УДК 639.21 (282.257.42/282.257.43) DOI: 10.15853/2072-8212.2020.57.5-66

# ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ДИНАМИКУ НЕРЕСТОВОГО ХОДА И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA* Р. КАМЧАТКИ

**М.В. Коваль, О.Б. Тепнин, С.Л. Горин*, Е.С. Фадеев, О.В. Зикунова, Е.В. Лепская, С.В. Шубкин, С.Л. Рудакова, О.А. Пильганчук, С.Б. Городовская**

*Вед. н. с., к. б. н.; зав. сектором; ст. спец.; зав. лаб.; зав. лаб., к. б. н.; вед. спец.; вед. н. с., к. б. н.; зав. лаб., к. б. н.; ст. н. с., к. б. н.; Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО)*
*683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18*
*Тел.: 8 (4152) 41-27-01. E-mail: koval.m.v@kamniro.ru*
**Вед. н. с., к. б. н.; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)*
*107140 Москва, Верхняя Красносельская, 17. Тел.: 8 (499) 264-81-22*

*НЕРЕСТОВЫЙ ХОД, РЫБОЛОВНЫЕ УЧАСТКИ, МОРФОДИНАМИКА, ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ЗОНА СМЕШЕНИЯ, ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ, СТАВНЫЕ НЕВОДА, ОПЕРАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ, ПРОПУСК ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОПУЛЯЦИИ*

По результатам комплексных полевых работ, выполненных в летний период 2018–2019 гг., исследованы морфодинамика устьевой области и гидрологический режим р. Камчатки; динамика зоны смешения, распределение и миграции тихоокеанских лососей в прибрежных водах Камчатского залива в зоне действия морских ставных неводов; описаны промысел и специфика нерестового хода нерки р. Камчатки. В ходе анализа всего комплекса доступных многолетних данных выполнена оценка вероятного воздействия некоторых ключевых факторов на динамику анадромной миграции нерки в р. Камчатку, представлены биологическая характеристика производителей и современное состояние воспроизводства этого стада. Установлено, что причиной нарушения динамики нерестового хода нерки в р. Камчатку в последние годы не могли являться естественные абиотические и биотические факторы внешней среды (а также такой внутрипопуляционный фактор, как состояние здоровья рыб). Высказано предположение, что наиболее вероятной причиной задержки нерестового хода поздней формы нерки могли послужить снижение размерно-массовых показателей и физиологическая неготовность рыб к анадромной миграции в связи с влиянием высокой численности камчатской горбуши в последние годы. Показано, что первостепенным внешним фактором, который мог оказать воздействие на современное состояние ресурсов, а также на популяционную структуру нерки р. Камчатки, являлся режим промышленной эксплуатации этого стада, а именно — общее увеличение нагрузки на его нерестовую часть во время прибрежного промысла. Это повлекло систематический недостаточный пропуск производителей на нерестилища в бассейн реки (прежде всего, поздней формы нерки), а также привело, по факту, к нарушению соотношения отдельных субпопуляционных группировок в общем составе стада. С целью восстановления и успешного сохранения запасов нерки р. Камчатки, предложены рекомендации для более эффективной промышленной эксплуатации этого стада в ближайшие годы и намечены задачи дальнейших исследований.

# FACTORS DETERMINING SPAWNING RUN DYNAMICS AND CURRENT STATE OF SOCKEYE SALMON *ONCORHYNCHUS NERKA* RESOURCES IN THE KAMCHATKA RIVER

**Maksim V. Koval, Oleg B. Tepnin, Sergey L. Gorin*, Evgeniy S. Fadeev, Olga V. Zikunova, Ekaterina V. Lepskaya, Sergey V. Shubkin, Svetlana L. Rudakova, Oksana A. Pilganchuk, Sofiya B. Gorodovskaya**

*Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Head of section; Senior specialist; Head of Lab., Ph. D. (Biology); Head of Lab., Ph. D. (Biology); Leading specialist; Leading Scientist, Ph. D. (Biology); Head of Lab., Ph. D. (Biology); Senior Scientist, Ph. D. (Biology); Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO)*
*683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18*
*Tel.: +7 (4152) 41-27-01. E-mail: koval.m.v@kamniro.ru*
**Leading Scientist, Ph. D. (Geography); Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)*
*107140 Moscow, Verkhnyaya Krasnoselskaya Str., 17. Tel.: +7 (499) 264-81-22*

*SPAWNING RUN, FISHING AREAS, MORPHODYNAMICS, HYDROLOGICAL REGIME, MIXING ZONE, HYDROACOUSTIC SURVEYS, TRAP NETS, INSTANT MANAGEMENT, ADULT ESCAPEMENT, POPULATION REPRODUCTION*

Hydrological regime and morphodynamics of the outlet part of the Kamchatka River, dynamics of mixing zone, patterns of juvenile Pacific salmon distribution and migration in the coastal waters of Kamchatsky Gulf in the zone of operating trap nets were analyzed on the results of complex field works prowided in summer period in

2018–2019; fishing and specifics of sockeye salmon spawning run in the river was described. In the course of analyzing the entire complex of available long-term data, an assessment of the likely impact of some key factors on the dynamics of anadromous migration of sockeye salmon in the Kamchatka River was made; biological statistics of spawners and current state of reproduction of this stock was demonstrated. It is found, that natural environmental factors, neither abiotic nor biotic (including fish health as population internal factor), could not cause disturbance of sockeye salmon spawning run dynamics in the Kamchatka River in recent years. Smoller body size and physiological imperfection of the spawners before the anadromous migration due to effects of high number of pink salmon in recent years are suggested to be the most likely cause of spawning run delay in late sockeye salmon morph. Regime of commercial use of the stock and general increasing pressure on the spawning stock by coastal fisheries are demonstrated to be the strongest outer factors to affect modern state of the resources and sockeye salmon population structure in the Kamchatka River, causing permanent escapement deficiency on spawning grounds in the river basin (first of all in the late morph), and also infact lead to disballance between different subpopulation groups in the composition of the stock. Recommendations in order to provide recovery and sustainable level of the Kamchatka River sockeye salmon stock are given in the perspective of more efficient commercial use of the stock next several years; highlights for further researches are outlined.

В июне–августе 2019 г. сотрудники Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») провели комплексные полевые исследования в нижнем течении и в устьевой области р. Камчатки, а также в прибрежных водах Камчатского залива. Предпосылкой указанных исследований послужил тот факт, что в путину 2018 г. подходы нерки в бассейн р. Камчатки (которая здесь является основным объектом лососевого промысла) оказались существенно ниже ожидаемых. Кроме этого, специалисты КамчатНИРО отмечали весьма нестабильный ход нерки в реку. Причем его специфика существенно отличалась от динамики заходов нерки в предыдущие годы. Поэтому возникли опасения, что на нерестилища в бассейн этой реки не будет пропущено достаточное для оптимального воспроизводства популяции количество производителей.

Для обеспечения оптимального пропуска производителей нерки на нерест комиссией по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб в Камчатском крае, по рекомендации КамчатНИРО, вводились дополнительные проходные дни как на морских, так и на речных рыболовных участках (РЛУ), а в отдельные периоды промысел полностью приостанавливался. Указанные выше обстоятельства внесли существенные коррективы в привычную схему промысла нерки в этом районе в 2018 г. В результате «лихорадило» не только различные рыбохозяйственные организации (прежде всего, рыбодобывающие компании Усть-Камчатского района, которые не смогли полностью освоить выделенные им квоты на вылов в 2018 г.), но и создавало крайне нервозную обстановку в СМИ (Шевляков и др., 2018).

Проанализировав возникшую проблему, специалисты КамчатНИРО предположили, что одной из вероятных причин такой ситуации могли быть особенности гидрологического режима и промысловой обстановки в Камчатском заливе, которые и повлияли на динамику хода и величину пропуска производителей нерки в бассейн р. Камчатки в 2018 г. Поэтому, уже на завершающем этапе путины 2018 г., в начале августа сотрудники КамчатНИРО успели провести рекогносцировочные гидрологические наблюдения в северной части Камчатского залива в прибрежных водах, примыкающих к устью р. Камчатки. Цель этих работ состояла в определении характеристик зоны влияния стока р. Камчатки в водах Камчатского залива и оценке особенностей расположения ставных неводов в границах этой зоны.

В результате наблюдений, выполненных в 2018 г., удалось получить только самые предварительные выводы (Коваль и др., 2018). Поэтому в летний сезон 2019 г. было решено провести более детальные исследования, которые бы охватили весь период интенсивного хода и промысла нерки р. Камчатки. В основные задачи этих работ входило: изучение условий среды обитания и оценка их влияния на особенности распределения, анадромной миграции и специфику промысла нерки бассейна р. Камчатки в 2019 г.

В настоящей статье представлены основные результаты комплексных полевых наблюдений, выполненных в 2019 г. Основные результаты полевых исследований, выполненных в 2018 г., опубликованы в работе (Коваль и др., 2018). Кроме этого, мы также попытались проанализировать разнообразную сопутствующую информацию, которая, на наш взгляд, помогла бы прояснить ситуацию, сложившуюся с промыслом нерки р. Камчатки в последние годы. На основании полученных результатов намечены задачи дальнейших исследований и предложены рекомендации для более эффективной промышленной эксплуатации,

восстановления и успешного сохранения запасов нерки бассейна р. Камчатки — одного из важнейших биологических ресурсов Камчатского края.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Полевые работы проведены в нижнем течении и устьевой области р. Камчатки, а также в прибрежных водах Камчатского залива в период с 01 июня по 30 августа 2019 г. (рис. 1).

Программа полевых работ включала следующие основные задачи:

– GPS-профилирование, аэросъемку и визуальные наблюдения в устье р. Камчатки для определения положения устьевого створа и оценки характеристик сезонной морфодинамики устья реки;

– гидрологические наблюдения в нижнем течении и устьевой области р. Камчатки для выяснения особенностей водного и термического режима реки и оценки возможности его влияния на специфику анадромной миграции производителей нерки в 2019 г.;

– гидрологические съемки на морской акватории, прилегающей к устью р. Камчатки, для оценки характеристик зоны влияния речного стока в прибрежных водах Камчатского залива;

– гидроакустические работы для выяснения особенностей распределения и миграций тихоокеанских лососей в северной части Камчатского залива — в зоне речного стока и расположения морских ставных неводов.

Ниже представлено описание методов сбора материалов и указан объем полевых данных, собранных в ходе выполнения каждой из вышеперечисленных задач исследований.

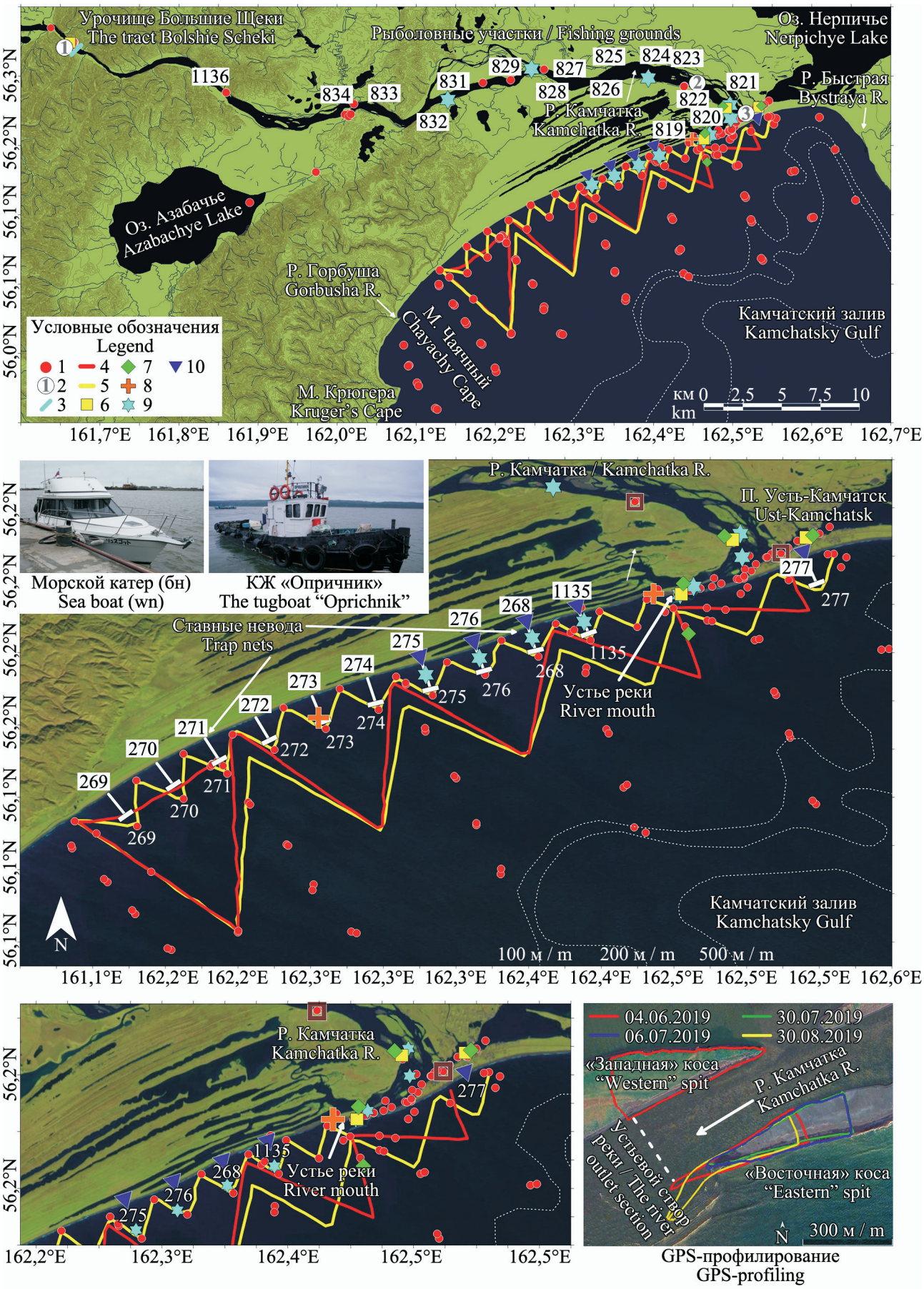
***Морфологические исследования в устьевой области р. Камчатки.*** Полевые наблюдения за положением устьевого створа р. Камчатки выполнены 04.06, 22.06, 06.07, 21.07, 30.07, 30.08.2019 (рис. 1). Работы проводили преимущественно при максимальном отливе: в период, близкий или соответствующий низким малым водам (при уровне воды ~40–50 см усл.). Работы включали профилирование контуров устьевых кос с помощью ручного GPS-навигатора GARMIN GPSmap 62s, а также фото- и видеосъемку устьевой области с помощью квадрокоптеров DJI Spark и Phantom.

GPS-профилирование заключалось в обходе оконечности устьевых кос с записью трека пройденного пути на ручной GPS-навигатор. Обход осуществляли от самой крайней точки косы, которая принималась за ее окончание, вдоль уреза воды на дистанции ок. 500 м. С морской стороны обход проводили по вершине заплеска волн, по речным сторонам — вдоль берега реки. Точность измерений (согласно данным, указанным в настройках GPS-навигатора) составляла ~5 м. Всего за период наблюдений обход «восточной» косы выполнен 4 раза (04.06, 06.07, 30.07, 30.08), а «западной» — 1 раз (04.06); 22.06 и 21.07.2019 были проведены только аэровизуальные наблюдения. [Общепринятого географического названия для устьевых кос р. Камчатки нам найти не удалось. Так, «восточная» коса (рис. 1) на различных опубликованных картах может называться «морская» или «дембиевская», а «западная» – «заводская» или «первозаводская» коса. Поэтому в тексте статьи мы будем придерживаться принятых нами названий: «восточная» и «западная» коса (см. схему на рис. 1.2).]

В качестве дополнительного источника информации для анализа сезонной и межгодовой морфодинамики устьевой области р. Камчатки использованы космические снимки Sentinel-2 Европейского космического агентства (ESA), опубликованные на сайте U.S. Geological Survey USGS (https://earthexplorer.usgs.gov).

***Гидрологические наблюдения в р. Камчатке.*** Гидрологические работы в нижнем течении и устьевой области р. Камчатки проведены в период с 01.06 по 01.08.2019. Район работ включал участок от устья реки до урочища Большие Щеки (расстояние по руслу реки ок. 60 км) (рис. 1). Полевые работы выполняли в соответствии с принятыми в гидрологии устьев рек методами (Гидрологические наблюдения.., 1993; Руководство…, 2011, 2012).

Работы включали установку гидрологических датчиков на автономную работу, измерение расходов воды, проведение гидрологических съемок с измерением основных параметров водной среды. Длительные измерения температуры и уровня воды проводили с помощью автономных термоглубомеров JFE Advantech ATD-HR (Япония) и Гидрометрика-501 (Россия), установленных на дно реки. Схема расположения мест установки приборов приведена на рис. 1. Измерения проводили автоматически с интервалом 10 мин и продолжали в течение всего периода наблюдений. Относительная точность измерений составляла 0,05 °C для температуры и 1 см для уровня. Все посты были




GPS-профилирование
GPS-profiling

оборудованы водомерными рейками для контроля за уровнем воды.

Измерения расходов воды проводили трижды (03.06, 05.07 и 01.08.2019) на стандартном створе, который был расположен выше места выклинивания приливных колебаний уровня воды и находился в районе водомерного поста Камчатского УГМС в уроч. Большие Щеки (рис. 1). Скорость и направление течения воды в створе измерения расходов оценивали по показаниям GPS-приемника, помещенного в поплавок, нижний груз которого был заглублен на 0,5 м от поверхности воды. Промеры глубин в створе измерения расходов воды выполнены ручным эхолотом и приведены к показаниям автоматических уровнемеров.

Измерения основных абиотических параметров среды: давление (глубина), температура, электропроводность (соленость), водородный показатель pH, содержание растворенного кислорода, мутность, освещенность, концентрация хлорофилла-$\alpha$, — на гидрологических станциях в реке выполняли мультипараметрическим гидрологическим зондом JFE Advantech AAQ-RINKO Profiler (Япония). В качестве дополнительного инструмента для измерения глубины, температуры и солености использован также зонд YSI CastAway (США). Точность измерений температуры воды составляла ±0,05 °C, солености — ±0,1‰, водородного показателя — ±0,2 pH, растворенного кислорода — ±0,4 мг/л, мутности — ±0,1 FTU, хлорофилла-$\alpha$ — ±1%. Всего за период полевых работ в нижнем течении и устьевой области р. Камчатки выполнено 83 гидрологические станции (рис. 1).

***Гидрологические съемки в Камчатском заливе.*** За весь период полевых работ на акватории Камчатского залива выполнено пять гидрологических съемок: 05.06, 23.06, 07.07, 15.07 и 31.07.2019. Наблюдения проводили с борта двух маломерных судов морского класса, предоставленных ООО «Соболь» (рис. 1). Район, охваченный в ходе гидрологических съемок, включал ок. 10 км в мористую (до изобат 100 и 200 м) и северную (до устья р. Быстрой) и ок. 40 км в южную части Камчатского залива (до м. Крюгера) (рис. 1). Измерения проводили мультипараметрическими гидрологическими зондами AAQ-RINKO Profiler и YSI CastAway (регистрируемые параметры и точность измерений этих приборов указаны выше).

На отдельных гидрологических станциях измерения выполняли в режиме вертикального зондирования от поверхности воды до дна или до слоя с фоновыми значениями солености ≥31‰ (преимущественно до глубины 15–20 м). Все первичные данные осредняли по глубине с интервалом в 0,1 м. Всего за период работ было выполнено 126 вертикальных зондирований водной толщи (из них 41 — 05.06; 38 — 23.06; 15 — 15.07; 32 — 31.07.2019). Кроме этого, в период проведения гидроакустических работ (рис. 1) одновременно выполняли также площадную съемку гидрологическим зондом AAQ-RINKO Profiler, который был установлен за бортом судна и вел непрерывную регистрацию параметров среды в приповерхностном слое воды (от 0 до 1 м, с интервалом 10 сек). Начало измерений синхронизировали с GPS, который фиксировал трек перемещения судна. Все полученные таким образом первичные данные в дальнейшем усредняли на временной интервал 10 мин. В результате на трех съемках было получено 1886 отдельных гидрологических станций (572 — 07.07; 651 — 15.07; 663 — 31.07.2019).

***Гидроакустические наблюдения в Камчатском заливе.*** В июле 2019 г. в северной части Камчатского залива проведены три гидролого-гидроакустические съемки в начале (07.07), середине (15.07) и в конце месяца (31.07). Все съемки вы-

◀ Рис. 1. Район работ, схема станций сбора полевых данных и расположение рыболовных участков (РЛУ) в нижнем течении и устьевой области р. Камчатки и в прибрежных водах Камчатского залива в июне–августе 2019 г. Условные обозначения: 1 — вертикальные гидрологические зондирования; 2 — места установки датчиков уровня и температуры воды; 3 — створ измерения расходов воды; 4 — трек гидролого-гидроакустической съемки 07.07.2019; 5 — трек гидролого-гидроакустических съемок 15.07 и 31.07.2019; 6 — места отбора проб на гидрохимический состав воды; 7 — места отбора проб фитопланктона; 8 — место отбора проб нерки для оценки состояния здоровья рыб; 9 — места наблюдений за морскими млекопитающими; 10 — места аэронаблюдений за особенностями поведения лососей в зоне действия ставных неводов

Fig. 1. The research area, the scheme of the field data sampling and of the distribution of commercial fishing grounds (CFGs) in the lower part and estuary of the Kamchatka River and in the coastal waters of Kamchatsky Gulf in June–August 2019. The legend: 1 – the vertical hydrological saunding; 2 – the sites of the water level and temperature sensors; 3 – the section of the water discharge measurements; 4 – the track of the hydrological hydroacoustic survey on 07.07.2019; 5 – the track of the hydrological hydroacoustic survey on 15.07 and 31.07.2019; 6 – the sites of the water chemical analysis sampling; 7 – the phytoplankton sampling sites; 8 – the sites of sampling sockeye salmon for the fish health assessment; 9 – the sites of marine mammal observations; 10 – the sites of the observations for the specifics of salmon behavior in the area of the trap net fishing from the air

полнены с борта морского буксира КЖ «Опричник» (судовладелец ООО «Соболь»). Методы проведения гидрологических измерений на этих съемках описаны в предыдущем разделе.

