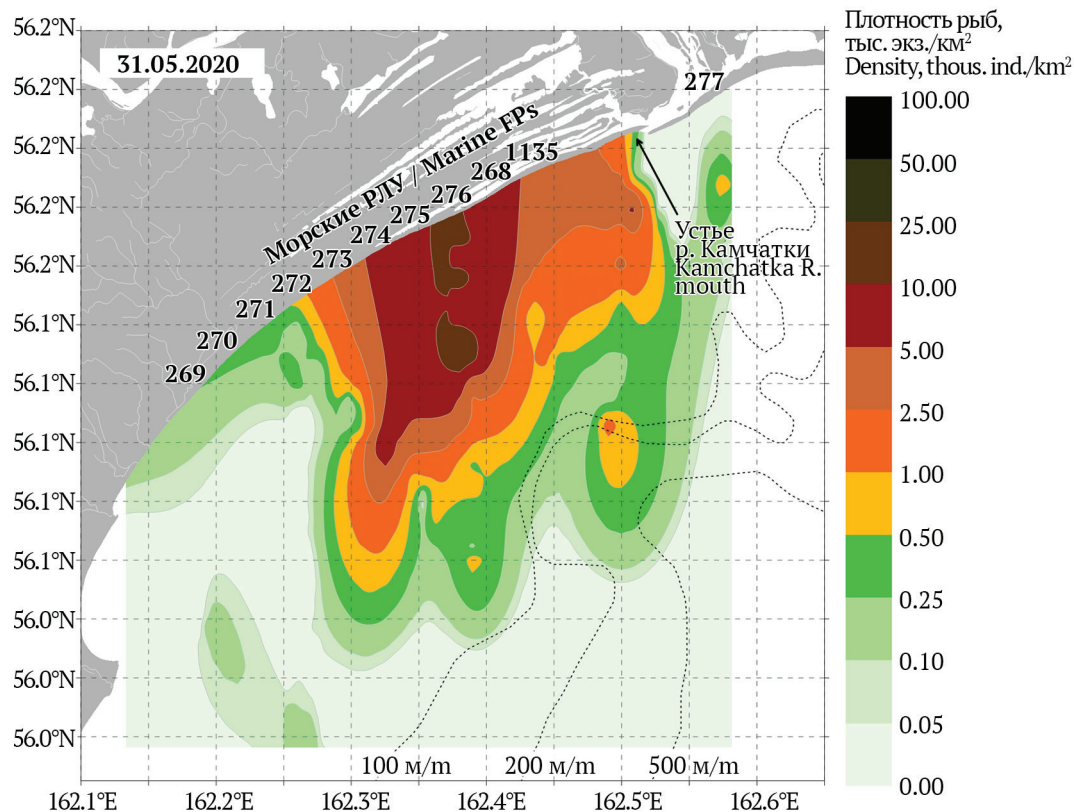


Рис. 17. Пространственное и количественное распределение тихоокеанских лососей (тыс. экз./км<sup>2</sup>) в акватории Камчатского залива по данным гидроакустических съемок в мае – августе 2020 г.  
Fig. 17. Spatial and quantitative distribution of Pacific salmon (thous. ind./km<sup>2</sup>) in the waters 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-