Сбор первичных гидроакустических (ГА) данных на всех трех съемках проводили с помощью научного цифрового эхолота BioSonics DT–X с трансдьюсером 120 кГц с расщепленным лучом, максимальной мощностью 1000 Вт и дискретностью приемного тракта <0,2 дБ. Глубина моря основной части района работ не превышала 30–50 м. Поэтому наблюдения на съемках выполняли в режиме горизонтальной локации, поскольку ранее было показано, что эффективность гидроакустического учета лососей при горизонтальной локации значительно выше, чем при вертикальной (Николаев, 1974, 1977). Кроме этого, при вертикальной локации была высока вероятность распугивания рыб вследствие шумового и визуального воздействия от движущегося судна, что особенно существенно сказывается при проведении наблюдений на небольших глубинах (Гончаров, Попов, 2011).

Трансдьюсер эхолота был закреплен в горизонтальном положении по правому борту судна в его кормовой части и погружен в воду на глубину 50 см. Все съемки проводили в светлое время суток. Скорость движения судна во время сбора ГА-данных составляла 8–10 км/ч, горизонтальная дистанция регистрации эхосигналов — 100 м, продолжительность зондирующих импульсов — 0,1 мс, ширина приемного тракта эхолота — от 0 до 50 дБ. Контроль хода судна по галсам в период съемок осуществляли с помощью ручного GPS-навигатора. Общая длина галсов на первой съемке составила 63,8 км, на второй — 94,8 км, на третьей — 93,4 км (рис. 1).

Обработку ГА-данных выполняли с помощью специализированной лицензионной программы Myriax EchoView (версия 8.0) (Higginbottom et al., 2008). Все первичные ГА-данные суммировали для отдельных участков акватории дистанцией 500 м и до границы зоны регистрации, которая могла существенно варьировать в зависимости от глубины моря в месте наблюдений и колебалась от 10 до 100 м, но в основном составляла 30–40 м по перпендикуляру к оси движения судна. Для анализа результатов эхолотных съемок, который включал выяснение распределения лососей на исследованной акватории, а также оценку их размерного состава в зависимости от силы цели TS, использован метод эхосчета (NOAA protocols.., 2003). Определение размерного состава рыб в зависимости от *TS* (для частоты 120 кГц) выполнено по отношению:

$$TS = 20\,\mathrm{Log}L - 62{,}8, \qquad (1)$$

где $L$ — длина рыб.

В связи с ограничениями ГА-метода, дифференциация отдельных видов рыб в смешанных скоплениях (в особенности, если это схожие в таксономическом отношении виды, такие как тихоокеанские лососи) зачастую не представляется возможной (Simmonds, MacLennan, 2005). Поэтому для анализа распределения отдельных видов лососей по результатам ГА-съемок использован такой косвенный показатель, как средние размеры рыб. В качестве дополнительной информации об особенностях миграции нерки в водах Камчатского залива использованы также данные промысловых уловов ставных неводов в 2015–2019 гг.

***Сбор сопутствующей информации.*** Помимо полевых материалов, летом 2019 г. была также собрана разнообразная сопутствующая информация, которая, на наш взгляд, могла быть полезна для достижения цели исследований, в том числе:

– отобраны пробы для проведения лабораторного анализа гидрохимического состава и качества воды в нижнем течении р. Камчатки;

– собраны гидробиологические пробы на предмет выявления в составе планктонных сообществ различных токсичных микроводорослей, которые способны вызывать нарушение миграционной активности у лососей;

– взяты биологические пробы для выяснения состояния здоровья и возможных болезней производителей нерки;

– проведены наблюдения за морскими млекопитающими, которые, как известно, способны наряду с промыслом оказывать значительное влияние на общую численность лососей в устьевых участках рек, где они концентрируются в период их массового хода;

– проведены аэровизуальные наблюдения за особенностями поведения лососей в зоне действия ставных неводов для выяснения возможности влияния неводного лова на пропуск производителей в р. Камчатку;

– собраны данные о современном состоянии и специфике промысла лососей на различных рыболовных участках в Камчатском заливе и в нижнем

течении р. Камчатки, а также некоторая другая информация.

Отдельные методические аспекты сбора полевых данных, а также дополнительные источники информации по каждой из вышеуказанных задач будут указаны в соответствующих разделах с результатами исследований.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе полевых работ 2019 г. собран большой объем разнообразных научных данных, однако в настоящей статье будут представлены только те результаты, которые, на наш взгляд, необходимы для решения главной цели исследований — выяснения возможных причин ситуации, сложившейся с подходами и пропуском производителей нерки в бассейн р. Камчатки в последние годы.

### Основные результаты полевых исследований и промысел нерки р. Камчатки в 2019 г.

***Морфодинамика устьевой области р. Камчатки.*** Основной предпосылкой для проведения морфологических исследований в устье р. Камчатки в 2019 г. послужил тот факт, что согласно действующим в настоящее время нормативно-правовым документам, расположение устья реки является отправной точкой для определения границ как морских, так и речных РЛУ (Правила.., 2019). Морфологическое строение устьевой области реки, в свою очередь, определяет расположение РЛУ и расстановку орудий лова во время промыслового сезона. От этого часто напрямую может зависеть интенсивность промышленного освоения тихоокеанских лососей на предустьевом участке моря и в нижнем течении реки и, как следствие, суммарный пропуск производителей на нерестилища в речной бассейн.

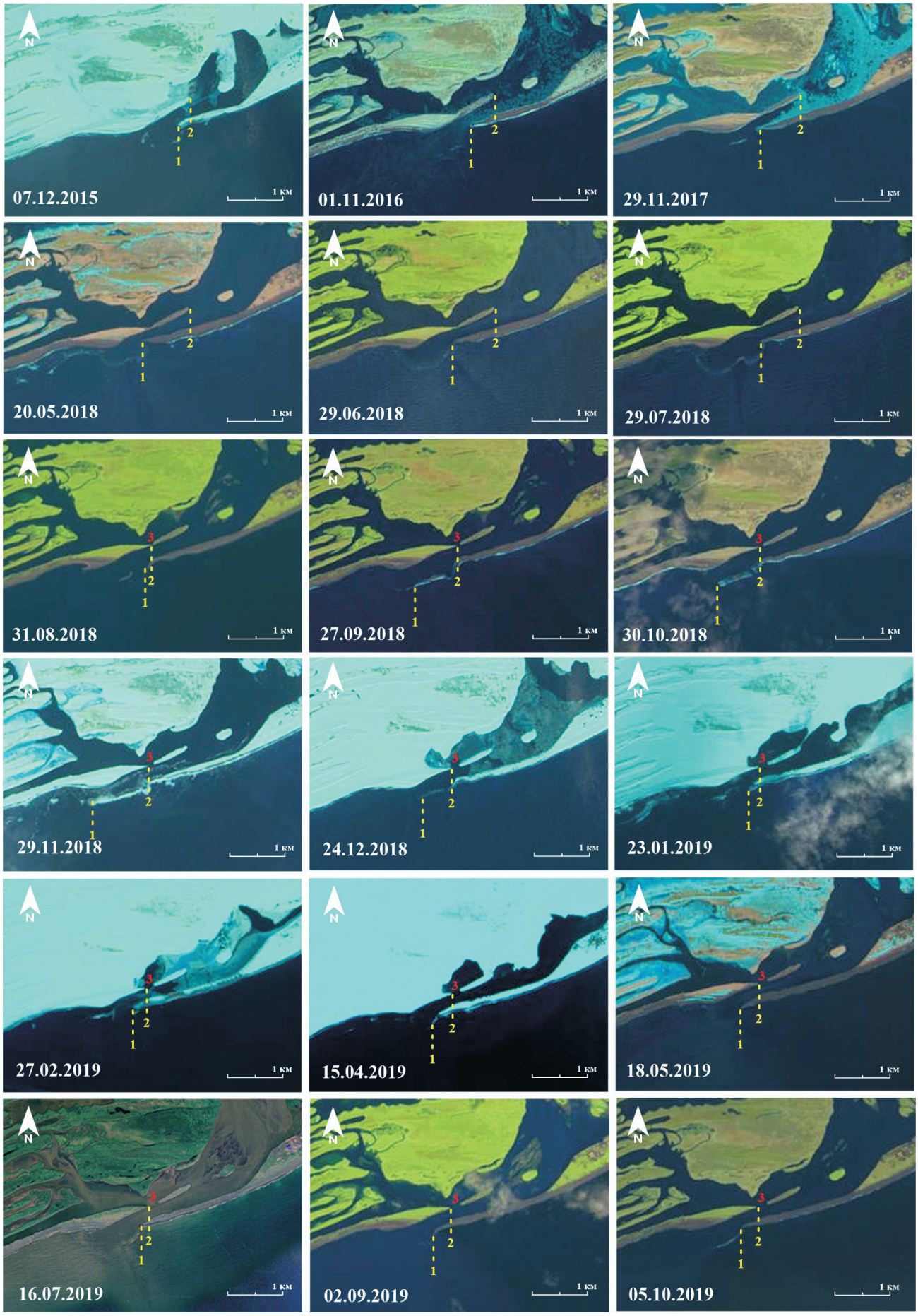
Анализ результатов полевых наблюдений и имеющихся космических снимков, а также всей доступной архивной и опубликованной информации, позволил установить следующее. Устьем (или устьевым створом) р. Камчатки в последние несколько лет следует считать условную линию, которая проходит по перпендикуляру от оконечности «восточной» к берегу «западной» косы (см. рис. 1). При этом оконечность «восточной» косы (то есть и устьевой створ р. Камчатки) может менять свое положение как в очень короткие сроки (например, в течение суток), так и в более длительные периоды времени (сезон, год, несколько лет, десятилетие и т. д.) (Горин, 2014).

Главной естественной причиной морфодинамики устья р. Камчатки является взаимодействие приливов, речного стока и волнения моря. Так, по данным наших измерений с помощью GPS, в начале июня 2019 г. (то есть в самом начале половодья на р. Камчатке) «восточная» коса в сизигийный прилив укорачивалась приблизительно на 160–170 м за счет повышения уровня воды в устье реки и затопления ее оконечности. [В этот период точка оконечности «восточной» косы на отливе имела координаты: N 56°12′12.7′ с. ш.; E 162°27′51.7′′ в. д.] В начале июля 2019 г. (на пике половодья в сизигию) и в конце июля (на спаде половодья в квадратуру) эта дистанция была примерно равна и составляла ~90–100 м.

В результате анализа космических снимков также было установлено, что максимальную длину в течение года «восточная» коса имеет в конце осени и в начале зимы (рис. 2). В зимние месяцы оконечность этой косы периодически может размываться зимними штормами, но весной ее длина вновь начинает расти. В начале летнего сезона (на подъеме половодья на р. Камчатке) оконечность «восточной» косы вновь начинает размываться, но уже речным потоком. Этот размыв и укорачивание косы продолжаются до начала осени, затем, к началу зимнего сезона, «восточная» коса снова удлиняется.

В результате указанных процессов положение устьевого створа р. Камчатки в течение года может перемещаться на несколько сот метров. Причем в разные по гидрологическим условиям годы этот разброс может быть различен, но иногда он, вероятно, может достигать и ~1 км. На это накладывается также то, что «восточная» коса в последние годы имеет направленное смещение к юго-западу со средней интенсивностью до ~200 м в год (рис. 2).

Что касается морфодинамики «западной» косы, то наши полевые наблюдения показали, что в летний сезон 2019 г. для нее было характерно более стабильное положение, так как оконечность косы всегда возвышалась на несколько метров над водой, даже в максимальный сизигийный прилив. Однако из космических снимков следует, что в начале лета 2018 г. «западная» коса была как минимум на 900 м длиннее, чем в 2019 г. (рис. 2). Во второй половине августа 2018 г. на расстоянии ~700 м от ее оконечности образовался прорыв, который постепенно расширился в юго-западном направлении, и к началу лета 2019 г. его ширина


07.12.2015
01.11.2016
29.11.2017
20.05.2018
29.06.2018
29.07.2018
31.08.2018
27.09.2018
30.10.2018
29.11.2018
24.12.2018
23.01.2019
27.02.2019
15.04.2019
18.05.2019
16.07.2019
02.09.2019
05.10.2019
N
1 км

достигла ~200 м. Благодаря образованию этого прорыва, от основания «западной» косы отделился остров длиной ~700 м (рис. 2). Причины образования прорыва в «западной» косе в настоящее время нам не известны, но по имеющимся историческим сведениям, подобные события (то есть образование прорывов в устьевых косах) в устье р. Камчатки в прошлом неоднократно случались как по естественным причинам, так и в результате антропогенного вмешательства.

Так, ранее показано, что естественный процесс удлинения «восточной» косы происходит благодаря вдольбереговому потоку морских наносов и, в меньшей степени, твердому стоку реки. В результате в речном устье образуется избыток наносов, который обеспечивает процесс удлинения «восточной» косы. Этот процесс рано или поздно заканчивается прорывом косы у основания с одновременным присоединением ее оконечности к «западной» косе. При этом «новая восточная» коса растет вдоль «старой», без размыва последней. В случае антропогенного вмешательства естественный ход развития устьевого рельефа целенаправленно может сдерживаться с помощью «прокопов» устьевых кос, как, например, это было в первой половине XX в., и землечерпания на устьевом баре во второй половине этого столетия (Лямин, Рудакова, 1944; Горин, 2014).

***Гидрологический режим р. Камчатки.*** Для оценки многолетних изменений характеристик водного и термического режима р. Камчатки использованы все имеющиеся данные, накопленные за длительную историю работы трех постов Камчатского УГМС, расположенных в нижнем течении реки. Ныне действующий пост «Ключи» находится в одноименном поселке на расстоянии ~130 км от устья реки (этим постом замыкается 82% площади бассейна реки). Уже закрытый пост «Большие Щеки» располагался в ~60 км от речного устья (92% речного бассейна). Также закрытый пост «Нижне-Камчатск» находился в ~35 от устья (замыкал ~95% речного бассейна).

Предварительный анализ качества, репрезентативности и длительности наблюдений на этих постах показал следующее. Для оценки характеристик водного стока реки наиболее подходит пост «Ключи»: ряд наблюдений на этом посту имеют приемлемое качество и большую длину (с 1931 г. по настоящее время). Важно, что величины летнего стока воды на этом посту имеют достаточно тесную связь с аналогичными характеристиками на посту «Большие Щеки», замыкавшем почти весь бассейн реки. Наблюдения за стоком воды на двух других постах закончились ~30 лет назад (в 1992 г. на «Больших Щеках» и в 1988 г. в «Нижне-Камчатске»), что не позволяет использовать их ряды для настоящей работы. Качество рядов температуры речной воды на постах «Большие Щеки» и «Нижне-Камчатск» достаточно надежно. Но на первом посту температура воды наблюдалась почти 70 лет (в 1951–2017 гг.), а на втором — менее 40 лет (с 1951 по 1988 гг. с перерывами), причем эти наблюдения завершились три десятка лет назад. С точки зрения репрезентативности, характеристики внутригодового распределения температуры воды на обоих постах (в период совместных наблюдений) были очень близки. Ряд наблюдений за температурой воды на посту «Ключи» после 1989 г. оказался не однородным (возможно, из-за необъявленного переноса места измерений), а также в целом не репрезентативным для нижнего течения реки (из-за сильной трансформации температуры речной воды в многочисленных протоках и озерах, находящихся на участке от п. Ключи до ур. Большие Щеки).

На рисунке 3 показаны изменения водного стока р. Камчатки в 2018–2019 гг., а также за предшествующий 30-летний период (1989–2017 гг.). Из этих данных следует, что в 2018 г. водный сток р. Камчатки в первой половине июня был близок к своим среднемноголетним величинам, а с середины июня до конца июля существенно превышал таковые. Расходы воды на пике половодья и объем стока реки за май–июль в этом году достигли своих максимумов за многолетний период. В 2019 г. до второй половины июня водный сток р. Камчатки был значительно выше среднего, а в июле был близок к нему. При этом расходы воды в реке на пике половодья и объем стока за май–июль немного превысили среднемноголетние величины. Таким образом, половодье 2018 г. в нижнем течении р. Камчатки можно охарактеризовать как экстремально высокое, а половодье 2019 г. — как раннее, немного больше среднего.

◀Рис. 2. Морфологические изменения устьевой области р. Камчатки в 2015–2019 гг. (по данным космических снимков Sentinel-2). Условные обозначения: 1 — точка оконечности «восточной» косы, 2 — точка оконечности «западной» косы; 3 — прорыв в «западной» косе

Fig. 2. The morphological changes of the Kamchatka River outlet part in 2015–2019 (on the data of satellite images Sentinel-2). The legend: 1 – the eastern spit terminal point, 2 – the western spit terminal point; 3 – the break in the western spit

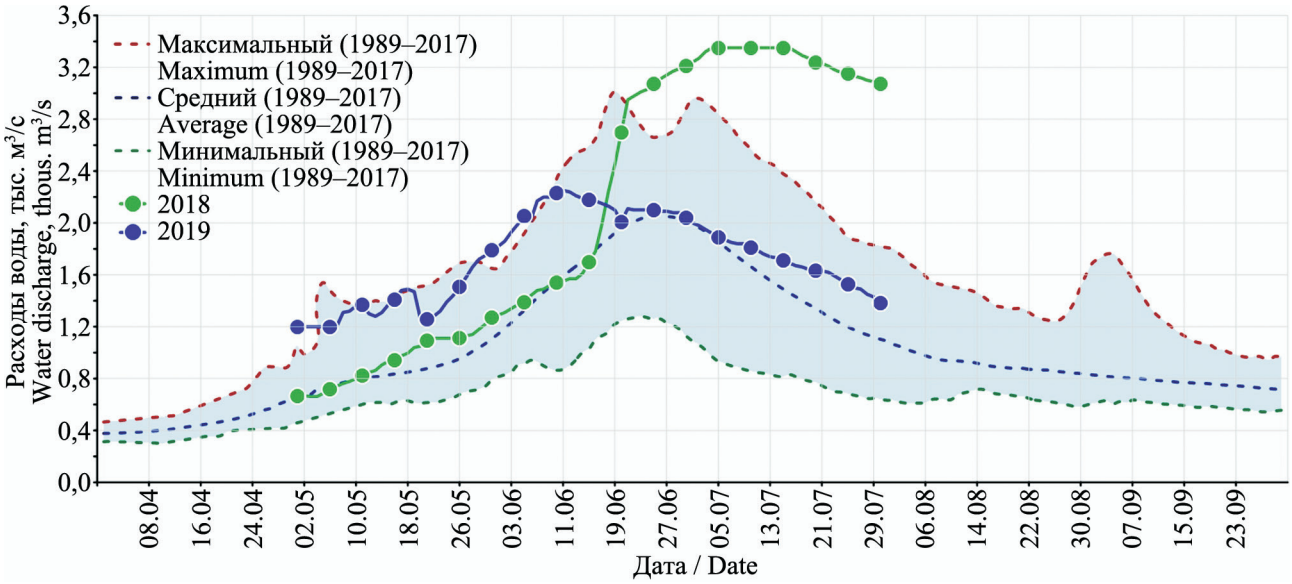



Рис. 3. Сезонные изменения расходов воды (м³/с) в р. Камчатке в 2018 и 2019 гг. на фоне среднемноголетних значений (по данным гидрологического поста «Ключи»)
Fig. 3. The seasonal changes of the water discharge (m³/sec) in the Kamchatka River in 2018 and 2019 on the background of the long term average values (on the data of the hydrological controller "Kluchi")

Сравнение результатов наблюдений за температурой воды в нижнем течении р. Камчатки за 1970–1988 и 2001–2017 гг. показало, что в последние 20 лет на посту «Большие Щеки» вода во второй половине лета и в начале осени стала немного теплее, чем раньше (рис. 4). В остальные сезоны величины температуры за оба периода оказались очень близки. На посту «Большие Щеки» температура воды лишь в начале июня немного отличалась от таковой на посту «Нижне-Камчатск», а в остальное время была очень близкой к ней. На посту «Ключи» температура воды в первой половине июня была немного выше, а в остальное время — заметно ниже, чем в «Больших Щеках» и «Нижне-Камчатске».

В 2018 и 2019 гг. пост «Большие Щеки» уже не действовал. В 2018 г. здесь не было никаких наблюдений, поэтому летом 2019 г. мы установили в этом месте автоматический измеритель уровня и температуры воды, который работал с 3 июня по 1 августа (рис. 4). Оказалось, что летом 2019 г. температура воды в р. Камчатке была несколько ниже своей многолетней нормы, но заметно выше многолетних минимумов. Таким образом, в термическом отношении лето 2019 г. может быть охарактеризовано как близкое к норме, или немного прохладное.

Летом 2019 г. подъем половодья в нижнем течении р. Камчатки продолжался до середины июня (рис. 5). Во второй половине июня и в первую декаду июля уровень воды держался на высоких отметках, после чего начал снижаться. Температура речной воды изменялась по нарастающей: от значений порядка 7,8 °C (10 июня) до 16,8 °C (21 июля), но с чередованием подъемов и спадов, которые обычно происходили с интервалом в несколько суток (рис. 5). Причем падение температуры воды в реке в отдельные периоды достигало 3,5 °C в течение одной недели. Скорее всего, это было связано с изменениями синоптических условий в нижнем течении реки.

***Характеристика зоны смешения в Камчатском заливе.*** Предыдущими исследователями высказывалось мнение, что результативность промысла тихоокеанских лососей (прежде всего, нерки) ставными неводами в Камчатском заливе зависит от эффективности облова зоны воздействия речного стока, в которой скапливаются взрослые рыбы перед анадромной миграцией в реку. То есть гидрологические характеристики прибрежных вод Камчатского залива могут влиять на промысел лососевых (Миядзаки, 1938; Лямин, Рудакова, 1939, 1944; Лямин, 1949; Николаев, 1974).