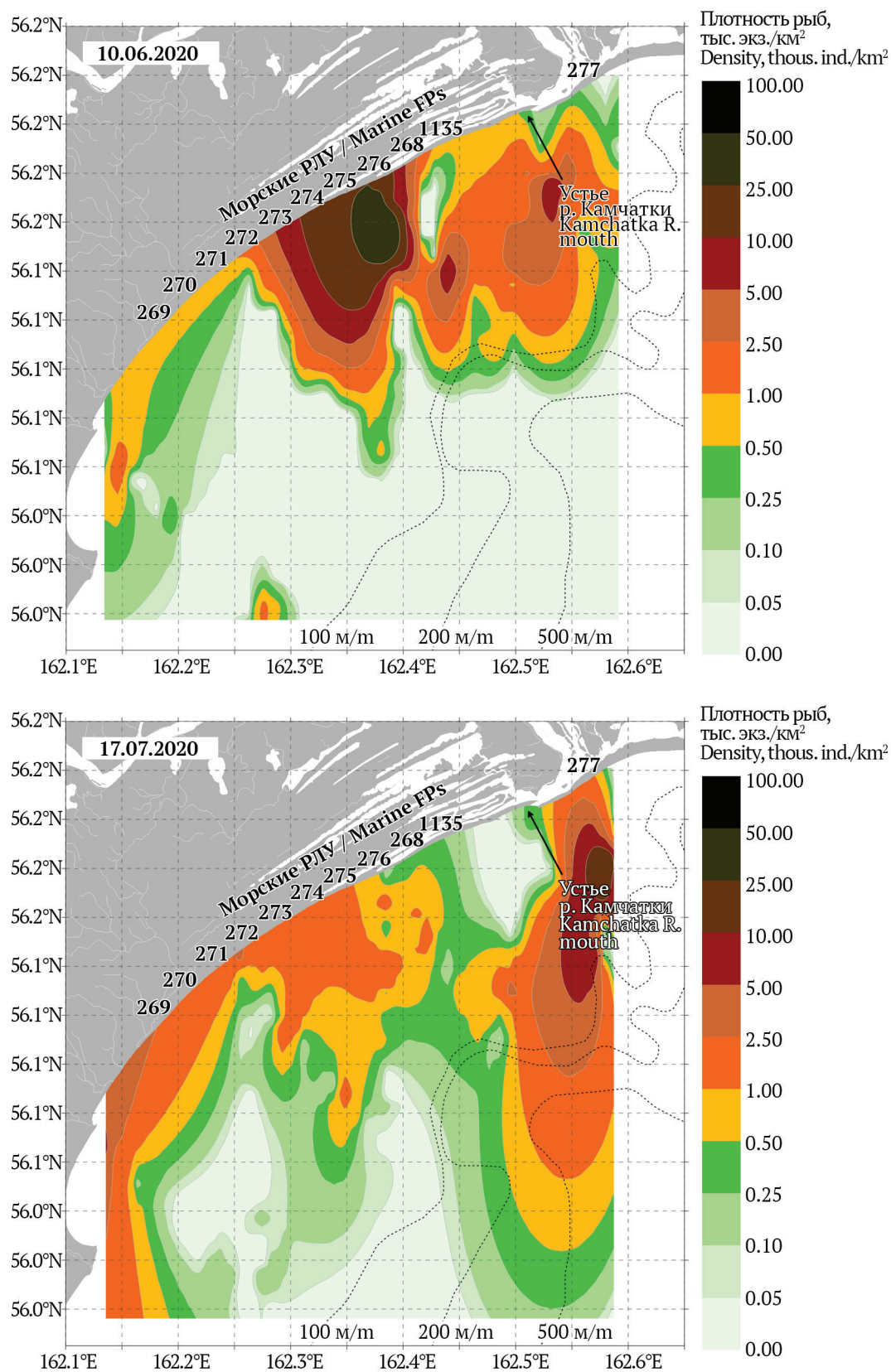


Рис. 17. Продолжение. Начало на с. 31  
Fig. 17. Continued. Begins on page 31

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-

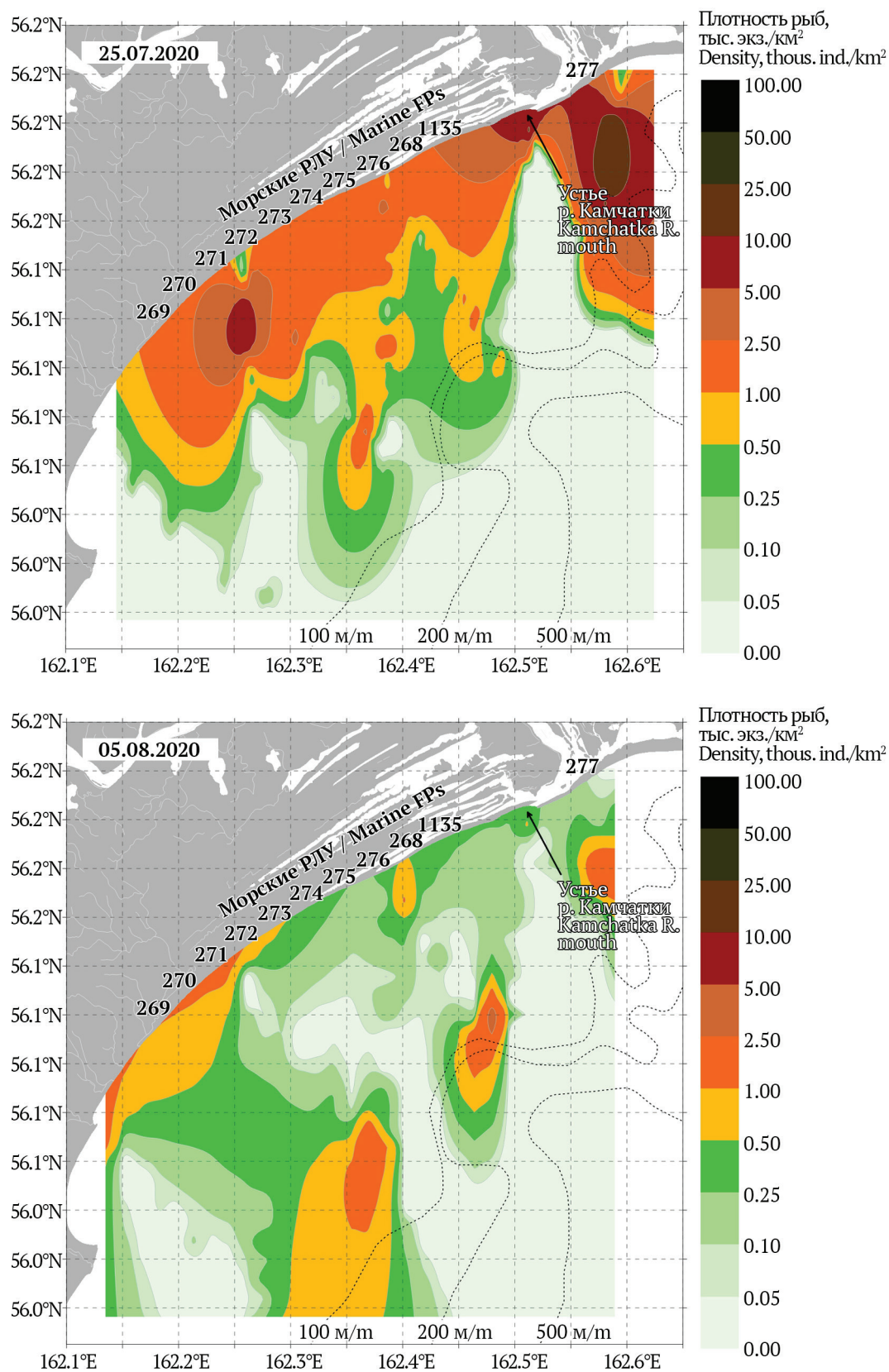


Рис. 17. Окончание. Начало на с. 31  
Fig. 17. The end. Begins on page 31

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./км<sup>2</sup>) 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