Результаты наших гидрологических съемок показали, что наиболее показательными гидрологическими характеристиками, позволяющими идентифицировать зону смешения (ЗС) пресной речной и соленой морской воды в водах Камчатского залива в июне и июле, являются соленость, а также температура и мутность воды. Значение первой характеристики очевидно. Температура воды в ЗС отличается от фоновых морских величин потому, что в июне–июле речная вода про-

гревается значительно интенсивней, чем поверхностные воды Тихого океана. А повышенная мутность воды в ЗС обусловлена большим объемом взвешенных частиц, выносимых стоком р. Камчатки, дренирующей обширную область активного вулканизма (по некоторым оценкам, из реки в Камчатский залив ежегодно выносится ~3 млн т взвешенных наносов) (Михайлов, 1997).

Границы ЗС на акватории Камчатского залива определяются взаимодействием множества разномасштабных гидрометеорологических факторов: отдельными составляющими речного стока; морскими приливами; воздействием ветра, морских волн и течений и др. (Лямин, Рудакова, 1939, 1944; Николаев, 1974; Лобанова, 1989; наши наблюдения в 2018–2019 гг.). Поэтому во время

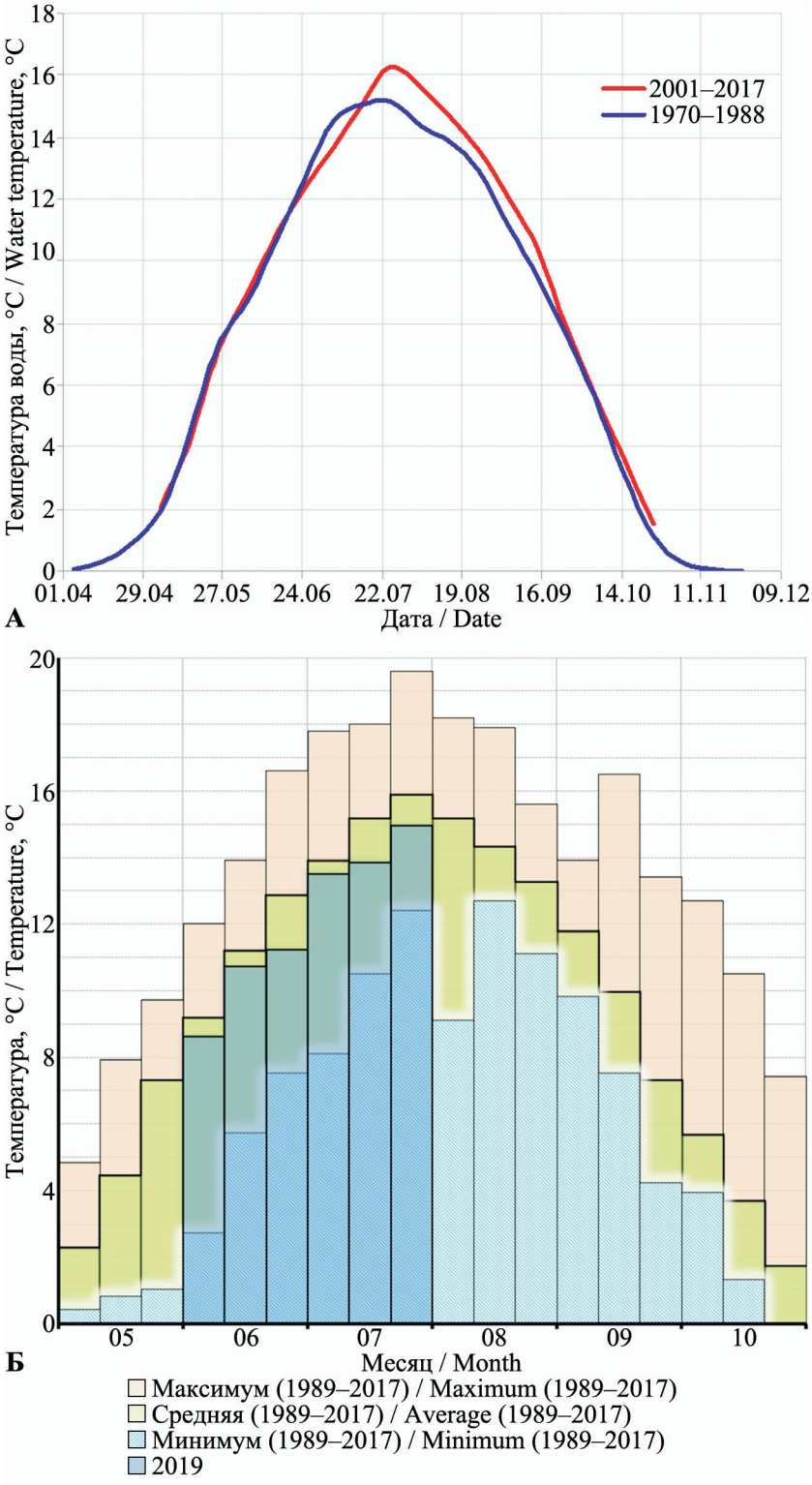



Рис. 4. Внутригодовая изменчивость температуры воды в нижнем течении р. Камчатки на посту «Большие Щеки» (А — средние декадные за многолетние периоды; Б — средние максимальные и минимальные декадные за многолетний период, а также декадные за лето 2019 г.)

Fig. 4. The intra-annual variations of the water temperature in the lower part of the Kamchatka River at the control post “Bolshie Scheki” (A – the long term data averaged by10-day periods; Б – the maximum and minimum data averaged by 10-day periods for the long term period and for the summer 2019)

путины размеры и очертания ЗС постоянно изменяются как в течение коротких периодов времени (от нескольких часов до нескольких суток: например, из-за речных паводков, а также приливов, сгонно-нагонных ветров), так и в сезонном масштабе времени (из-за прохождения волны речного половодья) (Лямин, Рудакова, 1939, 1944; наши наблюдения 2019 г.). Несмотря на интенсивную динамику ЗС, ее осевая линия в летний период устойчиво держится вдоль морского берега и направлена от устья реки в юго-западном направлении (Лобанова, 1989; Коваль и др., 2018; наши наблюдения 2019 г.). Это обусловлено воздействием мощного Камчатского течения, увлекающего за собой вынос р. Камчатки (Храпченков, 2000), а также особенностями рельефа дна в Камчатском заливе.

По нашим данным, летом 2019 г. форма ЗС имела следующие очертания: от устья реки на север и в сторону открытого океана ее ширина составляла ~1–3 км на подъеме половодья и ~3–5 км после прохождения его пика (рис. 6). В юго-западном направлении ЗС в начале июня охватывала только прибрежную полосу шириной до ~1–3 км, а к концу месяца и в июле она увеличилась до 5–10 км (благодаря постепенной аккумуляции речных вод на акватории залива) (рис. 6). Примерно в 10–15 км на юго-запад от устья реки ЗС начинала расширяться в открытую часть залива. Отсюда и до м. Крюгера (южная граница наших работ, ок. 40 км от устья реки) ее ширина была всегда больше 5–10 км. Скорее всего, некоторый вклад в ЗС на этом участке вносил сток малых рек, впадающих в Камчатский залив от м. Чаячьего до м. Крюгера (например, р. Горбуша, см. рис. 1). Судя по измеренным величинам температуры и солености воды на станциях, расположенных на широте м. Крюгера, воздействие стока р. Камчатки в южном направлении может сказываться еще на очень большом расстоянии: вероятно, не менее 100 км от устья реки (Коваль и др., 2018; наши наблюдения 2019 г.).

Анализ вертикального распределения гидрологических характеристик показал, что летом 2018 и 2019 гг. в Камчатском заливе в пределах распространения ЗС водная толща была сильно стратифицирована, при этом тонкий слой опресненных, прогретых и замутненных вод располагался над более мощным слоем соленой и холодной морской воды. «Ядро» ЗС (с переходом солености воды от 0 до 15–20‰) локализовалось на устьевом взморье в непосредственной близости от устья р. Камчатки (рис. 6–7). Здесь толщина слоя наибольшего опреснения (с соленостью менее 20‰) обычно не превышала 2 м, но иногда достигала ~3–5 м. Общая толщина ЗС с соленостью <31‰, с температурой до 4–5 °С и мутностью до 15–25 FTU, большей, чем в более глубоких слоях водной толщи, достигала ~10 м (рис. 7). По мере удаления от устья р. Камчатки в южную часть Камчатского залива перемешиванием охватывались все более глубокие горизонты воды, поэтому на широте м. Крюгера (~40 км от устья реки) толщина ЗС уже составляла ~15 м (рис. 7).

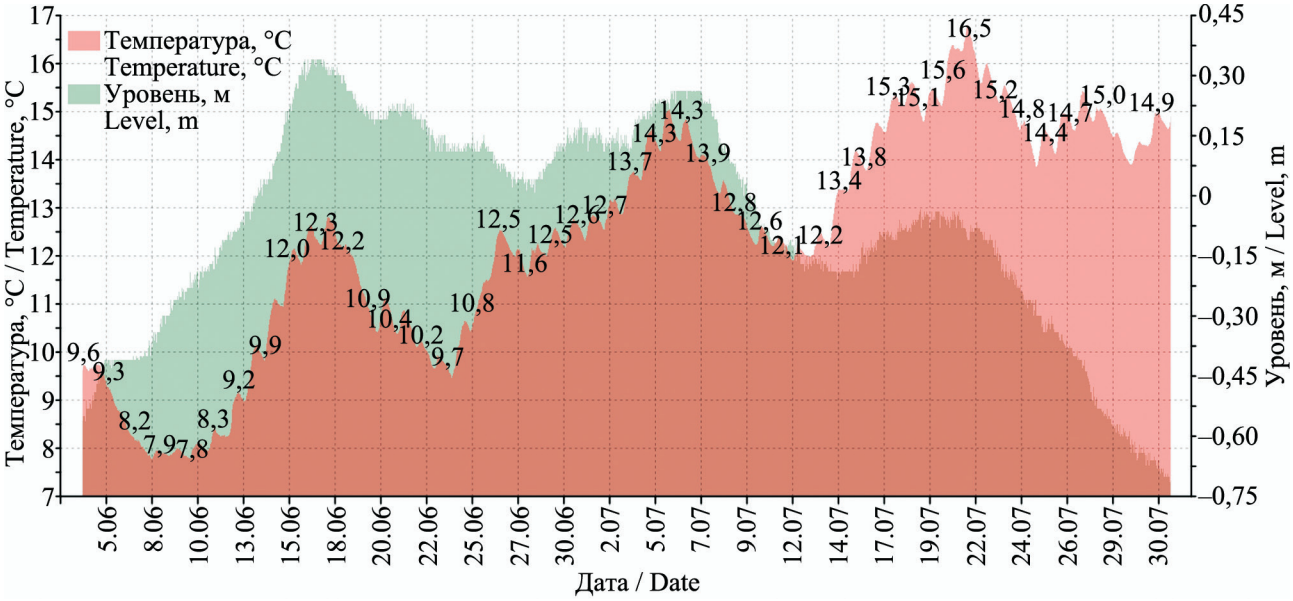



Рис. 5. Динамика изменений температуры (°С) и уровня (м³/с) воды в р. Камчатке по данным автоматического датчика, установленного в районе поста «Большие Щеки» в июне–июле 2019 г.
Fig. 5. The dynamics of the changes of water temperature (°C) and level (m³/sec) in the Kamchatka River on the data by automatic sensor set in vicinity of the control post “Bolshie Scheki” in June–July 2019

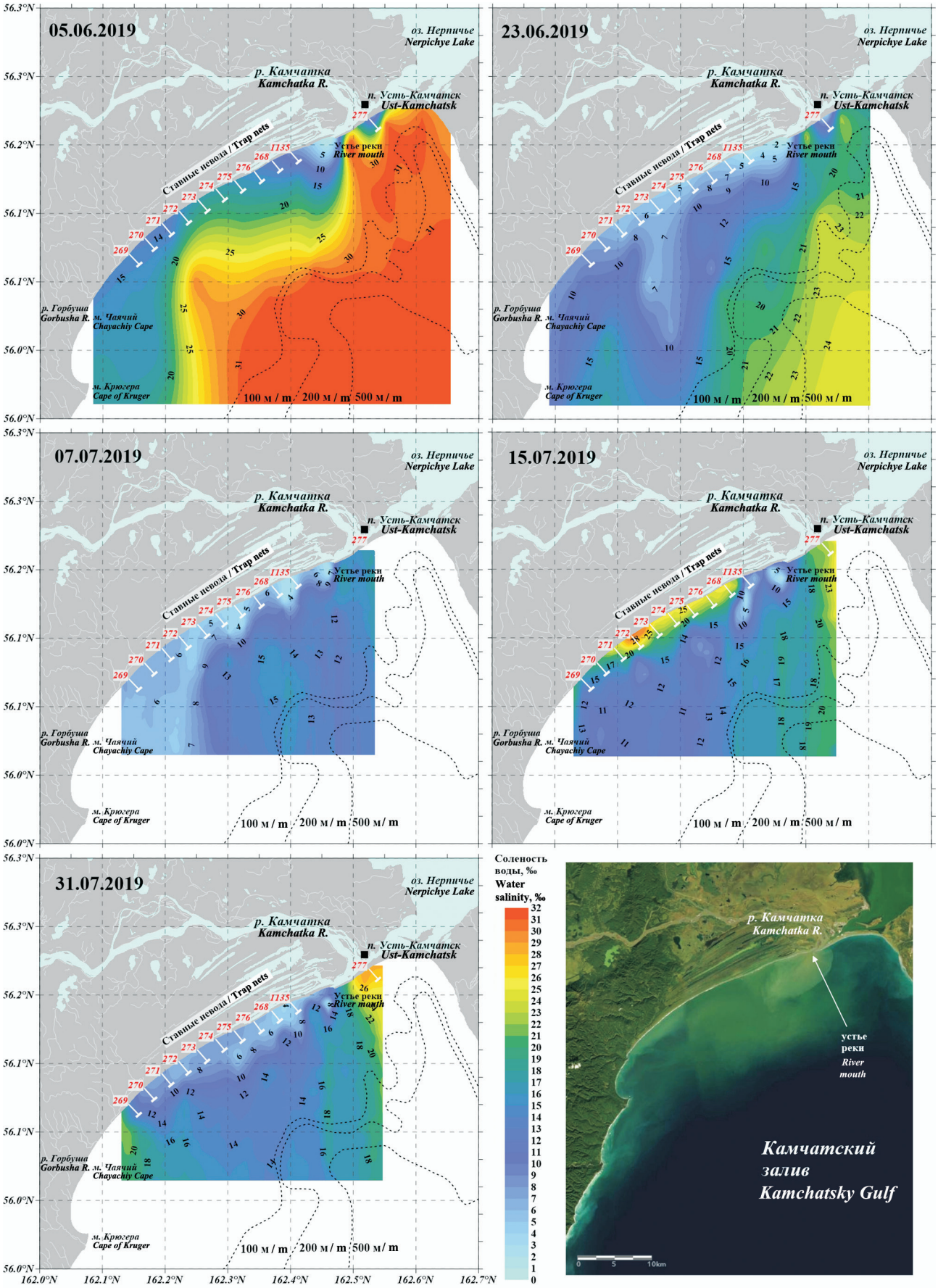



Рис. 6. Пространственное распределение солености воды (‰) на поверхности на отдельных гидрологических съемках и схема расположения ставных неводов в Камчатском заливе в июне–июле 2019 г. (на правом нижнем рисунке представлен спутниковый снимок с сайта www.arcgis.com/home/webmap, на котором хорошо виден шлейф мутности, распространяющейся от устья р. Камчатки в прибрежные воды Камчатского залива)

Fig. 6. The spatial distribution of the water salinity (‰) on the surface of particular hydrological surveyses and the scheme of the trap nets in Kamchatsky Gulf in June–July 2019 (a satellite image from the site www.arcgis.com/home/webmap is in the lower right part of the picture, and a turbidity plum, spreading to the waters of Kamchatsky Gulf from the Kamchatka River mouth is obvious)

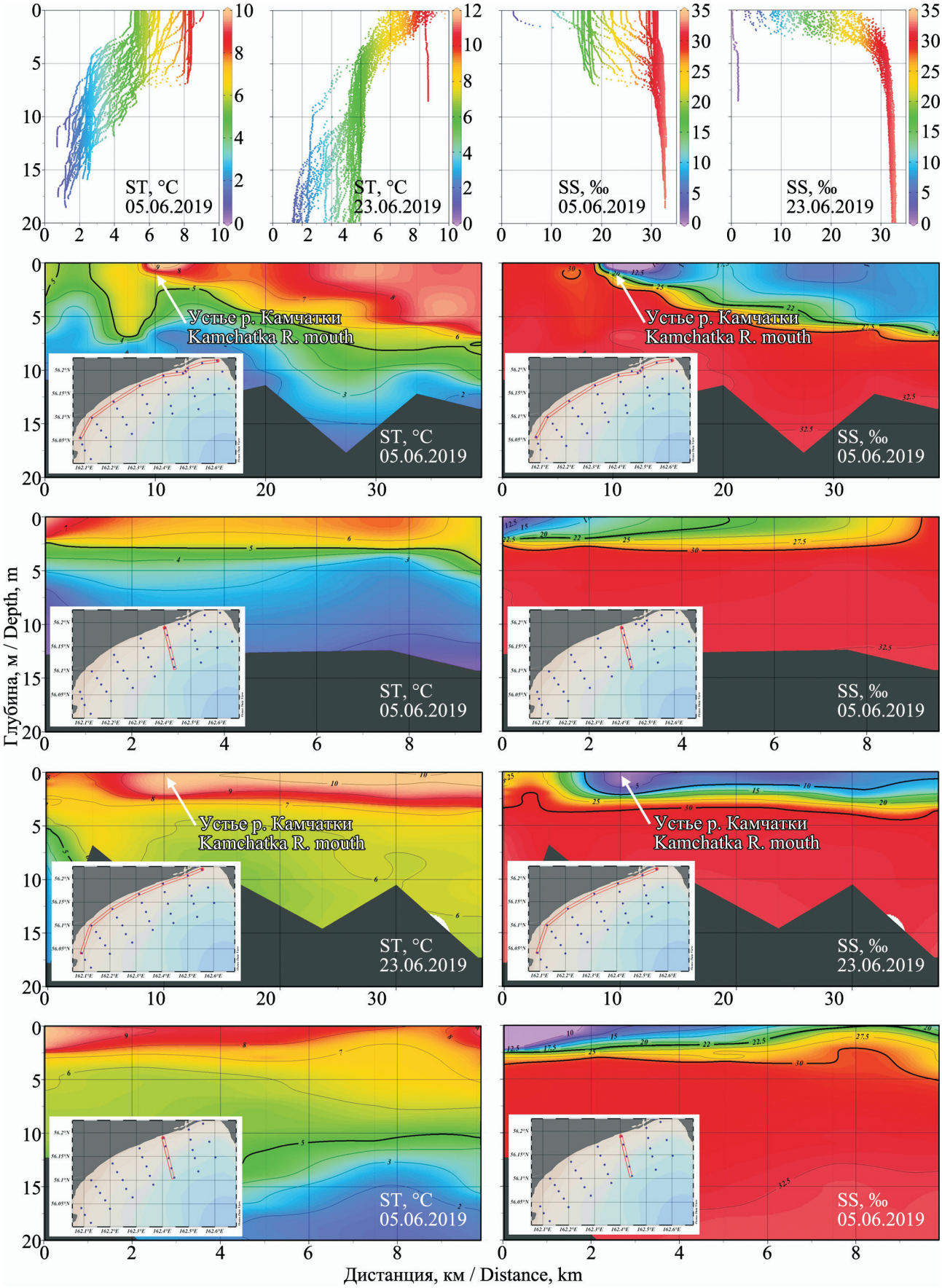



Рис. 7. Вертикальное распределение температуры (ST, °C) и солености (SS, ‰) воды на станциях гидрологических съемок, выполненных в Камчатском заливе в июне 2019 г. (на верхних рисунках — вертикальные профили для всех станций съемки, на нижних — продольные профили на отдельных разрезах, указанных на врезках)
Fig. 7. The vertical distribution of the water temperature (ST, °C) and salinity (SS, ‰) on the stations of hydrological surveys in Kamchatsky Gulf in June 2019 (vertical profiles for all stations of the survey are in the upper pictures, longitudal profiles of particular sections marked in the boxes – in the lower pictures)

Соотношение размеров ЗС в Камчатском заливе в 2018–2019 гг. и в среднем за многолетний период можно оценить только по косвенным данным: по величине водного стока р. Камчатки. Исходя из этого, в 2018 г. ЗС до середины июня, скорее всего, была близка по своим размерам к норме, а в июле достигла экстремально больших величин. В 2019 г. ЗС до середины июня, скорее всего, была больше, чем обычно, а потом ее характеристики приблизились к норме.