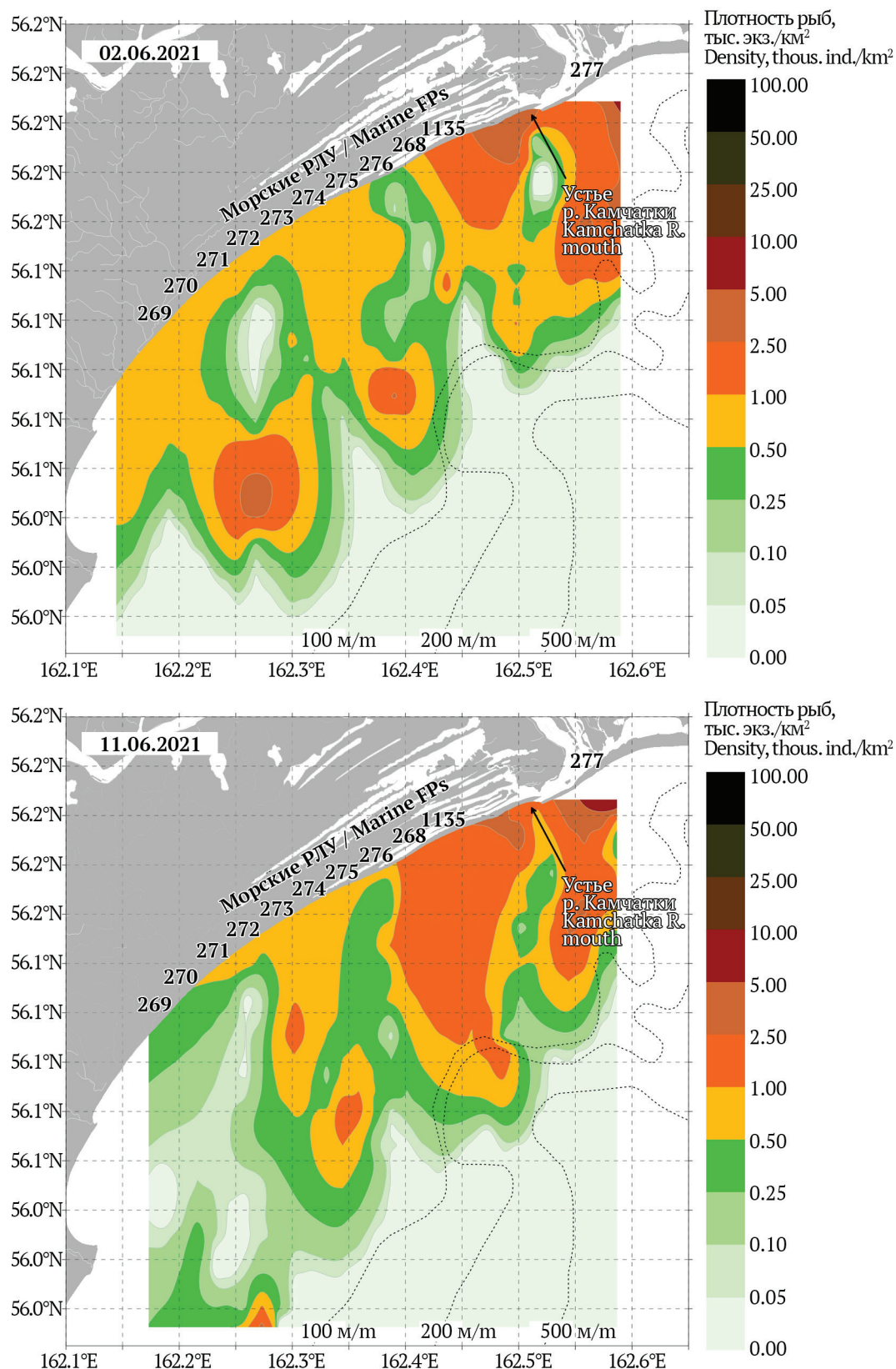


Рис. 18. Пространственное и количественное распределение тихоокеанских лососей (тыс. экз./км<sup>2</sup>) в акватории Камчатского залива по данным гидроакустических съемок в июне–июле 2021 г.  
Fig. 18. Spatial and quantitative distribution of Pacific salmon (thous. ind./km<sup>2</sup>) in the waters 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./км<sup>2</sup>. 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-

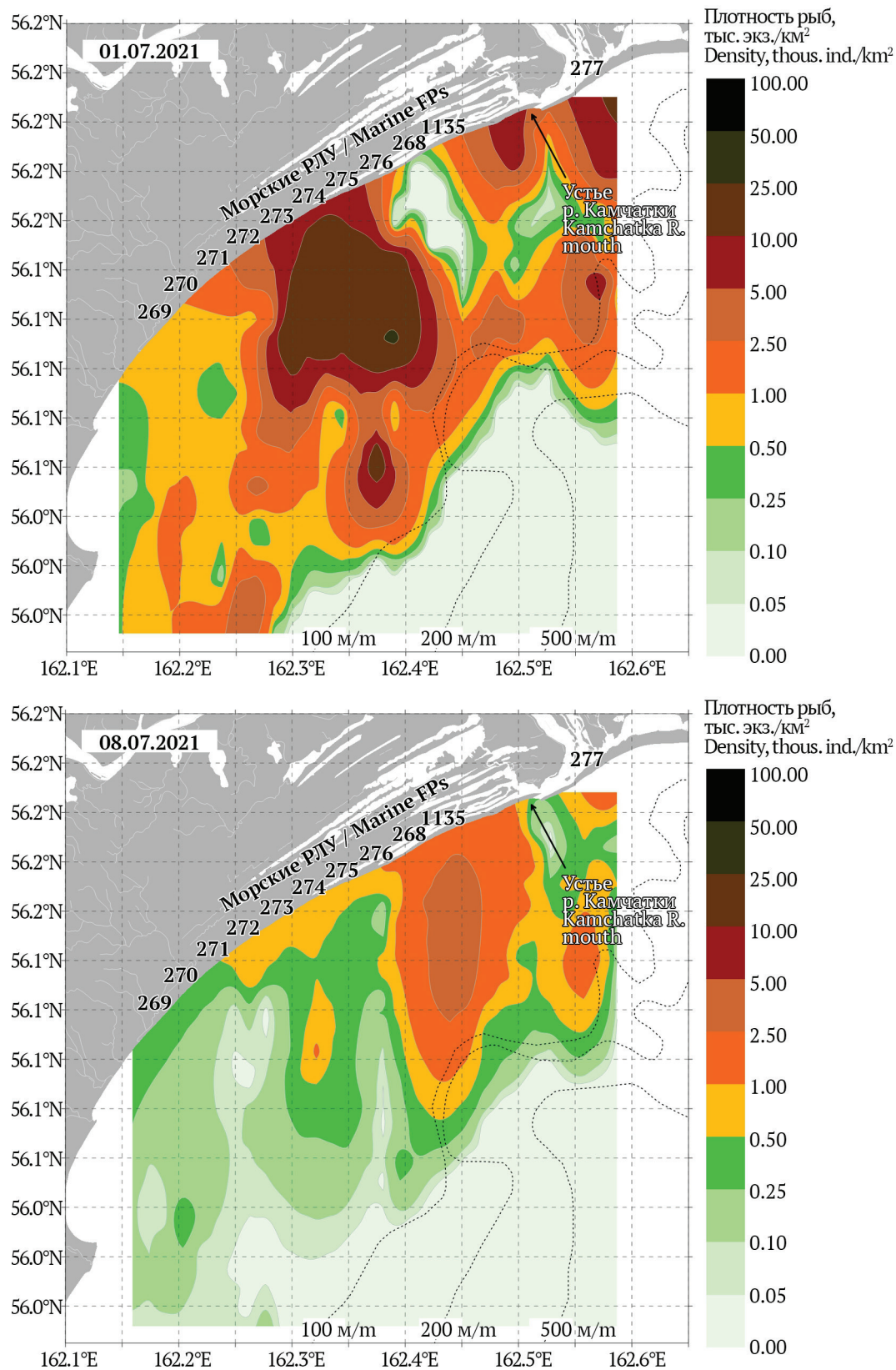


Рис. 18. Продолжение. Начало на с. 34  
Fig. 18. Continued. Begins on page 34

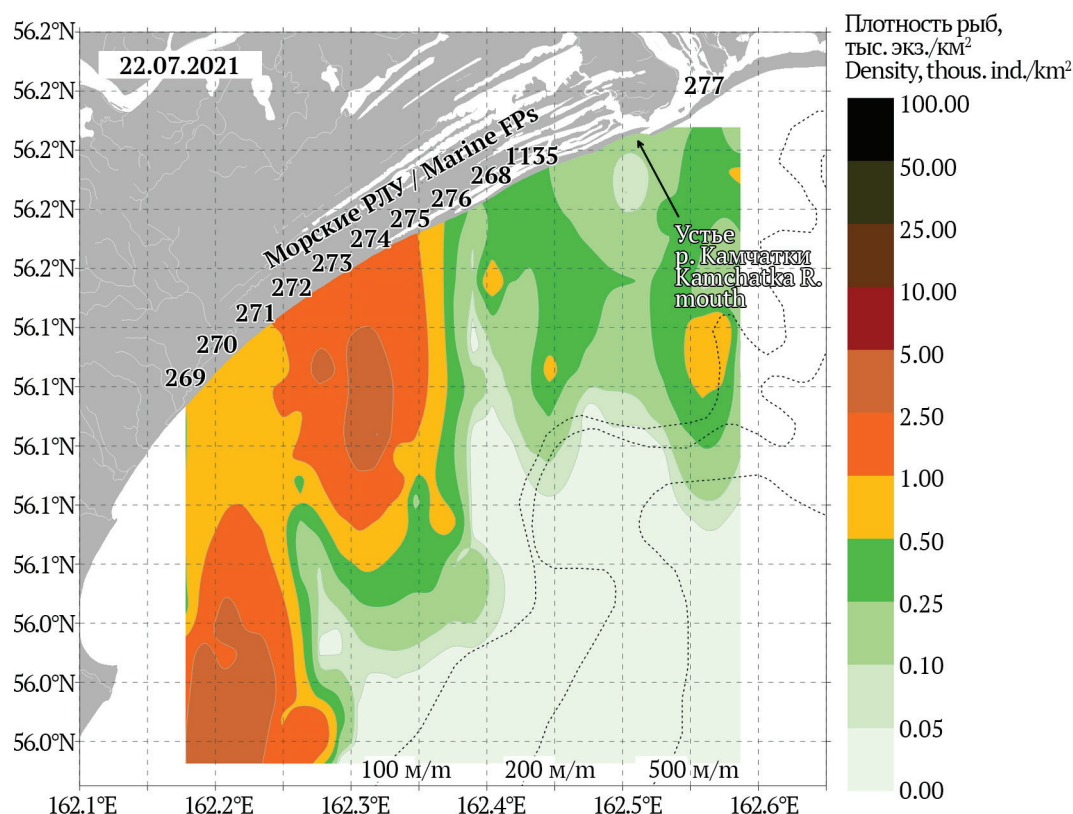


Рис. 18. Окончание. Начало на с. 34  
Fig. 18. The end. Begins on page 34

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./км<sup>2</sup>. 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./км<sup>2</sup>), локализованное на удалении ~ 5–7 км от устья