***Распределение и миграции лососей в прибрежных водах Камчатского залива.*** На трех гидролого-гидроакустических съемках, выполненных в прибрежных водах Камчатского залива в июле 2019 г., по данным эхосчета суммарно было зарегистрировано 2132 одиночных рыб, из них 466 экз. на первой, 635 экз. на второй и 1031 экз. на третьей съемках. Основные скопления рыб на всех трех съемках отмечали поблизости от устья р. Камчатки (рис. 8). При этом общее их учтенное количество

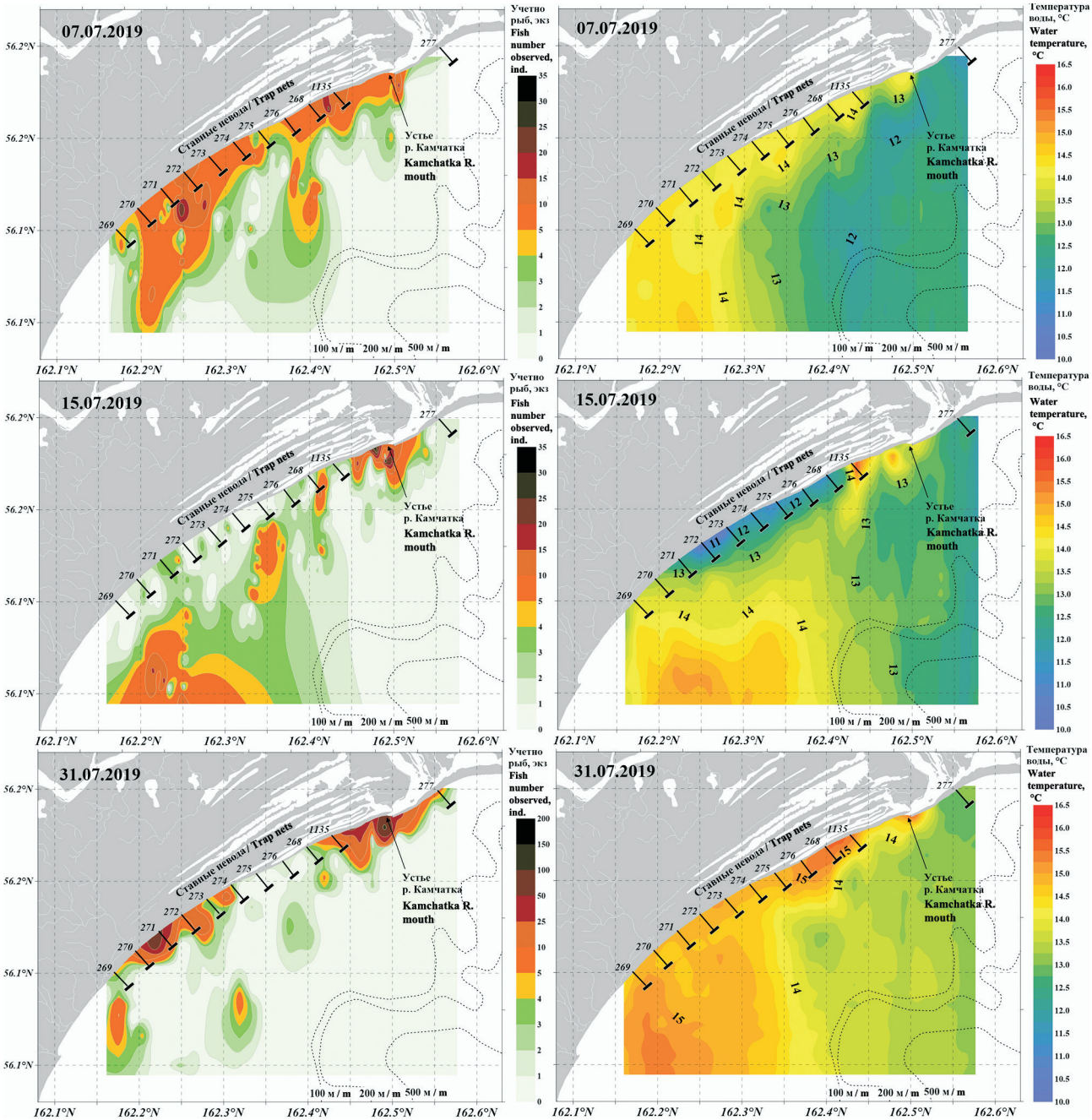



Рис. 8. Распределение тихоокеанских лососей (экз., рисунки слева) и температуры воды на поверхности (°C), рисунки справа) на отдельных гидролого-гидроакустических съемках, выполненных в Камчатском заливе в июле 2019 г.
Fig. 8. The distribution of the Pacific salmon individuals (left pictures) and the surface water temperatures (°C) (right pictures) in particular hydrological-hydroacoustic surveyses in Kamchatsky Gulf in July 2019

на одном и том же участке акватории в районе устья реки от съемки к съемке возрастало и составило: 40 экз. — в начале июля, 85 экз. — в середине июля, 220 экз. — в конце июля. Поблизости от устья реки, по результатам анализа размеров рыб в зависимости от силы цели TS (уравнение 1), средняя длина их тела составляла 50–60 см. В начале июля большое количество рыб отмечали также повсеместно в прибрежных водах Камчатского залива, в зоне действия ставных неводов. В средине июля, наоборот, рыб регистрировали в основном за пределами зоны неводного лова — в более мористой части и на самой южной границе исследуемой акватории (на широте м. Чаячьего). В конце июля, помимо устьевой зоны, скопления рыб отмечались на отдельных участках в прибрежных водах Камчатского залива, в основном в зоне действия южных неводов (№ 270–274, рис. 8). По-видимому, эти концентрации могли формировать рыбы различных видов, поскольку их размерный состав в отдельных скоплениях существенно различался. В районе устья р. Камчатки преобладали особи размерами 50–60 см (вероятно, нерка или кета), а в южной части района — более мелкие рыбы с длиной тела 30–40 см (по всей видимости, горбуша).

Результаты съемок свидетельствуют, что лососи в прибрежных водах Камчатского залива концентрировались в основном в пределах той части ЗС, которая находилась под наибольшим воздействием стока р. Камчатки. Так, преобладающее количество рыб (≥80% общего числа, зарегистрированного на всех съемках) было учтено именно на тех участках акватории, где в поверхностном слое воды наблюдались пониженная соленость (2,5–15,0‰) и повышенная температура (13–15 °C) воды. [Интересно отметить, что во время второй съемки 15.07.2019 вдоль берега Камчатского залива в пределах зоны действия ставных неводов (на дистанции ~1–1,5 км от берега) наблюдался четко выраженный апвеллинг (то есть подъем глубинных океанических вод с высокой соленостью и пониженной температурой). Это произошло во время съемки под воздействием сильного сгонного ветра, который и отогнал от берега тонкий поверхностный слой более теплой и распресненной воды. Как следует из рис. 5, в зоне подъема глубинных вод количество лососей резко снижалось.] Из этих рыб максимальное количество (равное 23 и 24% общей численности) отмечено при температуре 14,5–15,0 °C и солености 7,5–10,0‰ (рис. 9).

В целом, результаты наших гидролого-гидроакустических съемок полностью подтвердили предыдущие наблюдения, что подавляющая часть половозрелой нерки из открытых вод Тихого океана подходит сначала в центральную и в южную части Камчатского залива, а затем мигрирует на север вдоль его побережья вплоть до устья р. Камчатки (Ясухара, 1932; Сато, 1937, 1939; Миядзаки, 1938; Лямин, 1949; Николаев, 1974, 1977). Так, пространственное распределение лососей на эхолотных съемках указывает, что половозрелые рыбы в июле 2019 г. подходили с юга Камчатского залива широким фронтом (рис. 8). В процессе миграции к устью р. Камчатки они придерживались зоны смешения, которая по мере приближения к устью реки становилась все уже, все ближе прижимаясь к морскому берегу. В результате миграционный путь лососей в заливе был похож на своего рода клин, острый конец которого был направлен к устью р. Камчатки, где и наблюдались максимальные скопления рыб перед их анадромной миграцией в реку. К концу июля, с завершением массовых подходов нерки р. Камчатки в район промысла, численность рыб в Камчатском заливе существенно снизилась (рис. 8).

Ранее уже было отмечено, что гидроакустические наблюдения не позволяют однозначно идентифицировать видовую принадлежность лососей, поэтому для подтверждения предположенной выше схемы миграции нерки в Камчатском заливе можно привести данные промысловой статистики. На рисунке 10 представлена интегрированная динамика суммарного вылова нерки ставными неводами в Камчатском заливе в июне 2015–2019 гг. Как следует из рис. 10, в самом начале промысла (в первую пентаду июня) максимальный вылов нерки приходился на невод № 271, который расположен на расстоянии ~17,5 км южнее устья р. Камчатки. Во вторую и третью пентады максимальный улов показывал уже невод № 274, который находился на ~6 км ближе к устью реки. В четвертую пентаду наибольший улов был в неводе № 268 (то есть уже в ~5,5 км от устья). В предпоследнюю пентаду июня самый высокий улов наблюдался в неводе № 273 (~13,5 км от устья), а затем, в конце июня, — вновь в неводе № 268.

Такая динамика промысловых уловов, по всей видимости, связана не только с общей направленностью миграций нерки в Камчатском заливе, но

и отражает сроки подхода в район промысла ее различных популяционных группировок. Так, предыдущими исследователями уже было показано, что на динамику нерестового хода нерки р. Камчатки существенное влияние оказывает сложная структура этого стада, которая включает ряд локальных популяций и сезонных форм (ранняя и поздняя формы, субпопуляции отдельных участков речного бассейна и т. п.) (Коновалов, 1980; Бугаев, 1995, 2011; Бугаев и др., 2007). Кроме этого, следует принять во внимание, что подошедшая к устью р. Камчатки нерка может замедлять темп анадромной миграции и на какое-то время задерживаться в северо-западной части Камчатского залива, совершая внутри этого района локальные перемещения или даже обратные миграции в южном направлении. Это наблюдение основано на результатах изучения распределения и миграций лососей в Камчатском заливе, проведенного японскими и российскими специалистами еще в 1930–70-е гг. (Ясухара, 1932; Сато, 1937, 1939; Миядзаки, 1938; Лямин, Рудакова, 1939, 1944; Лямин, 1949; Николаев, 1974, 1977).

В результате анализа эхограмм, полученных в 2019 г. в районе ставных неводов в Камчатском заливе, установлено, что максимальная численность лососей обычно наблюдалась ближе к средней части крыльев неводов, то есть на расстоянии около 500–600 м от берега (рис. 11). У берега (до 400 м от него) и ближе к ловушкам ставных не-

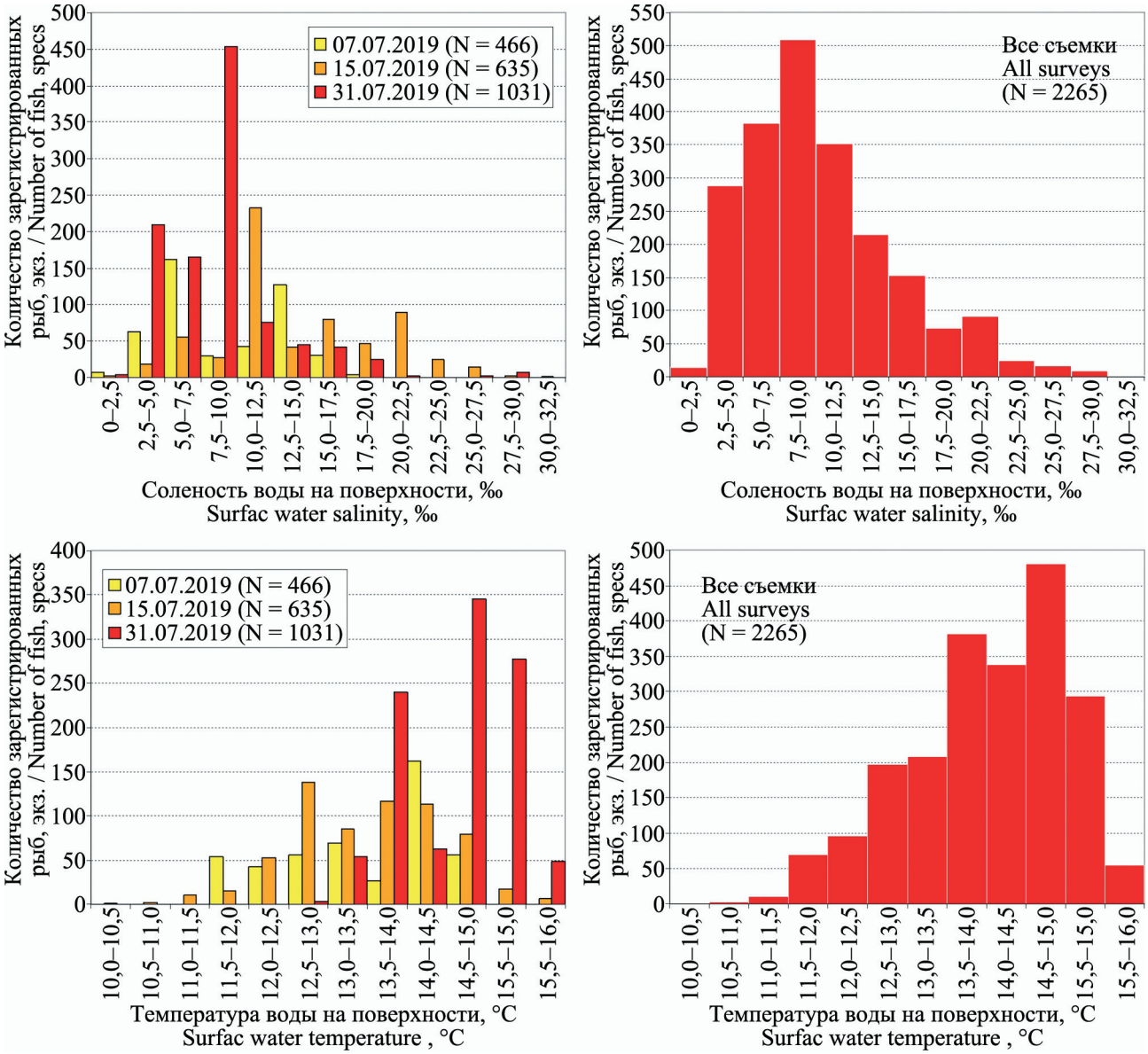



Рис. 9. Соленость (‰) и температура (°C) воды на поверхности и количество зарегистрированных рыб на гидролого-гидроакустических съемках, выполненных в Камчатском заливе в июле 2019 г.
Fig. 9. The surface water salinity (‰) and temperature (°C) and the number of salmon individuals recorded in the hydrological-hydroacoustic surveyses in Kamchatsky Gulf in July 2019

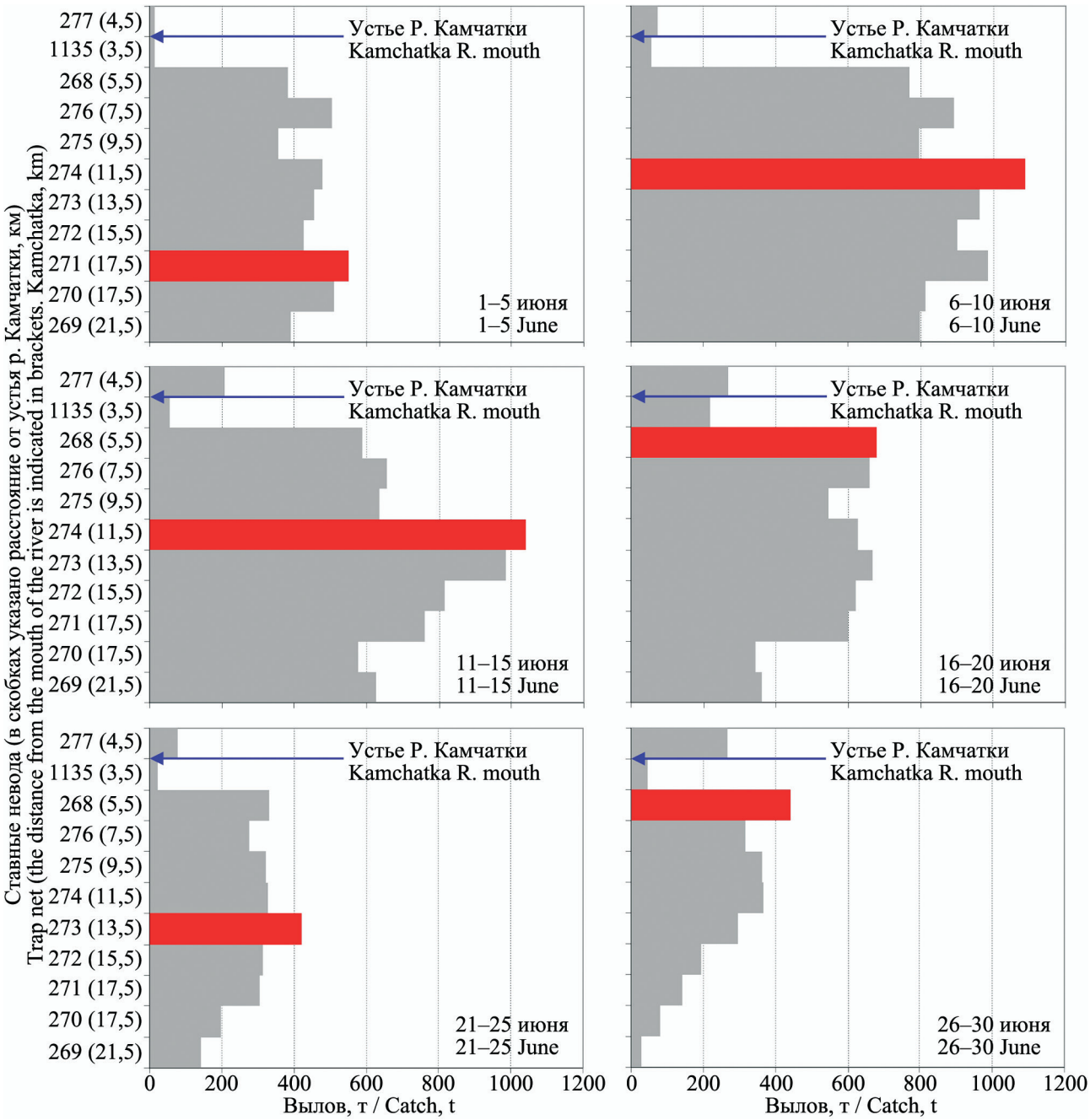



Рис. 10. Суммарный вылов нерки ставными неводами в Камчатском заливе в отдельные пентады июня 2015–2019 гг. (интегрированные данные, красным цветом выделен максимальный улов за пентаду)
Fig. 10. The summary trap net catch of sockeye salmon in Kamchatsky Gulf in particular 5-day periods in June in 2015–2019 (integrated data, the maximum catch per 5-day period is marked in red)

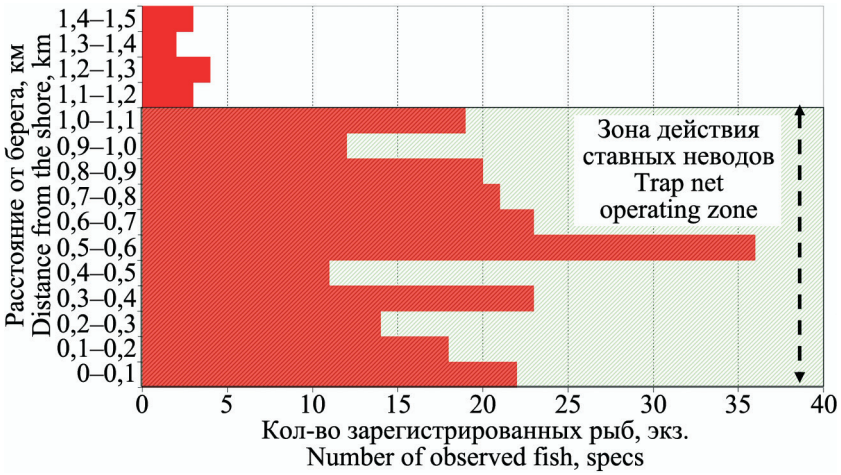



Рис. 11. Распределение лососей в зоне действия ставных неводов в Камчатском заливе в июле 2019 г. (интегрированные данные трех гидроакустических съемок)
Fig. 11. The distribution of Pacific salmon within the trap net operation zone in Kamchatsky Gulf in June 2019 (integrated data from three hydroacoustic surveyses)

водов (800–1000 м) регистрировалось значительно меньшее число рыб, а за пределами зоны неводного облова (то есть на расстоянии >1000 м от берега) их численность резко снижалась. В данном случае эхолот фиксировал все виды лососей. Судя по размерному составу рыб, в зависимости от силы цели TS, ближе к берегу значительно чаще встречались мелкоразмерные особи со средней длиной тела 40–50 см. Возможно, это была половозрелая горбуша, которая в процессе анадромной миграции в море обычно подходит гораздо ближе к берегу, чем кета и нерка. Поэтому длина крыла морских ставных неводов обычно выбирается с учетом путей нерестовых миграций лососей вблизи береговой черты. К примеру, в практическом рыболовстве для лова кижуча длина крыла составляет 100–150 м, для горбуши — 250–400 м, для кеты — 400–800, а для лова нерки — 800–1500 м и более (Коваленко, 2005).

Что касается вертикального распределения рыб на обследованной акватории, то ввиду того, что сбор ГА-данных во время съемок выполняли в режиме горизонтальной локации, провести анализ эхограмм для определения встречаемости лососей на отдельных глубинах, к сожалению, нельзя. Однако по такому косвенному признаку, как связь распределения рыб с соленостью и температурой (рис. 9), можно утверждать, что большая часть половозрелых лососей в прибрежных водах Камчатского залива концентрируется и мигрирует в основном в поверхностном распресненном и прогретом слое воды в пределах зоны влияния стока р. Камчатки. Очевидно, что именно в этом слое наблюдаются наиболее благоприятные условия для физиологической адаптации рыб к предстоящей анадромной миграции в реку (Бирман, 1985).

Такие наблюдения, в целом, подтверждают и результаты нашей видеосъемки с помощью квадрокоптера, выполненной в зоне действия ставных неводов № 1135, 268, 275 и 276 (см. рис. 1) в конце июля 2019 г. Несмотря на низкую прозрачность воды (что значительно осложняло прямые наблюдения), при пролете вдоль центрального троса неводов в поверхностном слое непрерывно регистрировали половозрелых лососей. Причем наиболее часто рыб отмечали в средней части крыла. Массово рыбы концентрировались также и на поверхности садков и ловушек невода (рис. 12).

Необходимо отметить, что один из дней, когда проводилась видеосъемка, был промысловым для морских РЛУ (20 июля), а другой (23 июля) — проходным. Во втором случае сетное полотно на отдельных участках крыльев было подвязано к центральному тросу невода. Вместе с тем как в первом, так и во втором случае рыб наблюдали исключительно с противоположной от устья р. Камчатки стороны центрального троса (рис. 12). При этом их скопления были видны не только на тех участках, где сетное полотно не было подвязано, но и на участках с подвязанной делью, а также в тех местах, где центральный трос был притоплен (рис. 12). Также было видно, что на отдельных участках вдоль крыльев неводов движение рыб было направлено вдоль центрального троса к берегу, от берега или в противоположном от троса направлении. Отметим, что такая поведенческая реакция рыб на любые препятствия в зоне действия невода является обычным явлением. На этом, собственно, и основана техника лова лососей ставными неводами у камчатского побережья (Коваленко, 2005).

***Промысел нерки р. Камчатки в 2019 г.*** Согласно материалам, обосновывающим рекомендованный вылов (РВ) тихоокеанских лососей в Камчатском регионе, промысловый запас нерки р. Камчатки в 2019 г. был оценен специалистами КамчатНИРО в размере 4184 тыс. экз., или 9620 т (при средней массе тела производителей, использованной в прогнозе, 2,3 кг). На нерест было рекомендовано пропустить (РП) 10,6% производителей, то есть 444 тыс. экз. (1020 т). К вылову (РВ), соответственно, рекомендовалось 3740 тыс. экз. (8600 т) (Путинный.., 2019).