р. Камчатки. Незначительные скопления рыб (численностью ~ 1,0–2,5 тыс. экз./км<sup>2</sup>) 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./км<sup>2</sup>. 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./км<sup>2</sup>. На остальной акватории полигона исследований плотность скоплений, как правило, не превышала 2,5–5,0 тыс. экз./км<sup>2</sup>. 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./км<sup>2</sup>. На большей части полигона исследований их общая численность была еще ниже — около 0,1–0,5 тыс. экз./км<sup>2</sup>. 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./км<sup>2</sup>. В центральной и юго-западной частях обследованной акватории скопления лососей были незначительно плотнее — около 2,5–5,0 тыс. экз./км<sup>2</sup>. 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./км<sup>2</sup>. 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./м<sup>2</sup>) 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./км<sup>2</sup>. 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./км<sup>2</sup>. 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. Ковалю 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

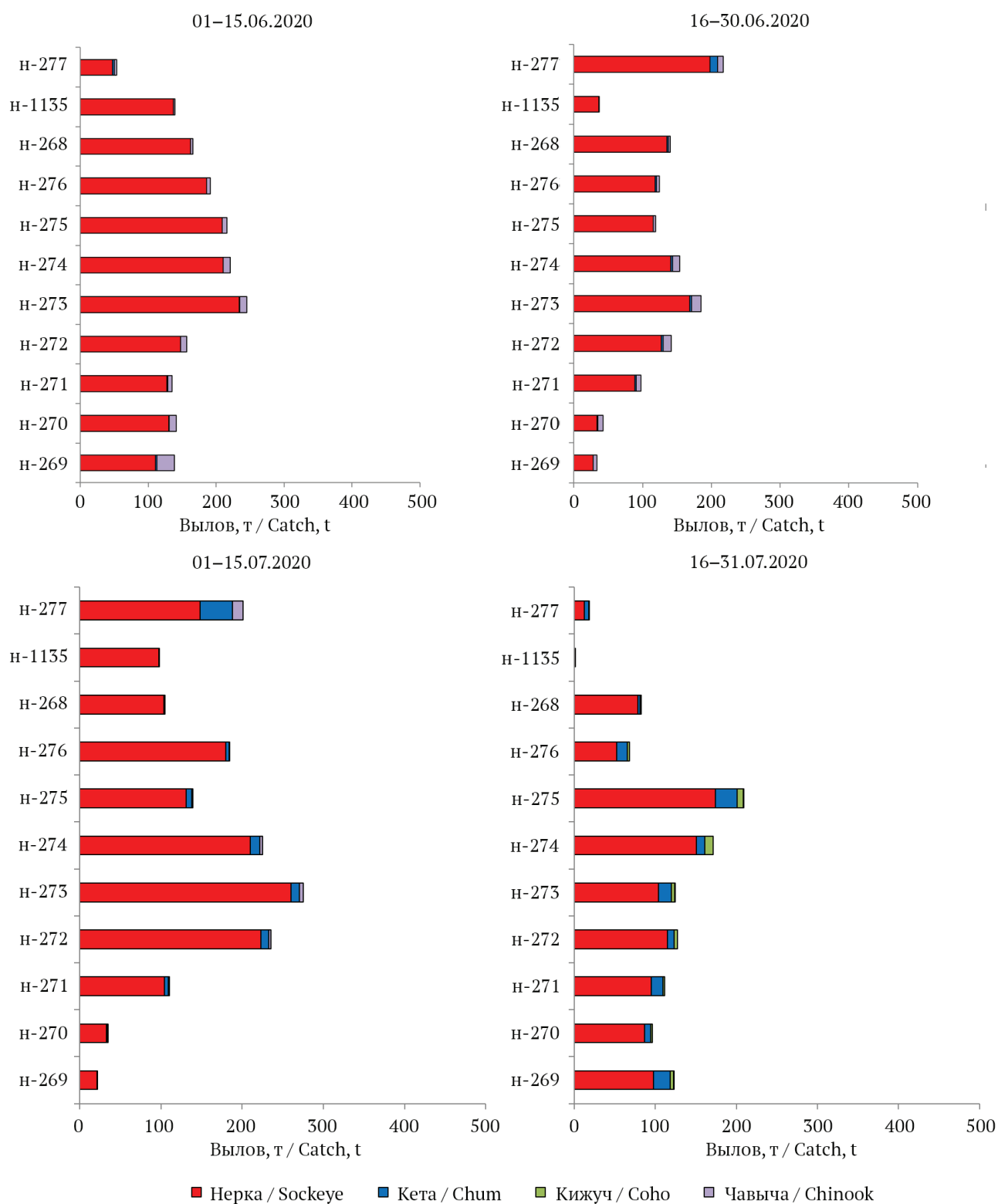


Рис. 20. Распределение 15-дневных уловов тихоокеанских лососей на рыболовных участках Камчатского залива в июне–июле 2020 г. (по оси ординат указаны номера РЛУ)  
 Fig. 20. Distribution of 15-day catches of Pacific salmon at the fishing plots of Kamchatka Gulf in June–July of 2020 (the plot numbers are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