В путину 2019 г. в Камчатском заливе и в нижнем течении р. Камчатки основной промысел тихоокеанских лососей был сосредоточен на 26 рыболовных участках. В Камчатском заливе выставили 11 ставных неводов, из которых 10 (№ 268–276 и № 1135) были расположены на побережье южнее устья р. Камчатки, и один (№ 277) — севернее его (см. рис. 1). Длина центрального троса ставных неводов в 2019 г. была ограничена дистанцией в 1 км от береговой черты. Предполагалось, что это уменьшит зону облова лососей и увеличит их пропуск в р. Камчатку. Каждое крыло ставного невода начиналось от уреза воды, а максимальная высота стенки определялась подводным рельефом в месте установки

и составляла, как правило, 15–20 м, заканчиваясь на соответствующих изобатах. В нижнем течении р. Камчатки промысел лососей вели на 16 речных РЛУ, нижний из которых (№ 819) расположен в устьевой области, а самый верхний (№ 1136) — в ур. Большие Щеки на расстоянии ~50 км от устья реки (см. рис. 1). Основными орудиями лова лососей на речных РЛУ в бассейне р. Камчатки традиционно служат сплавные сети, которые при промысле не должны перекрывать более 2/3 наименее глубокой части русла реки (Правила.., 2019). На РЛУ № 819 лов проводился также закидными неводами.

По данным мониторинга КамчатНИРО (наблюдения за пропуском производителей нерки в бассейн р. Камчатки были начаты еще до открытия промысла), в период с 22 по 31 мая 2019 г. в реку суммарно прошло ок. 19 тыс. экз. ранней

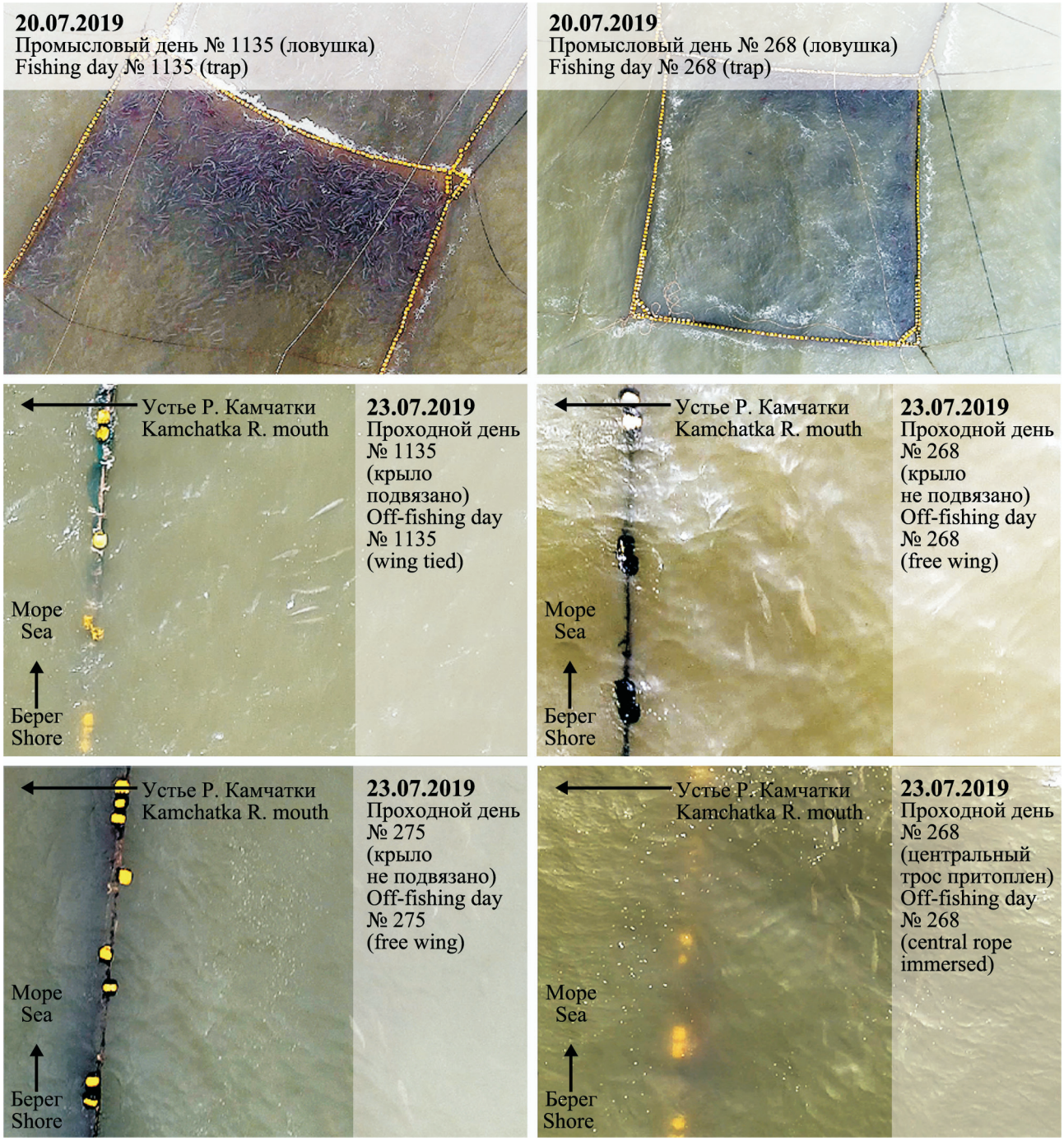



Рис. 12. Некоторые примеры встречаемости тихоокеанских лососей в поверхностном слое воды в зоне действия ставных неводов в Камчатском заливе в конце июля 2019 г.
Fig. 12. Some examples of the occurrence of Pacific salmon in the surface water layer in the zone of trap nets in Kamchatsky Gulf at the end of July 2019

формы нерки, то есть среднесуточный пропуск в этот период составлял ок. 1,9 тыс. экз. (рис. 13).

Промышленный лов лососей в Усть-Камчатском районе был открыт с 1 июня 2019 г. и начался в обычном для последних лет режиме: с последовательной сменой двух проходных дней в неделю сначала на морских, затем на речных РЛУ (Шевляков, Фадеев, 2015). Однако из-за неблагоприятных погодных условий до 5 июня лов ставными неводами в Камчатском заливе не проводился, а на речных участках уловы в это время были минимальными (суммарно в этот период в реке было выловлено ок. 40 т нерки и пропущено на нерест ~8 тыс. экз. производителей).

Массовый промысел в районе начался 5 июня, и к концу первой декады июня суммарно было освоено уже ок. 2900 т нерки (то есть ~34% РВ), из них ~2500 т в море и ~400 т в реке. Максимальный суточный вылов ставными неводами в этот период отмечен 9 июня (600 т). На речных РЛУ суточные уловы в то же время колебались от 50 до 90 т. Пропуск производителей находился в переделах ~3,5 тыс. экз. в сутки. Затем уловы ставных неводов начали неуклонно снижаться, однако до середины июня они еще оставались на достаточно высоком уровне (с максимумом 14 июня в ~330 т). В реке в то же время вылов, наоборот, несколько возрос (до 80–120 т в сутки), и одновременно более чем в два раза возросли и среднесуточные показатели пропуска производителей нерки (до 7,5 тыс. экз.).

Во второй половине июня снижение уловов продолжалось как на морских, так и на речных РЛУ. В море в этот период отмечено два небольших пика вылова нерки: 23 июня (125 т) и 27 июня (80 т). В реке к концу июня уловы снизились до минимальных величин 0,5–6,0 т, а пропуск — до 0,01–0,3 тыс. экз. в сутки. [На основании результатов мониторинговых работ сотрудников КамчатНИРО в районе промысла было установлено, что завершающий этап хода ранней формы нерки бассейна р. Камчатки в 2019 г. пришелся как раз на последнюю декаду июня. В эти сроки в уловах также уже единично начали отмечать особей, физиологическое состояние которых соответствовало поздней форме.] В результате, по состоянию на 30 июня, суммарный вылов нерки на морских и речных РЛУ составил почти 4500 т (то есть более половины РВ), из которых ~3700 т (43% РВ) было

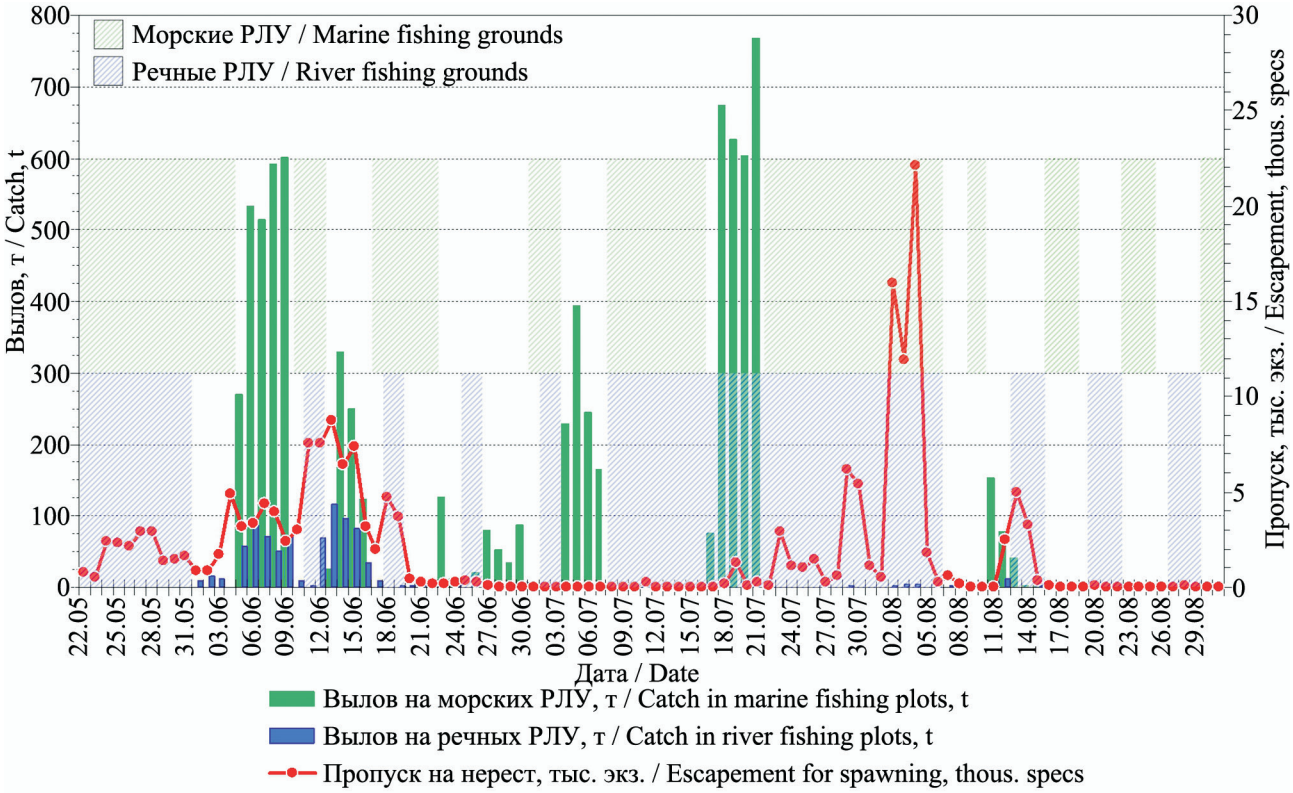



Рис. 13. Динамика суточного вылова нерки на морских и речных РЛУ и пропуск производителей в бассейн р. Камчатки в 2019 г. (штриховкой выделены периоды отсутствия промысла по причине штормовых и проходных дней, а также полного запрета лова)
Fig. 13. The dynamics of the daily catch of sockeye salmon in the marine and river fishing grounds and the escapement into the Kamchatka River basin in 2019 (periods of absence of fishing due to stormy, off-fishing days or days of complete ban on fishing are highlighted in shading)

поймано в Камчатском заливе и ~800 т (9% РВ) — в р. Камчатке. В то же время на нерест в бассейн р. Камчатки суммарно было пропущено всего лишь ок. 100 тыс. экз. производителей, что составило только 23% рекомендованного пропуска на 2019 г. и было как минимум в два раза ниже необходимого уровня пропуска для ранней формы нерки (Фельдман и др., 2016).

По причине недостаточного пропуска производителей, комиссией по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб в Камчатском крае было принято решение снизить промысловую нагрузку. Для этого с 1 июля увеличивалось количество проходных дней в неделю (с двух до трех) для промышленного рыболовства как на морских, так и на речных РЛУ. Вместе с тем за четыре промысловых дня, с 4 по 7 июля, ставными неводами было суммарно освоено еще ок. 1000 т нерки, хотя на речных РЛУ в то же время ее суммарный вылов составил чуть более 12 т. Пропуск производителей в р. Камчатке попрежнему оставался на минимальном уровне (рис. 13). Поэтому с 8 июля 2019 г. был введен полный запрет на промышленную добычу лососей на речных РЛУ (оставлен только контрольный лов) и временно (с 11 по 15 июля) приостановлен промысел ставными неводами.

Далее, в связи с необходимостью получения оперативной информации о количестве производителей нерки в Камчатском заливе, было решено возобновить промысел на морских РЛУ с 17 июля. Уловы ставных неводов показали, что в заливе наблюдаются высокие концентрации нерки, и с 17 по 21 июля на морских РЛУ было освоено еще ок. 2750 т. Тогда же был отмечен и максимальный суточный вылов нерки на всех РЛУ за всю путину, который 21 июля составил почти 770 т. В результате к 21 июля суммарное освоение нерки р. Камчатки достигло 8300 т (то есть более 96% РВ). В то же время, по данным контрольных сплавов, заходы производителей в р. Камчатку все еще были минимальными (в отдельные дни нерка в контрольных уловах вообще отсутствовала) (рис. 13). Исходя из сложившейся обстановки, с 25 июля промысел на морских РЛУ был временно приостановлен до особого решения. Кроме этого, в период временного запрета необходимо было снять сетную часть крыльев ставных неводов и закрыть входные устья ловушек способом, исключающим попадание в них рыбы.

Как следует из рисунка 13, небольшое увеличение пропуска половозрелой нерки (до 1–3 тыс. экз. в сутки) начало отмечаться после 22 июля, а в последних числах июля и в первых числах августа был зарегистрирован массовый ход производителей в реку (с максимумом в 22 тыс. экз., отмеченным 4 августа).

По достижении общего уровня пропуска нерки ок. 175 тыс. экз., с 7 августа промысел на всех РЛУ Усть-Камчатского района был возобновлен (с тремя проходными днями в неделю). Обоснованием для отмены запрета на лов нерки послужила необходимость обеспечения промысла других видов лососей р. Камчатки (прежде всего кеты и кижуча), нерестовый ход которых совпадает с завершающей фазой миграции нерки в р. Камчатку. Для этого 5 августа 2019 г. на заседании бюро Отраслевого совета по промысловому прогнозированию при Федеральном агентстве по рыболовству было принято решение об увеличении прогнозируемых объемов добычи (вылова) нерки в Петропавловско-Командорской подзоне на 1300 т (до 9900 т).

В результате после отмены запрета и до завершения путины было освоено еще ок. 355 т нерки, из них ~295 т в Камчатском заливе (максимальный суточный вылов ~153 т отмечен 11 августа) и ~60 т в р. Камчатке (максимум ~11 т, 12 августа), а в реку пропущено ок. 13 тыс. экз. производителей. Окончательно морской промысел лососей р. Камчатки завершился 2 сентября, а речной — 23 сентября.

В итоге, в путину 2019 г. в Усть-Камчатском районе было выловлено 8648 т нерки, из них 7728 т на морских и 920 т на речных РЛУ. По данным специалистов КамчатНИРО, собиравших биостатистическую информацию в районе промысла, средняя масса производителей нерки р. Камчатки в 2019 г. была существенно ниже среднемноголетних значений и составила 1,9 кг в июне, 2,2 кг в июле и 2,2 кг в августе (в среднем за путину — 2,1 кг). Таким образом, за всю путину 2019 г. промышленниками Усть-Камчатского района было выловлено 4118 тыс. экз. нерки (110% первоначальной величины РВ на 2019 г.), из них 3680 тыс. экз. в море (98% РВ) и 438 тыс. экз. в реке (12% РВ) (рис. 14). Суммарный пропуск производителей на нерест составил 187 тыс. экз. нерки (42% РП), из них ранней формы — ~97 тыс. экз. (22% РП), поздней — ~90 тыс. экз. (20% РП).

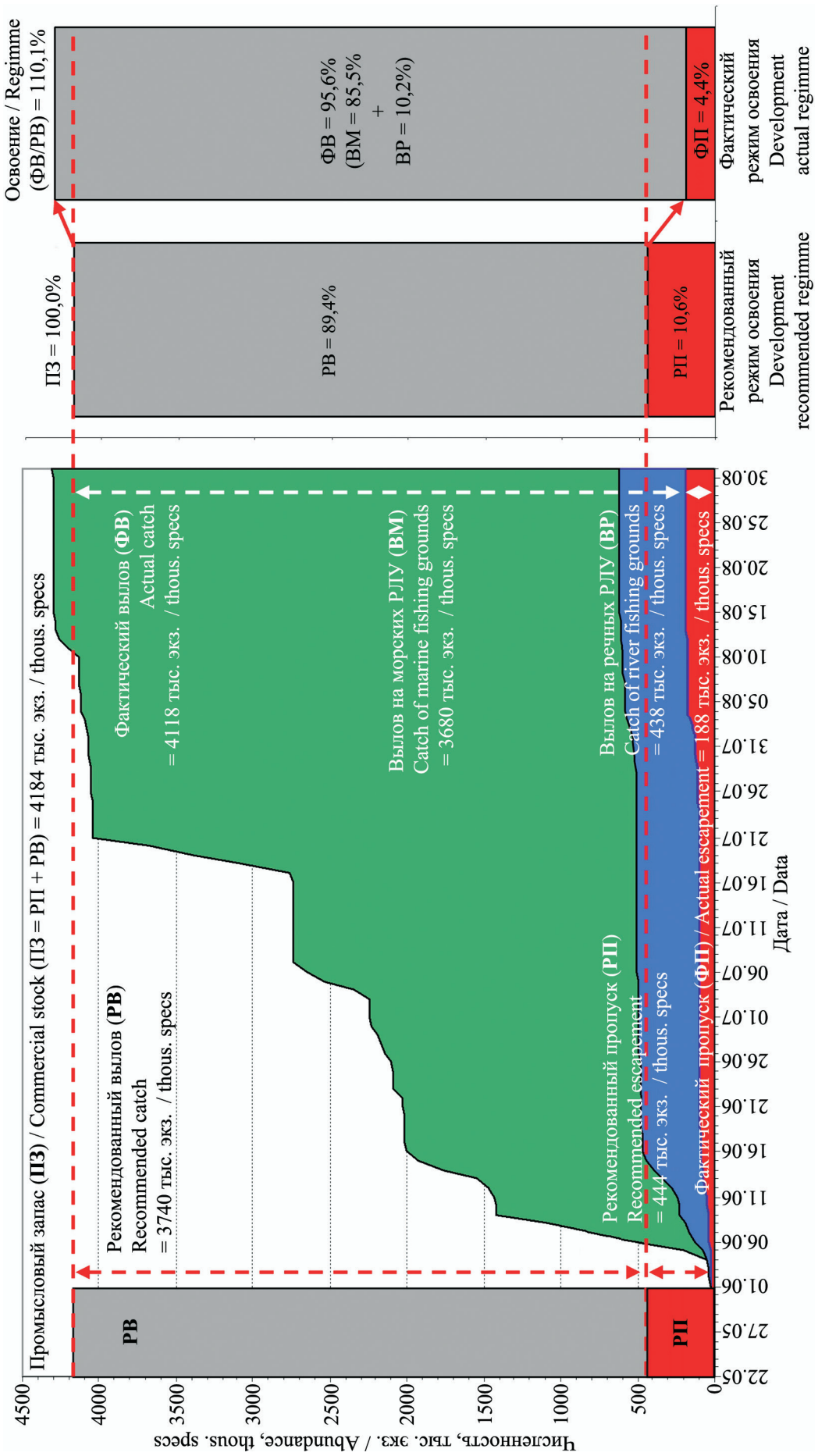



Рис. 14. Рекомендованный и фактический режимы освоения промыслового запаса нерки р. Камчатки в 2019 г.
Fig. 14. Recommended and actual regimmes of the development of commercial stock of sockeye salmon in the Kamchatka River in 2019

***Специфика нерестового хода нерки р. Камчатки в 2019 г.*** По неоднократным сообщениям местных рыбаков (которые были подтверждены фото- и видеоматериалами), а также по нашим личным наблюдениям непосредственно в районе промысла, в июле 2019 г. сложилась ситуация, когда в прибрежных водах Камчатского залива поблизости от устьевого бара р. Камчатки (на участке шириной ~5 км и длиной ~10 км) наблюдались массовые скопления половозрелых лососей (в том числе нерки). [Для выяснения видового состава рыб в этих скоплениях 17 июля 2019 г. нами были выполнены несколько постановок контрольных сетей в прибрежных водах Камчатского залива на траверзе устья р. Камчатки. В результате поймано 3 экз. половозрелой нерки в морской окраске (без брачных изменений).] Такие наблюдения подтверждали и результаты наших гидроакустических съемок в июле 2019 г. (см. рис. 8), а также данные промышленных уловов. Так, суммарный вылов нерки ставными неводами в Камчатском заливе в непродолжительный период временного снятия запрета на промысел 18–21 июля 2019 г. составил 2672 т. Причем, как следует из рисунка 15, в указанные сроки максимальные уловы этого вида (120–140 т в сутки) отмечались в неводе № 268, который был расположен на расстоянии ~5,5 км южнее устья р. Камчатки (см. рис. 1). Достаточно высокие суточные уловы (50–60 т) в это же время показывал и устьевой невод № 1135 (находился в ~3,5 км южнее устья), хотя обычно суммарный вылов нерки этим неводом значительно ниже по сравнению с другими (см. рис. 10). В то же время нерка по каким-то причинам в реку не заходила и длительное время задерживалась на устьевом взморье Камчатского залива.