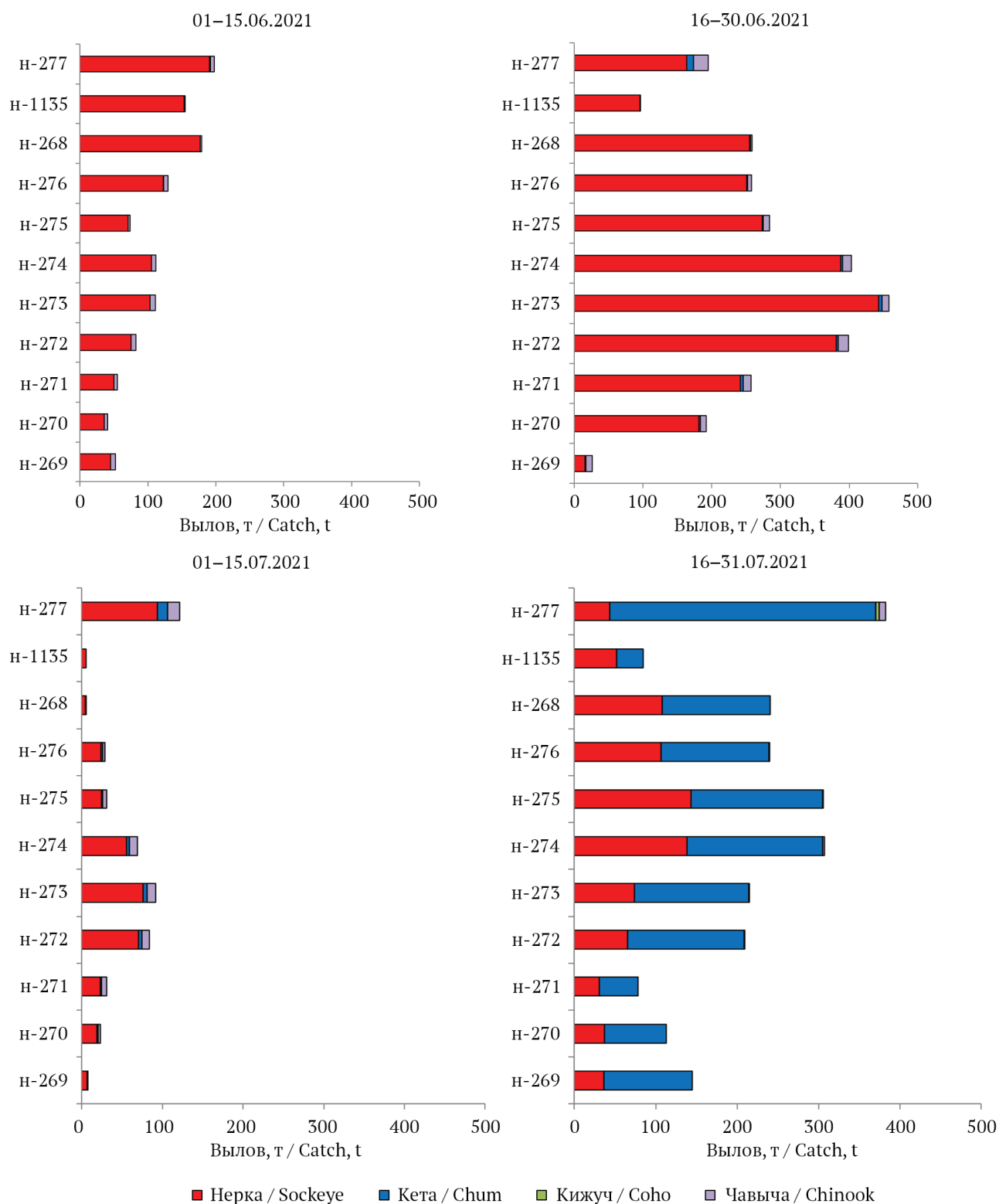


Рис. 21. Распределение 15-дневных уловов тихоокеанских лососей на рыболовных участках Камчатского залива в июне–июле 2021 г. (по оси ординат указаны номера РЛУ)  
Fig. 21. Distribution of 15-day catches of Pacific salmon at the fishing plots of Kamchatka Gulf in June–July of 2021 (the plot numbers are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

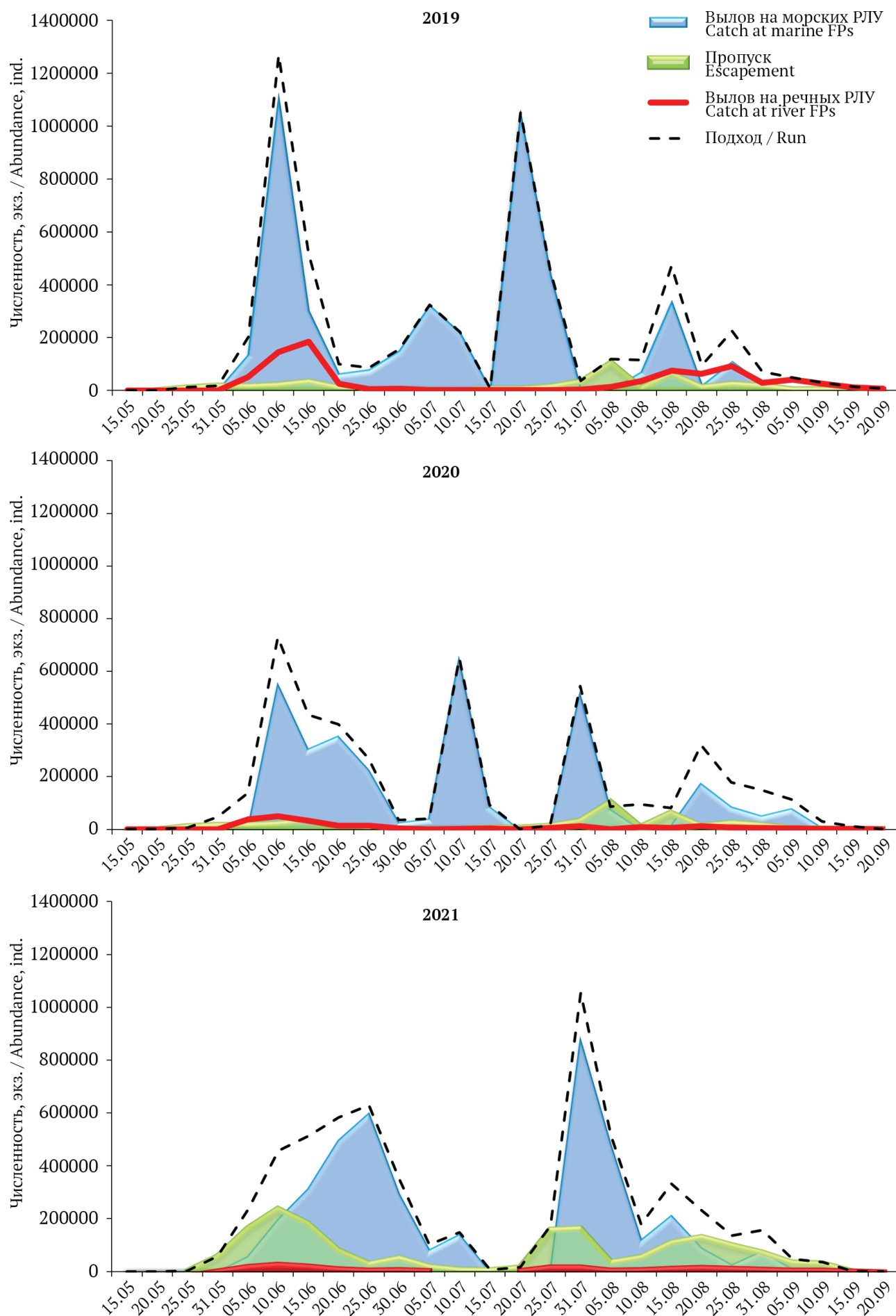


Рис. 22. Динамика численности подходов (вылов + пропуск) тихоокеанских лососей р. Камчатки в течение путин 2019–2021 гг.  
 Fig. 22. Dynamics of the runs (catch + escapement) of Pacific salmon of Kamchatka River during the fishery campaigns 2019–2021

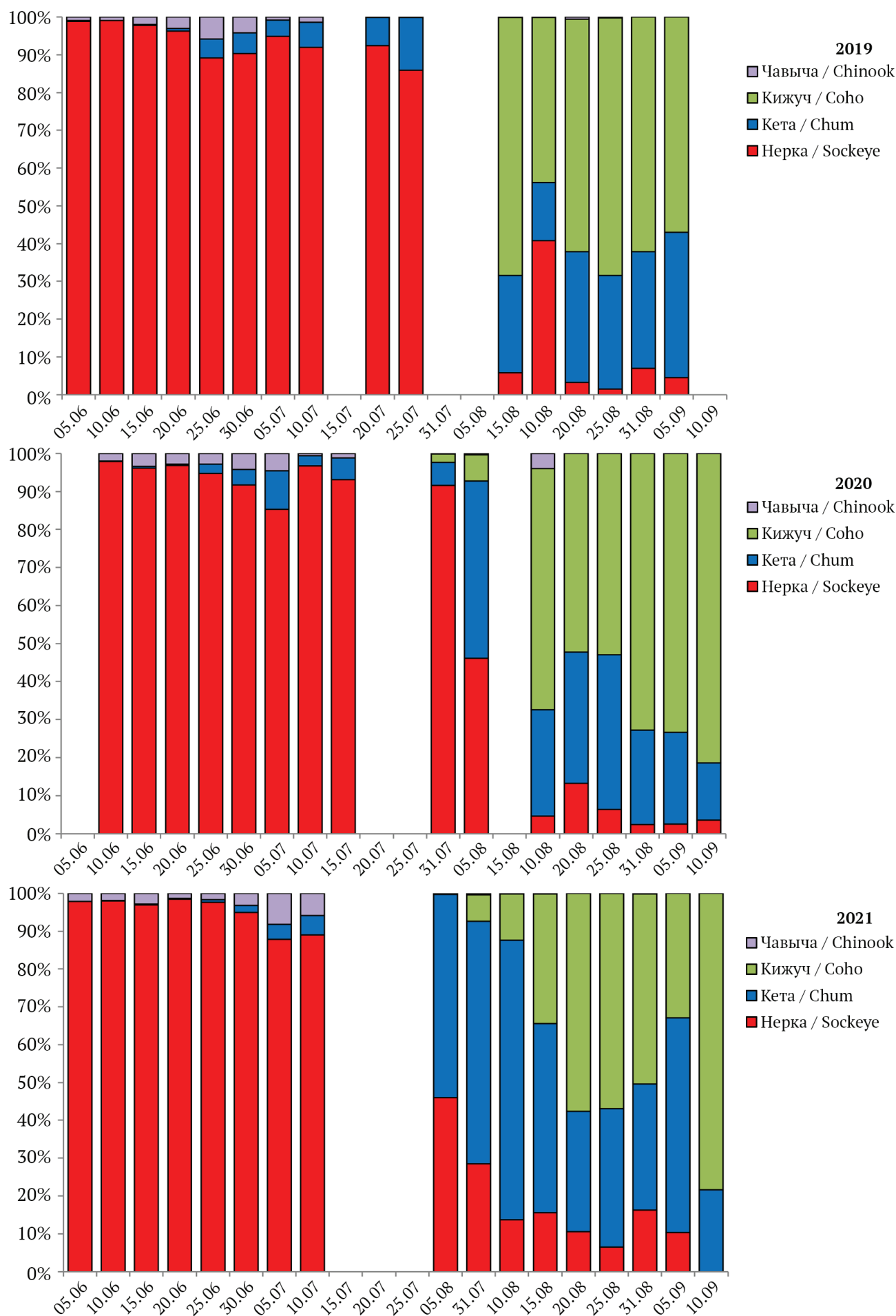


Рис. 23. Динамика соотношения видового состава уловов тихоокеанских лососей р. Камчатка в течение путин 2019–2021 гг.  
Fig. 23. Dynamics of species composition ratio in Pacific salmon catches of Kamchatka River during the fishery campaigns 2019–2021

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 возрастала. 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.