Как будет показано ниже, такие особенности нерестового хода нерки в р. Камчатке существенно отличались от наблюдаемых в предыдущие годы. При этом сроки анадромной миграции других видов лососей в 2019 г. в целом находились в переделах среднемноголетних показателей. [Массовый ход горбуши и кеты в р. Камчатке обычно начинается во второй половине июля, кижуча — с конца июля или начала августа; ход чавычи в июле заканчивается, и после этого она встречается в уловах уже единично (Бирман, 1985; Бугаев и др., 2007).]

Естественно, что подобная обстановка вызывала множество противоречивых мнений о причинах происходящего как среди рыбацкой

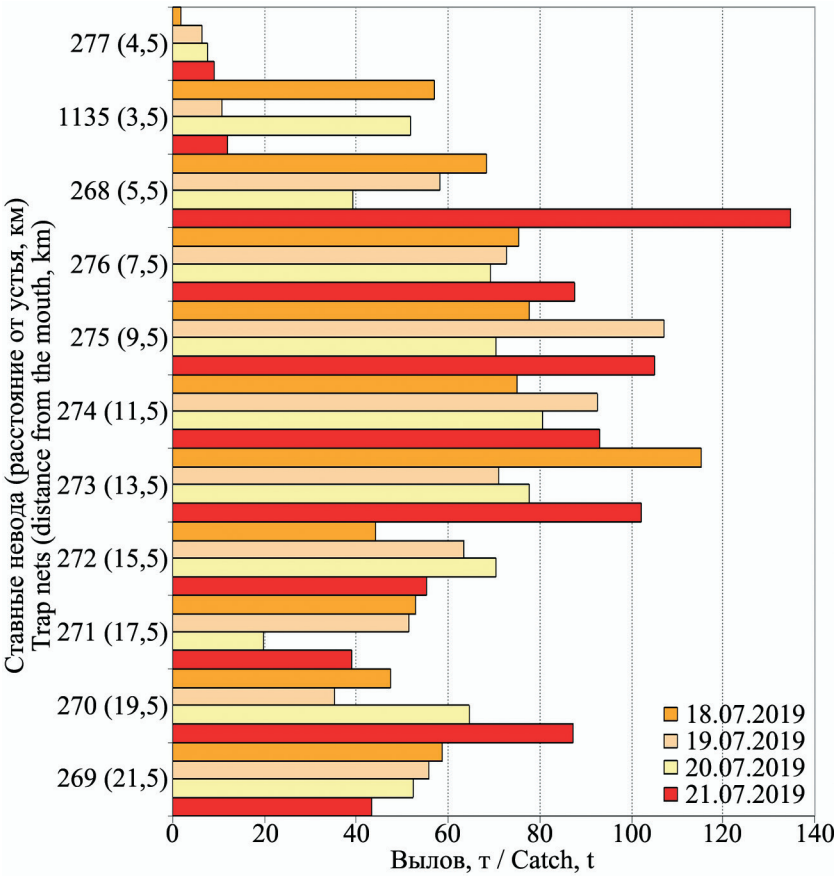



Рис. 15. Суточный вылов нерки ставными неводами в Камчатском заливе 18–21 июля 2019 г.
Fig. 15. Daily trap net catch of sockeye salmon in Kamchatsky Gulf for July 18–21, 2019

общественности, так и среди специалистов. Самым распространенным было мнение, что такая ситуация могла быть связана с неблагоприятными гидрологическими условиями, которые сложились в р. Камчатке в 2019 г. и препятствовали заходу нерки из моря в реку (прежде всего, с необычной температурой речной воды). Также высказывались предположения о нарушении динамики вод в устье р. Камчатки в связи с образованием прорыва в «западной» устьевой косе в 2018 г. (см. рис. 2); изменении динамики приливов в устье реки в последние годы; изменении химического состава воды в реке; увеличении стока р. Камчатки в последние несколько лет; увеличении численности морских млекопитающих в устьевой области и в нижнем течении реки и отпугивающем воздействии их на нерку в период хода; и т. п.

Для проверки указанных предположений мы провели анализ имеющейся информации об анадромной миграции и промысле нерки в р. Камчатке в предыдущие годы (и ее связи с различными внешними факторами) и сравнили их с ситуацией, которая наблюдалась в 2019 г.

## Особенности нерестового хода и оперативное регулирование промысла нерки р. Камчатки в последние годы

Анализ результатов промысла лососей р. Камчатки в 2019 г. в многолетнем аспекте свидетельствует, что нарушение обычной динамики нерестового хода производителей нерки в бассейн этой реки (которое и послужило причиной изменения ранее установленного режима промысла в 2018–2019 гг.) начало проявляться только с 2017 г. До этого года, в течение нескольких последних десятилетий, сезонный ход промысла, пропуска производителей на нерест и оперативного регулирования путины хотя и имели некоторые проблемы, но все же были более стабильны (Бугаев, 2011; Шевляков, Фадеев, 2015; Шевляков и др., 2018).

Опыт многолетнего промышленного освоения и изучения тихоокеанских лососей бассейна р. Камчатки показывает, что обычно отдельные экземпляры нерки начинают заходить из моря в эту реку с конца второй декады мая, а интенсивный ход («рунный»), как правило, наблюдается с начала второй декады июня и продолжается до начала июля (рис. 16). В уловах нерка стабильно встречается до

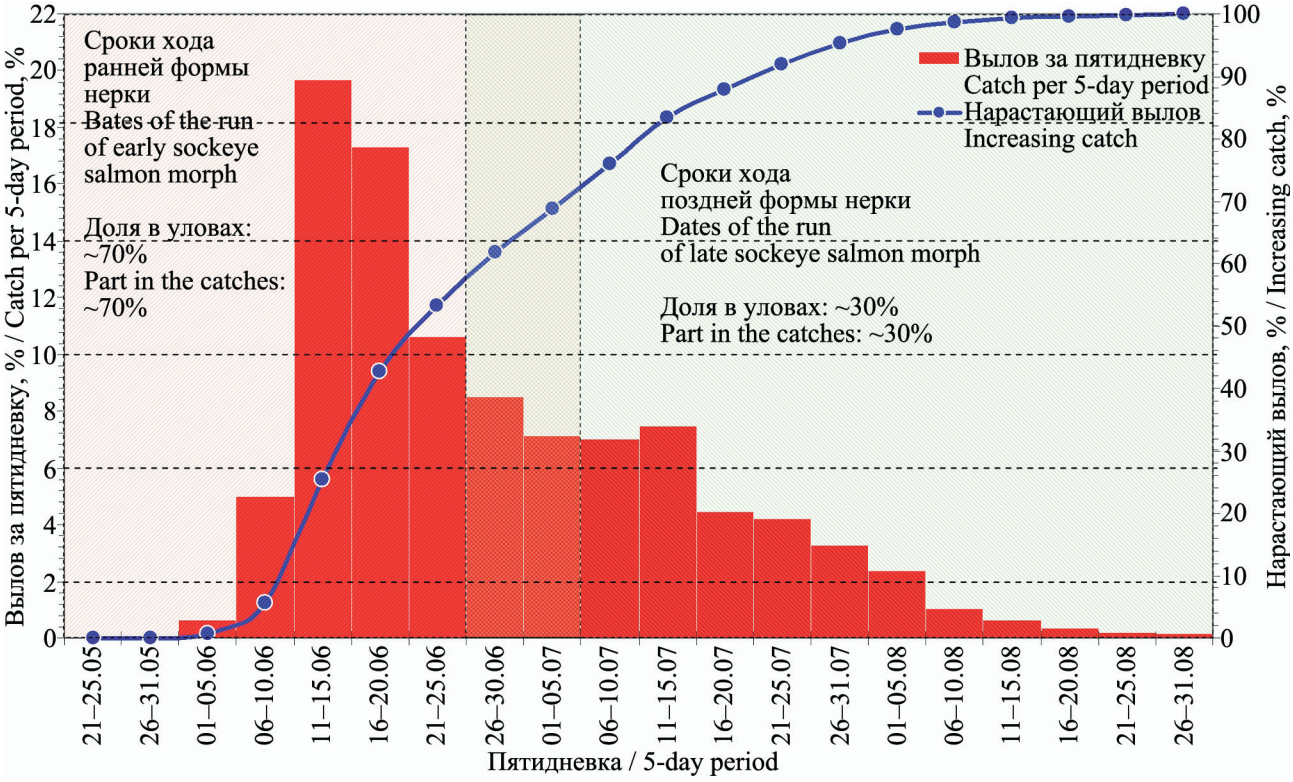



Рис. 16. Среднемноголетняя динамика нерестового хода нерки р. Камчатки (построенная на основании данных о суммарном вылове нерки на морских и речных РЛУ Усть-Камчатского района в отдельные пятидневки 1992–2015 гг., n = 22)
Fig. 16. The average annual longterm dynamics of the Kamchatka River sockeye salmon spawning run (based on the summary catch on marine and river fishing grounds of the Ust-Kamchatsky district for particular 5-day periods in 1992–2015, n = 22)

конца июля – начала августа, а позже (до начала сентября) вылавливаются только отдельные экземпляры. По срокам подходов нерка р. Камчатки подразделяется на рыб раннего (май–июнь) и позднего (июль–август) хода, что, в общем, соответствует подходам особей ранней и поздней сезонных рас. Хотя сроки нерестовых подходов этих группировок часто перекрываются, что обычно происходит в последней декаде июня и в первой декаде июля (рис. 16) (Бугаев, 1995, 2011; Бугаев и др., 2007).

В соответствии с динамикой нерестовых подходов, промышленный береговой и речной лов нерки р. Камчатки в последние десятилетия обычно начинался с конца мая и заканчивался в конце первой декады августа (в настоящее время — позже). В связи с низкой численностью чавычи с середины 1990-х гг. и до 2009 г. открытие лова нерки приходилось на 5–8 (и даже 11) июня. Но с 2010–2011 гг. промысел вновь стал начинаться 1–2 июня. Начало массового лова нерки обычно приходилось на 10–11 июня, и за вторую его декаду осваивалось ок. 50%, а до конца месяца — до 70% общего объема вылова за путину (рис. 16). Таким образом, основу промышленных уловов (ок. 70%) в бассейне р. Камчатки традиционно составляла ранняя форма нерки, и лишь ~30% ежегодно приходилось на рыб позднего хода (рис. 16). Во все годы в структуре лососевого промысла в бассейне р. Камчатки абсолютно преобладало промышленное рыболовство, составляя в среднем ок. 97% (Бугаев, 1995, 2011; Шевляков, Фадеев, 2015).

Ввиду сложной популяционной структуры нерки р. Камчатки (которая состоит из ряда локальных стад второго порядка), основным условием стабильности ее воспроизводства и промышленной эксплуатации является обеспечение пропуска на нерест всех группировок, относящихся к различным популяционным уровням и сезонным формам. Средний целевой ориентир пропуска производителей нерки в бассейн р. Камчатки оценен специалистами КамчатНИРО на уровне 460 тыс. экз., а максимальным ориентиром пропуска является уровень заполнения нерестилищ в 850 тыс. производителей. Такого уровня можно достичь, обеспечивая заполнение всех структурных компонент, слагающих общий нерестовый фонд реки (Шевляков, Фадеев, 2015; Фельдман и др., 2016; Путинный.., 2019).

Основным инструментом оценки пропуска производителей лососей на нерестилища, расположенные в бассейне р. Камчатки, долгие годы являлись авиаучетные работы. Однако в последние годы сокращение полетных часов из-за снижения финансирования, а также протяженный временной лаг между заходом рыб в реку и их подходом к нерестилищам (который для такой крупной реки как Камчатка может составлять от двух до трех недель), не позволяют использовать результаты авиаучетов в качестве оперативного инструмента регулирования лососевого промысла (Шевляков, Фадеев, 2015). Поэтому начиная с 2013 г. специалисты КамчатНИРО начали разработку и внедрение новой комплексной методики, которая на основе данных промышленных и контрольных уловов, а также методов гидроакустического учета, позволяла бы оценивать пропуск производителей лососей в бассейн р. Камчатки в режиме реального времени (Шевляков, Фадеев, 2015; Фадеев и др., 2019). Благодаря этому с 2016 г. появилась статистика пропуска лососей (в том числе нерки) в течение почти всего периода нерестового хода (с конца мая по конец августа) (рис. 17), что позволило принимать оперативные решения по регулированию промысла непосредственно в ходе путины.

Анализ результатов этого мониторинга показывает, что в 2016–2017 гг. сезонная динамика подходов и промысла нерки р. Камчатки (рис. 17) в целом была близка к среднемноголетним показателям (рис. 16). Несмотря на низкий общий уровень пропуска производителей в 2016 г. (~300 тыс. экз.), он был достаточно равномерным и неплохо совпадал с общей динамикой подходов и промысла (в этом году на нерест было пропущено примерно равное количество производителей ранней и поздней форм нерки — по ~140–145 тыс. экз. соответственно). В 2017 г. основной вылов и пропуск пришлись на раннюю форму нерки (~375 тыс. экз., 86%). При этом в июле этого года впервые было отмечено резкое снижение заходов в реку и пропуска на нерест производителей поздней формы (~59 тыс. экз., 14%) на фоне продолжающегося интенсивного морского промысла. Так, с 1 по 31 июля 2017 г. суммарный вылов нерки на морских РЛУ составил 3095 т, а на речных — 220 т (7%). В то же время, по данным мониторинга КамчатНИРО, пропуск производителей на нерест в июле практически полностью отсутствовал. Впоследствии, со спадом промысловой нагрузки в море, было зарегистрировано лишь небольшое

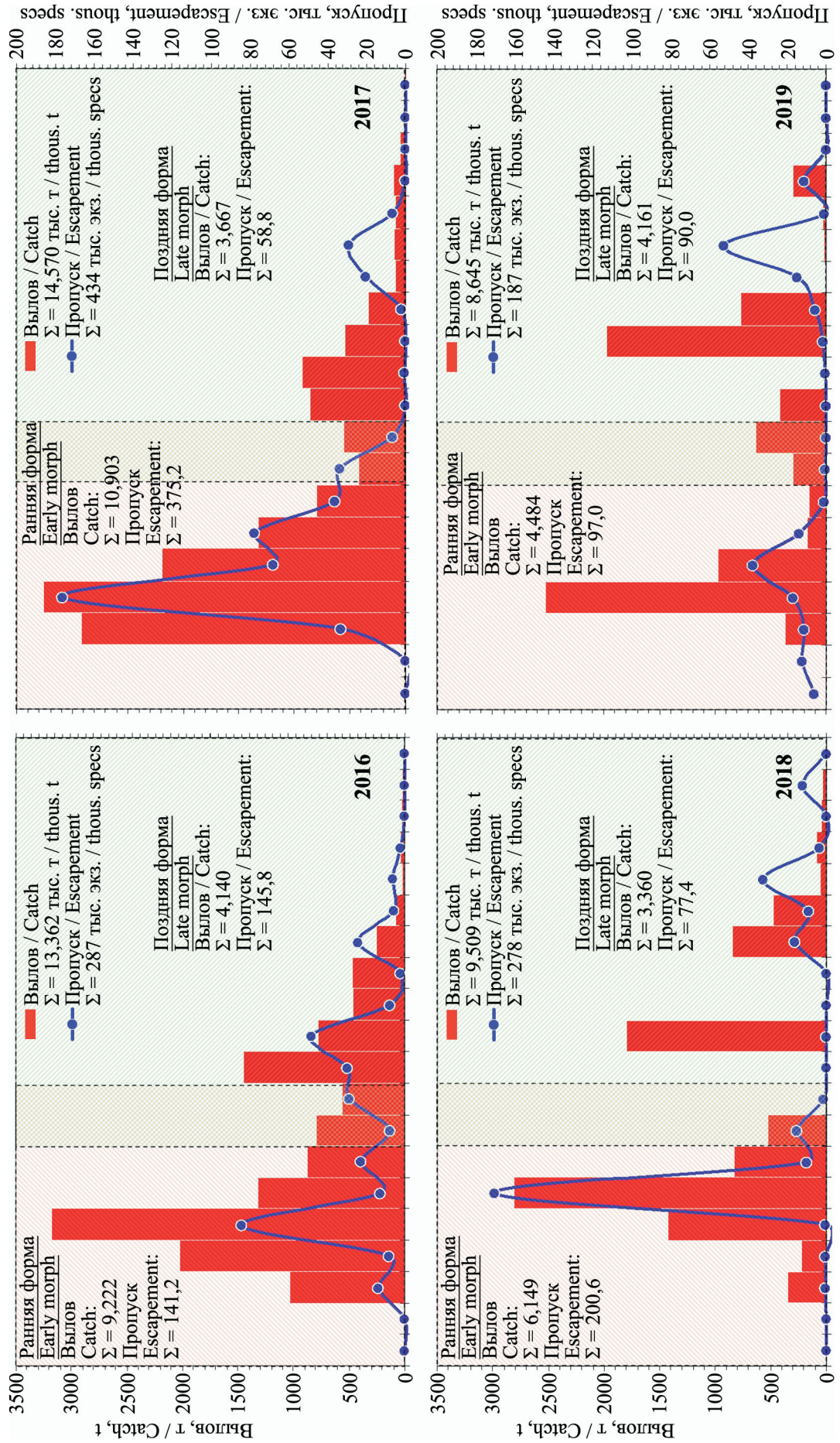



Рис. 17. Динамика вылова (т) и пропуска производителей (тыс. экз.) нерки в бассейн р. Камчатки в отдельные пятидневки в мае–августе 2016–2019 гг.
Fig. 17. Catch (t) and escapement (thous. specs) dynamics of sockeye salmon in the Kamchatka River basin in particular 5-day periods in May–August 2016–2019

увеличение заходов и пропуска нерки в начале августа 2017 г. (рис. 17).

В 2018–2019 гг. ситуация повторилась, и, благодаря оперативному введению дополнительных ограничительных мер (с целью обеспечения пропуска производителей на нерест), ход промысла в эти годы был уже крайне неравномерным, с очень большим диапазоном колебаний уловов в отдельные временные отрезки (рис. 17). В итоге в 2018 г. на нерест в бассейн реки было пропущено ~201 тыс. экз. (72%) ранней и ~77 тыс. экз. (28%) поздней форм нерки, а в 2019 г. — ~97 тыс. экз. (52%) и ~90 тыс. экз. (48%) соответственно.

### Анализ возможных причин специфических особенностей нерестового хода нерки р. Камчатки в последние годы

Несмотря на многолетнюю историю изучения лососей бассейна р. Камчатки, об анадромной миграции производителей из Камчатского залива в эту реку до настоящего времени известно только в общих чертах. Крайне мало также информации и о влиянии отдельных факторов на данный процесс. По всей видимости, это объясняется большой сложностью, а иногда и опасностью проведения полевых наблюдений в устьевой области р. Камчатки, для которой характерны высокие скорости течений, интенсивное волнение (особенно в районе устьевого бара), активное судоходство, высокая мутность воды, большие колебания уровня и т. п.). [В 2019 г. мы планировали выполнить подобные наблюдения в районе устья р. Камчатки с использованием гидроакустической аппаратуры, однако в связи с указанными сложностями этого сделать не удалось.] Поэтому о динамике нерестового хода лососей (в том числе нерки) р. Камчатки обычно принято судить по статистическим данным о вылове прибрежным и речным промыслом, контрольным уловам на отдельных речных участках (Бугаев, 1995, 2011; Бугаев и др., 2007), а в последние годы — и на основании результатов комплексного мониторинга пропуска производителей лососей в бассейн реки (Шевляков, Фадеев, 2015; Фадеев и др., 2019).

Считается, что на динамику нерестового хода в р. Камчатке могут влиять различные факторы, основными из которых являются: гидрометеорологические условия, общая численность и физиологическое состояние рыб, структура популяции и др. (Бугаев, 2011). Вместе с тем попытки оценить влияние отдельных факторов, влияющих на этот процесс, оказались неудачными (Бугаев, 2011). Было лишь отмечено, что в холодные годы нерка чаще заходит в р. Камчатку несколько позже, чем в теплые, однако так бывает не всегда. Массовый ход нерки происходит на фоне сезонного подъема уровня и температуры воды в реке, при этом не обнаруживая видимой связи с этими факторами (а также с силой и направлением ветра и температурой воздуха) (Бугаев, 1995). Штормовой период обычно не продуктивен для захода нерки в р. Камчатку, поскольку в плохую погоду лососи стремятся отойти от берегов, где существует опасность получить механические повреждения от волн на мелководье. Однако, как показали наблюдения последних лет, в годы подхода высокочисленных поколений и в период рунного хода штормовые дни также бывают весьма эффективны (Шевляков, Фадеев, 2015). Кроме того, отмечено, что заход рыб в реку обычно ограничивается временем прилива, чаще он приурочен к его началу (Шевляков, Фадеев, 2015). Сроки анадромной миграции нерки в р. Камчатке зависят от соотношения численности локальных стад и группировок 2-го порядка в общем стаде, которые различаются биологией пресноводного периода жизни и имеют специфическую динамику нерестового хода. Возрастной состав нерки р. Камчатки имеет сложную структуру, но, согласно многолетним данным, основу ее возвратов составляют рыбы возраста 3+, 4+ и 5+, соотношение которых в уловах находится в пределах ~15, ~40 и ~40% соответственно. Нерка заходит в р. Камчатку в основном на III и III–IV стадии зрелости (средние коэффициенты зрелости самцов в разные годы 3,51–3,76%, самок — 8,38–9,14%), но особи, мигрирующие до начала массового хода (особенно в отдельные, более теплые годы), могут иметь более развитые половые продукты, а у некоторых из них уже при заходе в реку могут быть заметны даже брачные изменения, выражающиеся в изменении окраски и экстерьера рыб (Бугаев, 2011).

Таким образом, естественные факторы, которые могут влиять на динамику анадромной миграции нерки в р. Камчатке, можно объединить в две основные группы: факторы внешней среды и факторы внутрипопуляционные. К первой группе можно отнести гидрометеорологические или другие внешние условия (например, гидробиологический фон или воздействие хищников), а ко вто-

рой — факторы, связанные с особенностями биологии рыб (такие как: численность популяции, биологические и физиологическое показатели рыб, их состояние здоровья и т. п.).

Для промысловых популяций не менее важен также фактор их промышленного освоения. Известно, что промысел может оказывать не только прямое влияние на общую численность и популяционную структуру стада, но и селективное воздействие на биологические показатели рыб, формирующих нерестовый запас. Более того, уже доказано, что для некоторых анадромных видов рыб (например, атлантического лосося *Salmo salar*) даже обычная промысловая активность около устьев и в нижнем течении рек может являться одной из причин нарушения динамики их нерестового хода (Потуткин, 2004; Thorstad et al., 2008).

Поэтому в данном конкретном случае специфика анадромной миграции лососей (в том числе нерки) в бассейн р. Камчатки может определяться комплексом разнообразных факторов как природного, так и антропогенного происхождения. Перейдем к рассмотрению отдельных факторов, которые потенциально могли бы оказать негативное влияние на динамику анадромной миграции нерки в р. Камчатку.

***Морфодинамика устьевой области.*** Как показал анализ существующих исторических свидетельств (рис. 18), за последние несколько столетий морфологическое строение и гидрологический режим устьевой области р. Камчатки неоднократно изменялись (Горин, 2013, 2014). Суть этих изменений заключалась в многократном повторении циклов удлинения устьевых кос, каждый из которых завершался прорывом растущей косы (рис. 18). Удлинение очередной устьевой косы приводило к постепенному уменьшению степени морского воздействия на эстуарий. В первую очередь это проявлялось в его опреснении. После очередного прорыва косы эстуарий снова осолонялся, и таким образом период его опреснения сменялся периодом осолонения. Затем цикл развития эстуария повторялся снова (Горин, 2013, 2014). То есть в естественных условиях сильная изменчивость морфологических (а вслед за ними и гидрологических) условий в устье р. Камчатки — это скорее норма, чем исключение. Но с 1920-х по 1980-е гг. в устье р. Камчатки многократно проводились различные мелиорационные мероприятия, направленные на сдерживание роста устьевой косы и поддержание устойчивого судоходства в устье реки (Лямин, Рудакова, 1944; Горин, 2013, 2014). В связи с этим положение устья реки стало значительно более стабильным, чем в естественных условиях. Насколько нам известно, с 1990-х гг. и до настоящего времени никакого техногенного воздействия на устьевой рельеф не оказывалось. Но только в последние годы устье реки вернулось к своему естественному состоянию и в нем началось удлинение устьевой косы (наши наблюдения 2018–2019 гг.).

Согласно нашим последним наблюдениям, для устьевой области р. Камчатки характерна не только многолетняя, но и выраженная сезонная динамика. Выше уже показано (см. рис. 2), что положение устьевого створа этой реки в течение года

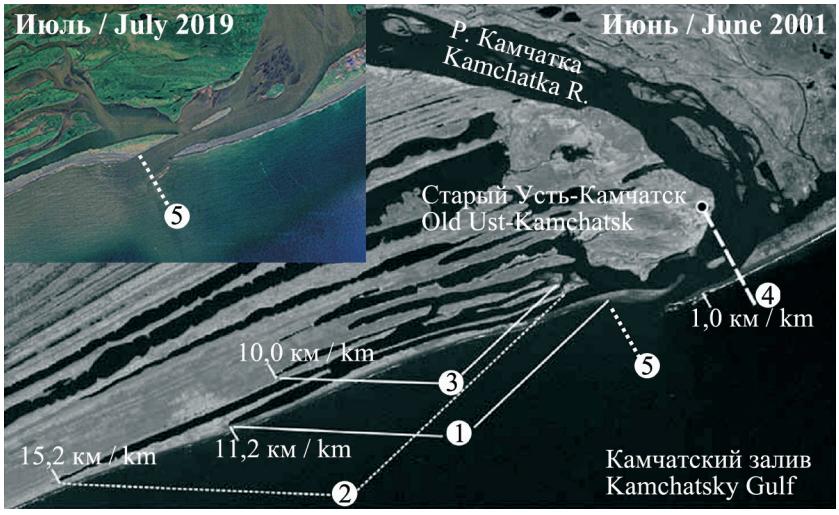



Рис. 18. Космические снимки устья р. Камчатки (июнь 2001 и июль 2019 гг.): 1 — устьевая коса и лагуна, сформировавшиеся с конца 1840-х (1845–1851) до 1923 (или 1916) гг. (первая генерация форм устьевого рельефа); 2 — устьевая коса и лагуна, сформировавшиеся с 1768 г. до конца 1840-х гг. (вторая генерация); 3 — устьевая коса и лагуна, сформировавшиеся с первого десятилетия XVIII в. (1698–1717 гг.) до 1768 г. (третья генерация); 4 — «начальный» створ удлинения устьевых кос; расстояния указаны от «начального» створа; 5 — современное расположение устья реки

Fig. 18. The space images of the Kamchatka River mouth (June 2001 and July 2019): 1 – the outlet spit and the lagoon formed from the late 1840s (1845–1851) to 1923 (or 1916) (the first generation of the outlet relief form); 2 – the estuary spit and lagoon formed from 1768 to the late 1840s (the second generation); 3 – the estuary spit and lagoon formed from the first decade of XVIII century (1698–1717) to 1768 (the third generation); 4 – “initial” section of the estuary spit elongation; the distances are demonstrated from the “initial” section; 5 – the modern configuration of the river estuary

может перемещаться на несколько сот метров. Необходимо отметить, что столь же активная морфодинамика устьевой области наблюдается и у многих других камчатских рек, расположенных как на восточном, так и на западном побережье полуострова (рр. Большая, Ича, Крутогорова и др.) (Горин и др., 2019; Горин, Коваль, 2019, 2019а).

Несмотря на активную морфодинамику и неоднократные изменения гидрологического режима эстуария р. Камчатки (как по естественным причинам, так и в результате антропогенного вмешательства), до настоящего времени так и не было выявлено каких-либо достоверных признаков влияния этих процессов на нерестовый ход лососей, в том числе нерки (Бугаев, 1995, 2011; Бугаев и др., 2007). В литературе и архивах нам удалось найти только следующие факты и предположения. В.Ф. Бугаев (1995) на основании анализа промышленных уловов ставных неводов в Камчатском заливе в 1978–1989 гг. предположил, что половозрелая нерка почти одновременно подходит в зону их действия двумя группами: одна направляется непосредственно к устью р. Камчатки (повышенный улов устьевых неводов) и заходит в него, а другая подходит несколько южнее (высокие уловы неводов, расположенных на дистанции ~12–18 км южнее устья реки). По мнению автора, такую структуру подхода нерки можно объяснить изменением расположения устья р. Камчатки за исторический период: вторая группа рыб подходит не к современному, а к старому устью реки, что может свидетельствовать об определенной наследственной закрепленности данного признака у нерки (Бугаев, 1995). Следует отметить, что этот вывод был основан на данных о максимальном вылове нерки ставными неводами, осредненными за весь сезон промысла. Однако, как уже было показано выше (см. рис. 10), такое распределение промышленных уловов нерки в море может определяться не морфодинамикой устья р. Камчатки, а сроками подхода в район промысла ее различных популяционных группировок.

Есть и другие свидетельства влияния морфодинамики устья на нерестовый ход нерки в р. Камчатке. Так, согласно архивным данным (Лямин, Рудакова, 1944), в 1943 г. в результате прокопа нового устья реки произошло изменение конфигурации ЗС в водах Камчатского залива. По мнению авторов отчета, это вызвало отход лососей из зоны ставных неводов, расположенных южнее устья, в лучше опресняемую центральную часть залива, что, свою очередь, привело к снижению вылова ставными неводами и неудовлетворительным итогам путины 1943 г. (Лямин, Рудакова, 1944). Согласно устным сообщениям местных рыбопромышленников, похожая ситуация наблюдалась в Усть-Камчатском районе в промысловый сезон 2015 г. Тогда из-за повышения уровня воды в реке и штормов в море в конце мая произошел значительный размыв устья р. Камчатки, и поэтому основной сток реки был направлен не вдоль побережья Камчатского залива на юго-запад (то есть туда, где была расположена основная часть ставных неводов, см. рис. 6), а прямо в открытые воды Камчатского залива. Это сразу же отразилось на эффективности работы неводов и изменило соотношение вылова нерки на морских и речных РЛУ. Так, в начале промысла в первой декаде июня 2015 г. в реке было выловлено примерно такое же количество ранней формы нерки, как и в море (1437 и 1459 т соответственно), и это был единственный случай, начиная с 2008 г., когда соотношение суммарного вылова в заливе и в реке было сопоставимо. Однако уже в середине июня 2015 г. устье р. Камчатки вновь приобрело прежнюю конфигурацию, и к концу этого месяца вылов нерки ставными неводами в заливе вновь начал существенно превышать уловы на речных РЛУ.

Таким образом, изменения положения устья р. Камчатки, по-видимому, могут оказывать некоторое влияние на распределение лососей в водах Камчатского залива, и при определенных условиях «выводить» их из зоны действия ставных неводов. Однако до сих пор нет никаких данных, свидетельствующих о радикальном влиянии морфодинамики устья р. Камчатки на сроки нерестового хода производителей лососей (в том числе и нерки) в эту реку. Более того, таких данных нет и для других больших рек Камчатки (например, Большая и Ича), в которых мы также проводили гидролого-морфологические и биологические исследования, и для которых характерна значительно более активная морфодинамика, чем для устья р. Камчатки (Горин, Коваль, 2019, 2019а; Горин и др., 2019). Следовательно, предположение о том, что образование прорыва в «западной» косе, которое произошло в августе 2018 г., могло повлиять на динамику анадромной миграции нерки в 2019 г., на наш взгляд, несостоятельно. К тому же, как было показано выше (см. рис. 17), еще до образо-

вания этого прорыва, в июле 2017 и 2018 гг. уже отмечалась точно такая же динамика нерестового хода, как и в 2019 г.

***Погодные условия и волновой режим.*** Для описываемого района, как и для всего тихоокеанского побережья Камчатки, характерно сильное волнение в любое время года, причем волны в вершине Камчатского залива могут наблюдаться даже при полном отсутствии ветра (т. н. «мертвая зыбь») (Атлас.., 1970). Несмотря на это, погодные условия в июле и августе обычно благоприятны для промысла лососей ставными неводами в Камчатском заливе (Шевляков, Фадеев, 2015). В это время промышленный лов в заливе, как правило, ограничивается только введением проходных дней или специальных запретов на промысел, как, например, это было в 2018 и 2019 гг. (Шевляков и др., 2018; результаты промысла в 2019 г. — см. стр. 23–27 настоящей статьи). Таким образом, неблагоприятные погодные условия и волновой режим в районе устья р. Камчатки не следует рассматривать как одну из возможных причин нарушения динамики анадромной миграции нерки в последние годы.

***Приливы.*** Другим фактором среды, который, на наш взгляд, также не может оказать заметного воздействия на численность и сроки миграции производителей нерки из моря в р. Камчатку, являются приливные колебания уровня воды. Этот вывод основан на том, что приливы — это постоянно действующий фактор, к изменчивости которого нерка р. Камчатки давно приспособилась. При этом и наш многолетний опыт работы в устьях рек полуострова (Koval, Gorin, 2019), и опыт местных рыбаков свидетельствуют, что определенная связь между приливами и динамикой заходов лососей в устья рек (в том числе р. Камчатки) существует. Но она проявляется только в суточной неравномерности захода производителей, которым легче преодолевать устьевой участок реки в приливную фазу, когда течение замедляется (или поворачивает в обратную сторону), а глубины в устье реки увеличиваются.

Для иллюстрации влияния приливов на динамику миграции нерки в р. Камчатку можно привести результаты, полученные сотрудниками КамчатНИРО в июле–августе 2018 г. при проведении контрольного лова на РЛУ № 820, который расположен в ~3 км вверх по течению от устья р. Камчатки (напротив входа в пр. Озерную) (см. рис. 1). Как следует из рисунка 19, в этот период наблюдалась неплохая связь между изменением уровня воды в устье р. Камчатки и количеством производителей нерки, учтенных на контрольных сплавах. Однако в данном случае следует учитывать, что представленные данные относятся к завершающему этапу нерестовой миграции нерки в р. Камчатке, когда общая численность рыб в море уже невысока. Очевидно, что во время массового хода связь между динамикой анадромной миграции и фазой прилива может серьезно нарушаться. Так, по устному сообщению бригадира рыболовецкой тони РЛУ № 819 (которая находится еще ближе к устью р. Камчатки, чем РЛУ № 820) (см. рис. 1), нерка мигрирует в реку в основном в прилив. Од-

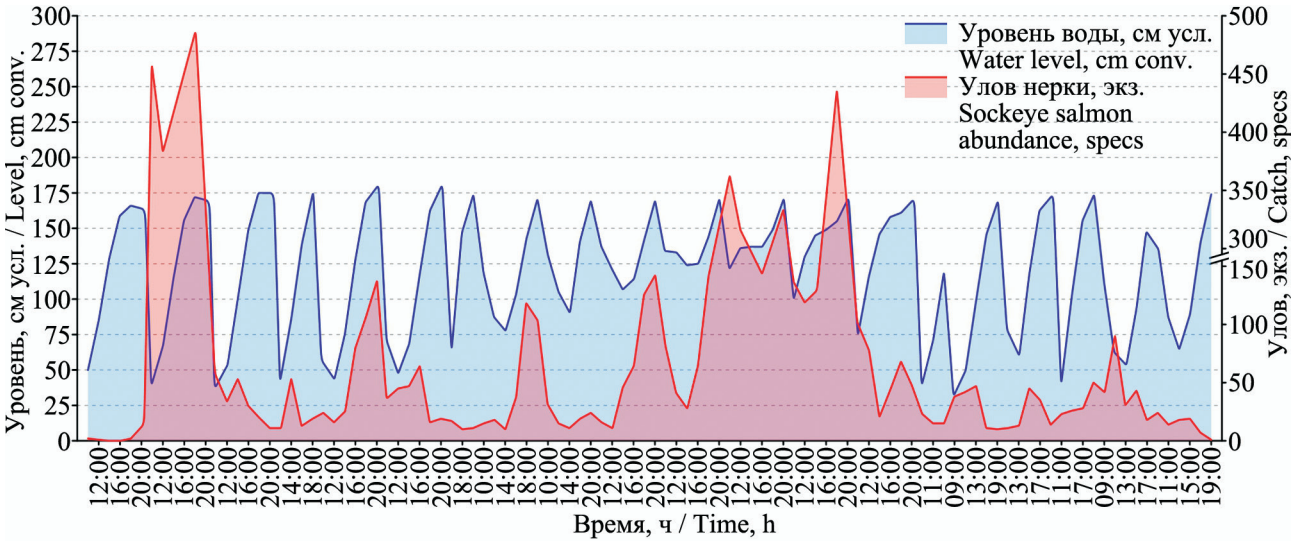



Рис. 19. Изменчивость уровня воды (см усл.) и суммарного вылова производителей нерки (экз.) на контрольных сплавах (РЛУ № 820) в устье р. Камчатки с 17 июля по 15 августа 2018 г.
Fig. 19. The water level variations (sm conv.) and the summary catch of sockeye salmon spawners (specs) in the control driftings (the CFG № 820) in the Kamchatka River estuary from July 17 to August 15, 2018

нако во время рунного хода и в спокойную погоду рыба может массово заходить в устье реки как по приливу, так и в отлив.

***Сток речной воды, соленость и температура в реке и в море.*** В весенне-летний период в нижнем течении реки проходит половодье, которое обычно начинается в мае, своего пика достигает в конце июня или начале июля, а заканчивается в конце августа – середине сентября (см. рис. 3). В июне–июле расходы воды в реке изменяются от 800 до 3000 м$^3$/с и более (по данным поста «Ключи» за 1989–2017 гг., см. рис. 3). То есть нерестовый ход нерки в р. Камчатке всегда проходит на фоне довольно значительных колебаний водности (рис. 20А, Б).

По данным поста Камчатского УГМС, который вел наблюдения с морской стороны «восточной» косы (~2 км от устья р. Камчатки) с 1976 по 2000 гг., соленость воды в прибрежных водах Камчатского залива в непосредственной близости от устья реки максимальна в период самого низкого речного стока, обычно отмечаемого в ноябре–марте (более 31–32‰ в среднем за месяц). Минимальные величины солености совпадают с пиком половодья в конце июня и начале июля (24 и 21‰ в среднем за месяц соответственно). В целом было отмечено, что на устьевом взморье Камчатского залива в весенний и летний сезон очень сильна непериодическая изменчивость солености воды, связанная с взаимодействием речного стока, морских приливов и ветра. Так, бывали случаи, когда соленость морской воды на устьевом взморье на пике половодья опускалась до 2–4‰ (Горин, 2013).

По данным того же поста, температура морской воды в районе устья р. Камчатки во время хода нерки также изменяется в довольно широких пределах. В начале нерестовых подходов (25–31 мая) она может составлять 2,8 ºС (здесь и далее приводятся средние пентадные величины за 1965–2000 гг., рис. 20В, Г). В период массового хода ранней формы нерки (11–20 июня) температура воды поднимается до 6,4–7,5 ºС, а ко времени подходов поздней формы (11–20 июля) обычно достигает своего максимума — 11,1–11,4 ºС. На завершающем этапе анадромной миграции (в середине августа) температура морской воды вновь немного снижается: до 11,2–11,3 ºС. [Скорее всего, после 2000 г. температура морской воды в прибрежной зоне Камчатского залива несколько повысилась, но морской пост в это время уже не работал, поэтому дать какие-либо количественные оценки по этому поводу нельзя.] Температура речной воды (пост «Большие Щеки», 1989–2017 гг., рис. 20Д, Е) в продолжение всего хода нерки обычно повышается: от 7,3 ºС (в среднем за последнюю декаду мая) до 11,2 ºС (во второй декаде июня) и 15,9 ºС (в третьей декаде июля). С начала августа речная вода начинает остывать, и уже в первой декаде этого месяца ее температура составляет 15,2 ºС (рис. 20Д, Е). Таким образом, среднемноголетняя величина изменений петадной температуры воды в период основного хода нерки (с конца мая до конца июля) составляет от 3 до 11 ºС в море и от 7 до 16 ºС в реке (рис. 20). Если принять во внимание экстремальные за многолетний период величины, то этот диапазон существенно увеличивается: от минус 1 до 17 ºС в море, и от 1 до 20 ºС в реке (рис. 20).

Из представленных данных следует, что нерестовый ход нерки в р. Камчатке может происходить в очень широком диапазоне колебаний основных гидрологических характеристик, причем как в реке, так и в прибрежной зоне моря. Так, летом 2018 г. расходы воды достигли своего исторического максимума, и это можно было бы принять за один из факторов, негативно повлиявших на заходы нерки. Однако летом 2019 г. водность реки лишь в начале хода превышала норму, а затем была близка к своей среднемноголетней величине (рис. 20Б). При этом динамика хода нерки в этом году оставалась такой же, как и в предыдущем (см. рис. 17). Более того, если наложить на многолетний фон показатели температуры морской и речной воды, полученные в ходе наших полевых наблюдений в 2019 г., то становится очевидным, что они были близки к соответствующим многолетним нормам и не выходили за границы предельных значений (рис. 20Е). Отсюда следует, что гидрологические условия, которые сложились в р. Камчатке и прибрежных водах Камчатского залива в период подходов нерки в 2018–2019 гг., не могли быть причиной нарушения динамики ее анадромной миграции в эти годы.