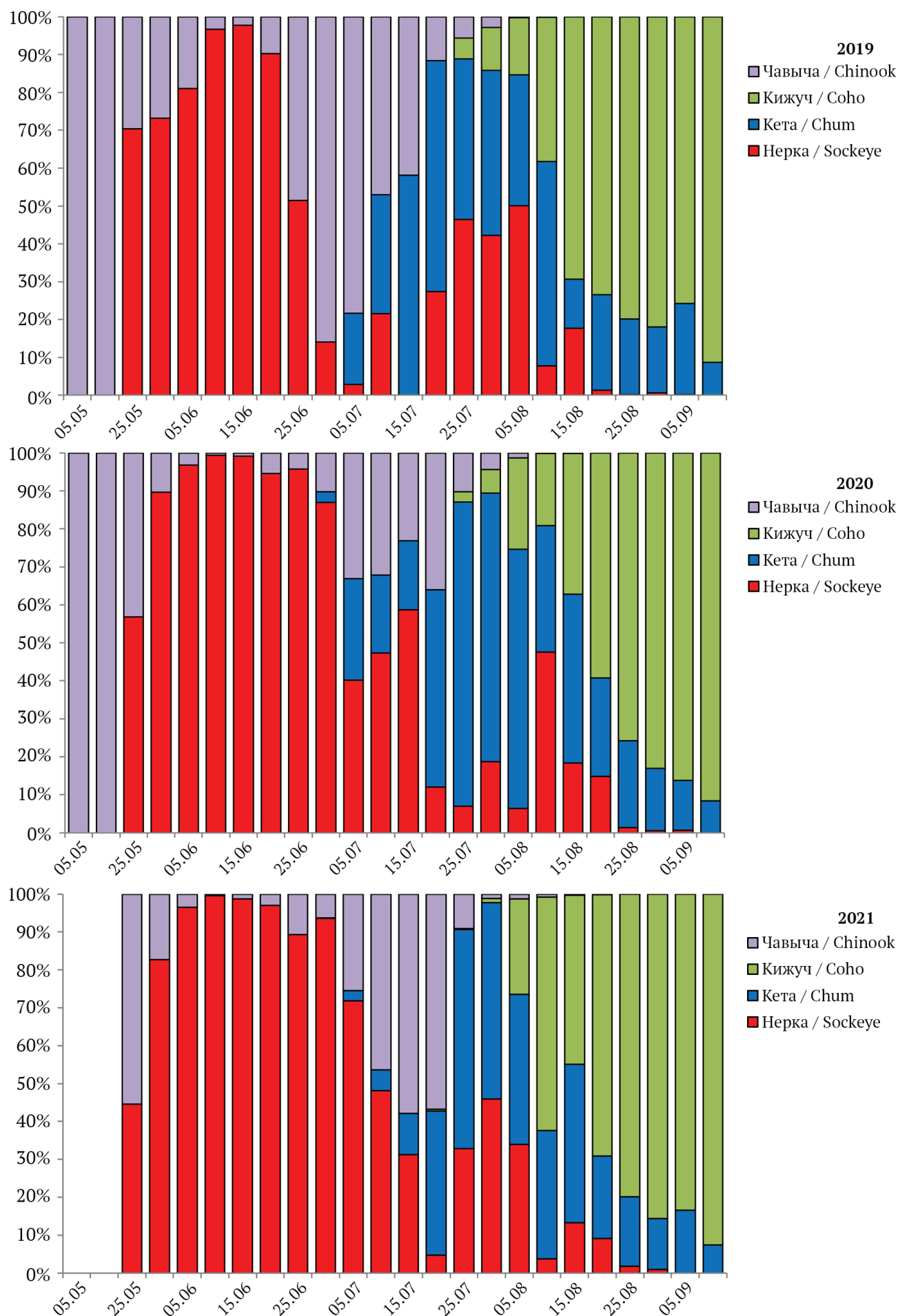


Рис. 24. Динамика соотношения видового состава тихоокеанских лососей, пропущенных в бассейн р. Камчатка River basin during the fishery campaigns 2019–2021 гг.  
Fig. 24. Dynamics of the Pacific salmon species ratio in the escapement to the Kamchatka River basin during the fishery campaigns 2019–2021

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.

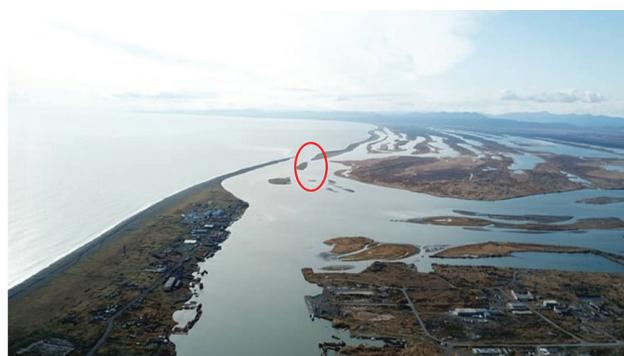
Таблица 2. Пропуск производителей тихоокеанских лососей в бассейн р. Камчатки по данным модельных расчетов в 2019–2021 гг., тыс. экз.

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., Зикунуова 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