***Химический состав воды.*** Известно, что химический состав воды в реке является одним из физиологических основ хоминга анадромных видов рыб, в том числе и тихоокеанских лососей (Салменкова, 2016). Считается, что реки отличаются друг от друга относительно стабильными во времени гидро-

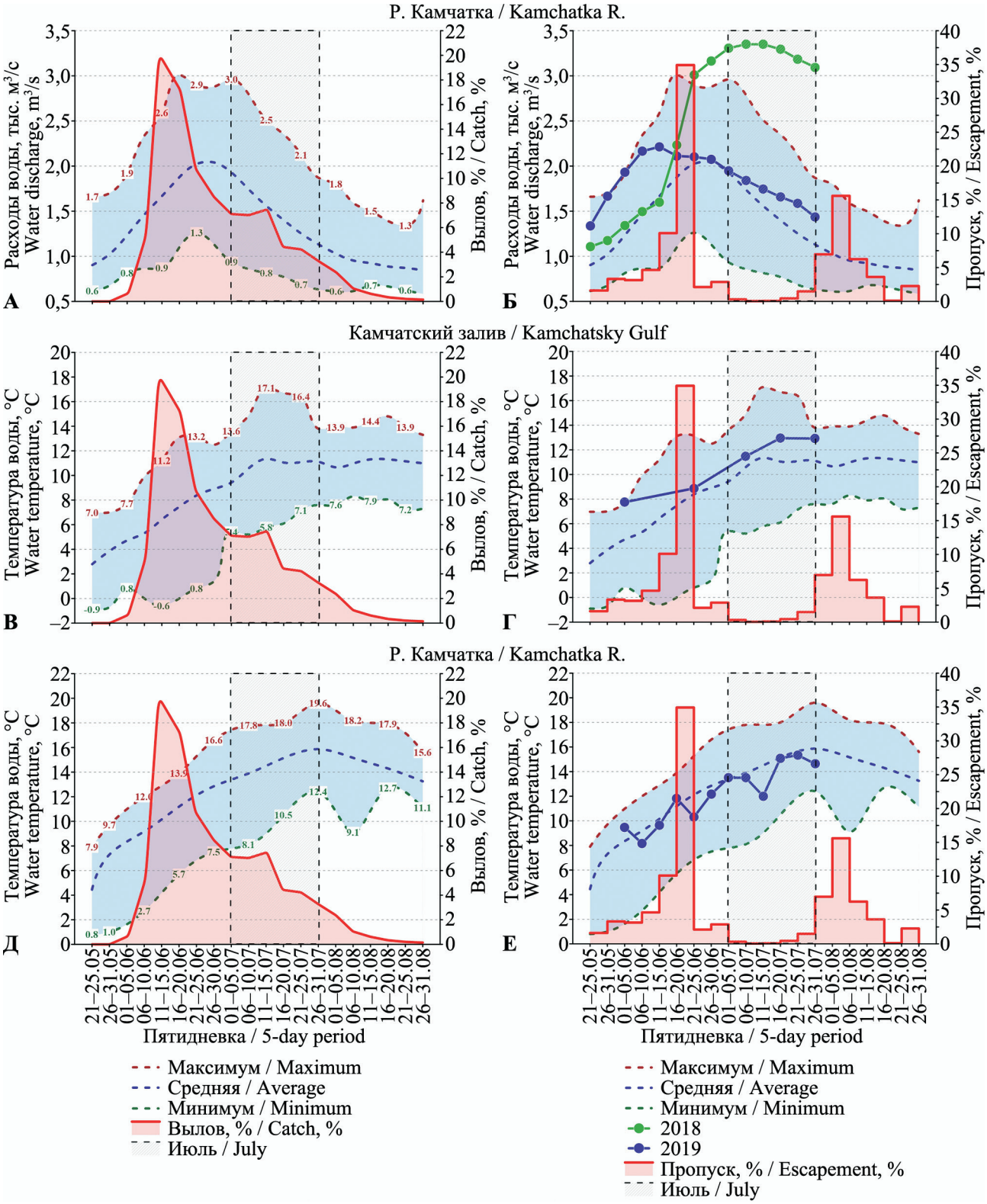



Рис. 20. Сезонные изменения расходов воды (тыс. м³/с) в нижнем течении р. Камчатки (Б) в июне–июле 2018–2019 гг. (наши измерения на посту «Большие Щеки»), а также температуры воды (°С) на устьевом взморье Камчатского залива (Г) и в устьевой области р. Камчатки (Г, Е) в июне–июле 2019 г. (наши измерения на гидрологических съемках) на фоне среднемноголетних данных Камчатского УГМС (речной пост «Большие Щеки», май–август 1989–2017 гг.: А, Б, Д, Е; морской пост в п. Усть-Камчатск, май–август 1965–2000 гг.: В, Г) и динамика нерестового хода нерки в р. Камчатке (суммарный вылов в реке и в море, май–август 1992–2015 гг.: А, В, Г; пропуск производителей в речной бассейн, май–август 2018–2019 гг.: Б, Г, Е)

Fig. 20. The seasonal dynamics of the water discharge (thous. m³/sec) in the Kamchatka River lower part (Б) in June–July 2018–2019 (our measurements at the post "Bolshie Scheki"), and the water temperature (°C) in the estuary seaside in Kamchatsky Gulf (Г) and in the Kamchatka River estuary (Г, Е) in June–July 2019 (our measurements during the hydrological surveys) on the background of the average longterm data by Kamchatka Department of Hydro-Meteorological Service (the river post "Bolshie Scheki", May–August 1989–2017: А, Б, Д, Е; the marine post in Ust-Kamchatsk, May–August 1965–2000: В, Г) and the sockeye salmon spawning run dynamics in the Kamchatka River (the summary catch in the river and in the sea, May–August 1992–2015: А, В, Г; the spawning escapement in the siver basin, May–August 2018–2019: Б, Г, Е)

химическими особенностями, которые рыбы способны запоминать на ранних этапах жизни, а затем распознавать и реагировать на них при возврате на нерест (Wisby, Hasler, 1954; Hosier, Scholz, 1983; Dittman, Quinn, 1996; Салменкова, 2016). Однако кроме указания на общие механизмы этого процесса, нам не удалось найти в литературе конкретных примеров влияния изменений гидрохимического фона в отдельной реке на миграционную активность лососей во время нерестового хода (за исключением некоторых случаев отравления рек при природных и техногенных сбросах загрязненных вод) (Thorstad et al., 2008). Несмотря на это, мы считаем необходимым рассмотреть здесь и этот фактор, хотя бы в общих чертах.

Литературные данные о химическом составе воды р. Камчатки достаточно фрагментарны и основаны на систематических многолетних наблюдениях Камчатского УГМС (Ресурсы.., 1973; Брызгало и др., 2015), а также на эпизодическом анализе биогенного состава речной воды, выполненном в последние годы (Лепская и др., 2010). В целом известно, вода р. Камчатки относится к гидрокарбонатному классу. Среди анионов преобладают ионы $HCO_3$' (29–43% экв), однако в период половодья вода имеет слабовыраженный сульфатный характер (содержание $SO_4$'' в этот период повышается до 27% экв). Среди катионов в элементном составе преобладают ионы Ca'' (15–29% экв). Общая жесткость изменяется от 0,52 до 1,80 мг-экв/л. Величина pH колеблется в пределах 6,35–7,50, что является признаком невысокой агрессивности воды. Минерализация в реке варьирует в пределах 35–200 мг/л (в межень — до 200 мг/л, в половодье — 35–110 мг/л). Снижение минерализации в половодье происходит за счет интенсивного поступления слабоминерализованных вод, образующихся при таянии снега. При этом значительное увеличение минерализации отмечается в нижнем течении реки, после впадения притоков, расположенных в Ключевской группе вулканов (рр. Толбачик и Студеная) (Ресурсы.., 1973). Временная изменчивость компонентного состава растворенных химических веществ, поступающих на замыкающий створ р. Камчатки (пост «Ключи») в 1985–2009 гг., характеризовалась устойчивой тенденцией повышения притока соединений меди на фоне снижения поступления соединений цинка, а также нитритного и аммонийного азота (Брызгало и др., 2015).

Ранее отмечалось, что в некоторых случаях в р. Камчатке бывает необычный химический состав воды. Например, так было в 1958 г., после извержения влк. Безымянного (в 1955–1956 гг.), сопровождавшегося обильным выпадением пеплов с большим содержанием легкорастворимых солей. В результате в речной воде увеличилась общая концентрация солей, нарушилось обычное соотношение катионов Ca'' и Mg'' и увеличилась кислотность воды (pH составило тогда 6,8–7,0) (Ресурсы.., 1973). После 1956 г. в бассейне р. Камчатки произошло еще несколько сильных пеплопадов (Вулканы.., 2015). Нам неизвестно, проводились ли специальные исследования химического состава воды в реке в эти годы, и могли ли эти изменения каким-то образом отразиться на условиях обитания тихоокеанских лососей (или других видов рыб) в бассейне р. Камчатки. Однако к настоящему моменту накоплено достаточно данных, свидетельствующих о существенном влиянии вулканических пеплопадов на продуктивность отдельных водоемов, расположенных в бассейне р. Камчатки (например, оз. Азабачье). Так, исследованиями И.И. Куренкова (1975) было показано, что тот самый пеплопад при извержении влк. Безымянного в 1956 г. способствовал увеличению общей численности локальной группировки нерки, воспроизводящейся в бассейне этого озера (цит. по Бугаев, 2010). Это было связано с фертилизационным эффектом, который пеплопады способны оказывать на озерные экосистемы, где происходит нагул молоди нерки до ее ската в море. Впоследствии такое же мнение о положительном влиянии вулканических пеплопадов на продуктивность популяций камчатской нерки неоднократно высказывали и другие специалисты (Дубынин, Бугаев, 1988; Миловская, 1991; Миловская, Селифонов, 1993; Бугаев и др., 2007; Бугаев, Базаркина, 2013; и др.). Вместе с тем, как показали исследования последних лет (Базаркина, 2007, 2016; Базаркина и др., 2012), вулканический пепел, кроме необходимых для жизнедеятельности гидробионтов питательных элементов, содержит большое количество ядовитых веществ, которые в год пеплопада могут вызывать гибель рыб, ухудшение условий их воспроизводства и оказывать угнетающее воздействие на развитие планктонных организмов. Благоприятный эффект от выпавшего пепла на продуктивность озерных экосистем (в том числе оз. Азабачье) обычно начинает сказываться лишь

по прошествии нескольких лет, после адаптации гидробионтов пелагиали водоема к воздействиям вулканического пепла (Лепская, 1993; Базаркина, 2016).

Для оценки химического состава воды р. Камчатки в 2019 г. нами были отобраны пробы на различных участках нижнего течения и устьевой области этой реки 1 августа (см. рис. 1). Анализ проб включал определение отдельных биогенных элементов, которое выполнили по общепринятым методикам (Алекин и др., 1973; Руководство.., 2003). В качестве основы для сравнения использованы опубликованные данные (Ресурсы.., 1973; Лепская и др., 2010; Брызгало и др., 2015), которые были пересчитаны на содержание отдельных элементов в пробе. В результате анализа проб установлено следующее. По мере движения от уроч. Большие Щеки (~65 км от устья) по направлению к речному устью в составе воды наблюдалось небольшое увеличение концентрации общего фосфора ($P_{общ}$) и азота ($N_{общ}$) из-за возрастающей доли органических соединений. Концентрация минерального азота ($N_{мин}$) на всех участках, в общем, была стабильна и составляла в среднем 0,473 (мг-экв/л), незначительно увеличиваясь вниз по течению реки. При этом содержание восстановленной аммонийной формы ($N\text{-}NH_4$) возрастало почти вдвое, а концентрация окисленной нитратной формы ($N\text{-}N_{03}$) падала до аналитического нуля. Концентрация общего железа была одинакова на всех участках кроме устья, где увеличивалась в несколько раз (что может быть связано с влиянием большого количества судового металлолома, затопленного в реке в районе п. Усть-Камчатск). В распределении содержания нитритного и нитратного азота, кремния и минерального фосфора градиентов вниз по течению реки не прослеживалось. Величина pH в устьевой области реки колебалась в пределах 6,9–7,4 (в основном русле в ~5 км от устья), 7,2–7,8 (в пр. Озерной) и 7,1–8,9 (в устьевом створе). При этом повышенные показатели pH в пр. Озерной и в устье р. Камчатки могли быть связаны с влиянием более щелочной морской воды, которая проникает сюда во время прилива. Сравнение результатов, полученных в 2019 г., с данными предыдущих лет показало, что состав воды в р. Камчатке в указанном году по содержанию отдельных азотистых соединений (а также железа и кремния) был близок к своим фоновым показателям. Другие биогенные элементы характеризовались существенной межгодовой изменчивостью, и при сравнении их содержания в речной воде в 2019 г. с данными за предыдущие годы не прослеживалось четких закономерностей.

Таким образом, имеющаяся сейчас у нас информация о химическом составе воды р. Камчатки очень фрагментарна. Поэтому на ее основе нельзя однозначно решить вопрос о возможном влиянии изменений химического состава речной воды в результате вулканической деятельности на отдельные аспекты биологии лососей бассейна р. Камчатки (в том числе изменения активности половозрелых рыб во время анадромной миграции). Однако эта проблема, на наш взгляд, несомненно требует дальнейшего специального изучения, но уже с применением новейших методических подходов и современных научных приборов для детального анализа химического состава речной воды.

***Гидробиологический фон.*** Ранее для некоторых районов Камчатки были отмечены случаи, когда прибрежное «цветение» токсичных микроводорослей («красные приливы») послужило помехой не только промыслу, но и нерестовому ходу лососей в реки. К примеру, такой случай зафиксирован в ходе промысла горбуши в Олюторском заливе в июле 2017 г. Было установлено, что причиной «красных приливов» в этом районе стало бурное развитие в фитопланктоне динофлагеллят рода *Alexandrium*, способных продуцировать различные токсины, в том числе сакситоксин. Его воздействие на рыб проявлялось в необычном малоподвижном («вялом») поведении горбуши, прошедшей через пятна «цветения». Это вызвало перераспределение ее миграционных путей, вследствие чего большая часть рыб, вероятно, могла уйти на нерест в граничные с Олюторским заливом реки (Лепская и др., 2017).

Для проверки предположения, что похожая ситуация могла произойти в Камчатском заливе, в период с 17 по 21 июля 2019 г. нами были отобраны пробы фитопланктона на различных участках устьевой области и на устьевом взморье р. Камчатки (см. рис. 1). Лабораторный анализ показал, что фитопланктон во всех пробах фактически отсутствовал. Не были выявлены и потенциально токсичные микроводоросли. В пробах были найдены лишь отдельные фрагменты колоний, состоящие из пустых панцирей факультативно планктонной диатомеи *Fragilaria* sp., которая не является вредоносной.

***Влияние хищников.*** Известно, что некоторые виды морских млекопитающих (прежде всего, ларга *Phoca larga* — самый массовый и широко распространенный у камчатского побережья вид тюленей) способны оказывать значительное воздействие на численность лососей в период их массового хода в камчатские реки, а также наносить существенный вред лососевому промыслу за счет выедания или порчи части рыбы в промышленных орудиях лова (Бурканов, 1990; Корнев, 2019). К примеру, по некоторым оценкам специалистов КамчатНИРО, объемы прямого потребления ларгой в районе устья р. Большой (Западная Камчатка) могут достигать ежегодно более 500 т всех видов лососей, а р. Озерной — 520–550 т только нерки (Корнев, 2019). Помимо прямого потребления лососей, ларга (как и другие хищники) способна снижать общую численность производителей также за счет травмирования рыб, часть которых впоследствии может не участвовать в нересте в результате гибели или потери фертильности от полученных травм (Бурканов, 1990; Шевляков и др., 2006).

С учетом этого, во время полевых работ 2019 г. мы отмечали места массовых скоплений тюленей в нижнем течении и устьевой области р. Камчатки, а также на прилегающих к устью участках Камчатского залива (рис. 21). Наиболее высокие концентрации ларги на плаву были отмечены в районе устьевого бара реки (скопление 1 на рис. 21), а также в месте вновь образованного прорыва (см. рис. 2) в «западной» устьевой косе (скопление 2). В этих местах ларга встречалась, как правило, на глубоководных участках реки, а ее суммарная численность достигала не менее 200–300 экз. В нижнем течении р. Камчатки отмечено 5 крупных залежек ларги (скопления 2–7) с численностью несколько десятков особей в каждой. Кроме этого, на всем протяжении р. Камчатки, от ее устья до последней массовой залежки в нижнем течении реки (скопление 7 на рис. 21), а также несколько выше по течению, постоянно отмечали одиночных тюленей на плаву. Во время визуальных наблюдений (в том числе с использованием квадрокоптера) в зоне действия ставных неводов № 1135–275, ларга также постоянно встречалась (в том или ином количестве) вдоль центрального троса, а также непосредственно в садках и ловушках. Отмечено, что численность тюленей в районе неводов значительно возрастала в промысловые дни, когда в ловушках скапливалась рыба (рис. 21).

Согласно опросам местных рыбаков, ларга постоянно встречается в период промысла лососей в районе ставных неводов в Камчатском заливе, а

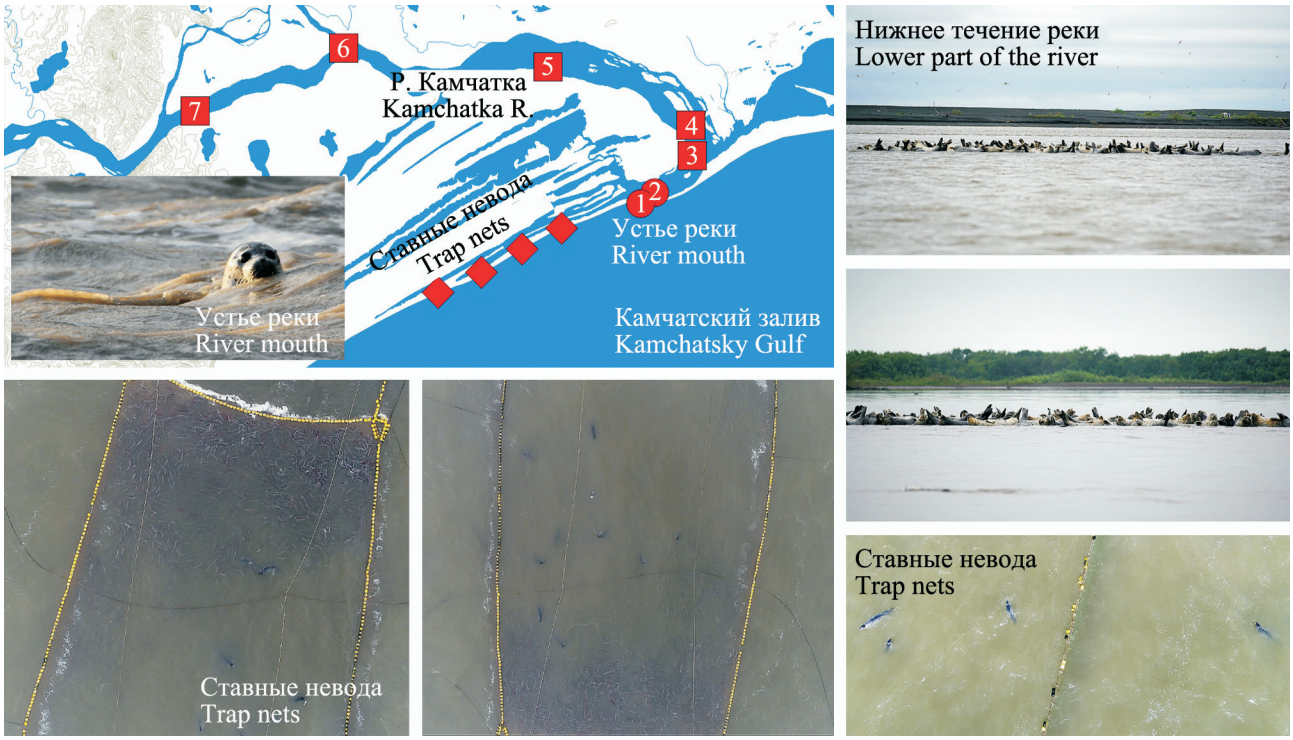



Рис. 21. Места массовых скоплений ларги в нижнем течении и устьевой области р. Камчатки и в прилегающих водах Камчатского залива в июле 2019 г.
Fig. 21. The sites of the mass aggregations of larga seal in the Kamchatka River lower part and estuary and in the waters off Kamchatsky Gulf in July 2019

также во время промышленного лова жаберными сетями в р. Камчатке. Очень часто при разборе улова неводов рыбаки отмечают травмированных рыб. При промысле лососей сплавными жаберными сетями в реке бывают случаи, когда ларга охотится на рыбу поблизости от орудий лова или даже выедает ее непосредственно из сетей.

В последние десятилетия численность ларги в этом районе никак не регулируется, ее специализированный промысел не ведется. По-видимому, это обстоятельство могло способствовать общему росту ее численности. Так, по данным В.Н. Бурканова (1988, 1990), в 1980-х гг. в устьевой зоне р. Камчатки насчитывалось до 100 и более тюленей. Отмечалась ларга также и в оз. Нерпичьем, а отдельные особи могли подниматься по р. Камчатке до с. Ключи. В Камчатском заливе ларга в то время была распределена равномерно около устьев мелких речек и отдельных рифов группами по 10–50 голов. Всего в устьевой области и в нижнем течении р. Камчатки численность ларги в тот период была оценена в пределах 100–500 особей (Бурканов, 1988, 1990). Согласно нашим наблюдениям, летом 2019 г. общая численность ларги в этом районе (без учета оз. Нерпичьего) составляла не менее 1000 особей (возможно, и значительно больше).

На данном этапе исследований для оценки общей численности ларги и выяснения ее влияния на ресурсы лососей бассейна р. Камчатки данных недостаточно, и эта проблема, по нашему мнению, требует специального изучения. Вместе с тем, на основании такой косвенной информации, как соотношение динамики вылова нерки на речных РЛУ и ее пропуска на нерест в речной бассейн в 2019 г., можно предположить, что стабильные по численности скопления ларги в устьевой области р. Камчатки, которые наблюдались там в течение всего периода хода лососей, не могли являться причиной полного отсутствия захода нерки в реку лишь в отдельные короткие периоды летнего сезона (как, например, это было в июле 2019 г.) (см. рис. 13).

***Биологические показатели рыб.*** Ранее было установлено, что лососи подходят в Камчатский залив, как правило, уже с готовыми для нереста половыми продуктами, однако попав в опресненную зону, рыбы могут не сразу заходить в реку, а задерживаться в заливе, пока организм не приспособится к переходу в пресную воду (Ясухара, 1932; Лямин, 1949; Николаев, 1974, 1977; Бугаев, 2011). Так, по данным мечения, выполненного камчатскими специалистами в 1940-е гг., было установлено, что длительность задержки отдельных особей нерки в Камчатском заливе может составлять от нескольких суток до 2–3 недель, что чаще всего связано с неполным созреванием половых продуктов (Лямин, 1949).

С учетом этой информации, возникло предположение, что массовая задержка анадромной миграции нерки в бассейн р. Камчатки, которая наблюдалась в июле 2019 г. (а также, вероятно, и в предыдущие несколько лет) могла быть связана с биологическим состоянием рыб. Для проверки этого предположения мы проанализировали многолетние биостатистические данные о размерно-массовых показателях и степени зрелости производителей нерки, собранных сотрудниками КамчатНИРО непосредственно в ходе путины на рыбодобывающих предприятиях в п. Усть-Камчатск в период с 2006 по 2019 гг. Чтобы исключить влияние селективности различных орудий лова, для анализа был использован биологический материал, полученный только из уловов ставных неводов в Камчатском заливе. Известно, что эти данные значительно более репрезентативны, чем материал, полученный из уловов жаберных сетей, которыми в основном ведут промысел на речных РЛУ в нижнем течении р. Камчатки (Бугаев, 2011).

Результаты анализа показали, что в последние 15 лет длина и масса нерки в промысловых уловах во время основного периода хода в р. Камчатку в июне–июле могла варьировать от 35 до 71 см и от 0,5 до 4,5 кг соответственно (рис. 22). Средняя длина и масса рыб за весь период наблюдений составили 55–56 см и 2,2–2,3 кг. При этом было отмечено, что, несмотря на некоторые межгодовые колебания биологических показателей, начиная с 2006 г. наблюдался неуклонный тренд на снижение средних размеров производителей нерки в уловах. К примеру, как следует из рисунка 22, в июне 2006–2007 гг. (основные сроки хода ранней формы нерки) средняя длина и масса рыб составляли 56,7–57,3 см и 2,4–2,5 кг, а в июле тех же лет (сроки хода поздней формы) — 57,0–57,2 см и 2,5 кг (рис. 22). В 2018–2019 гг. эти показатели снизились и составили: в июне — 54,2–52,4 см и 2,1–1,9 кг, в июле — 56,0–54,7 и 2,2 кг. Более высокие значения средней длины и массы рыб, полученные для июля 2018–2019 гг. (по сравнению с июнем тех же лет),

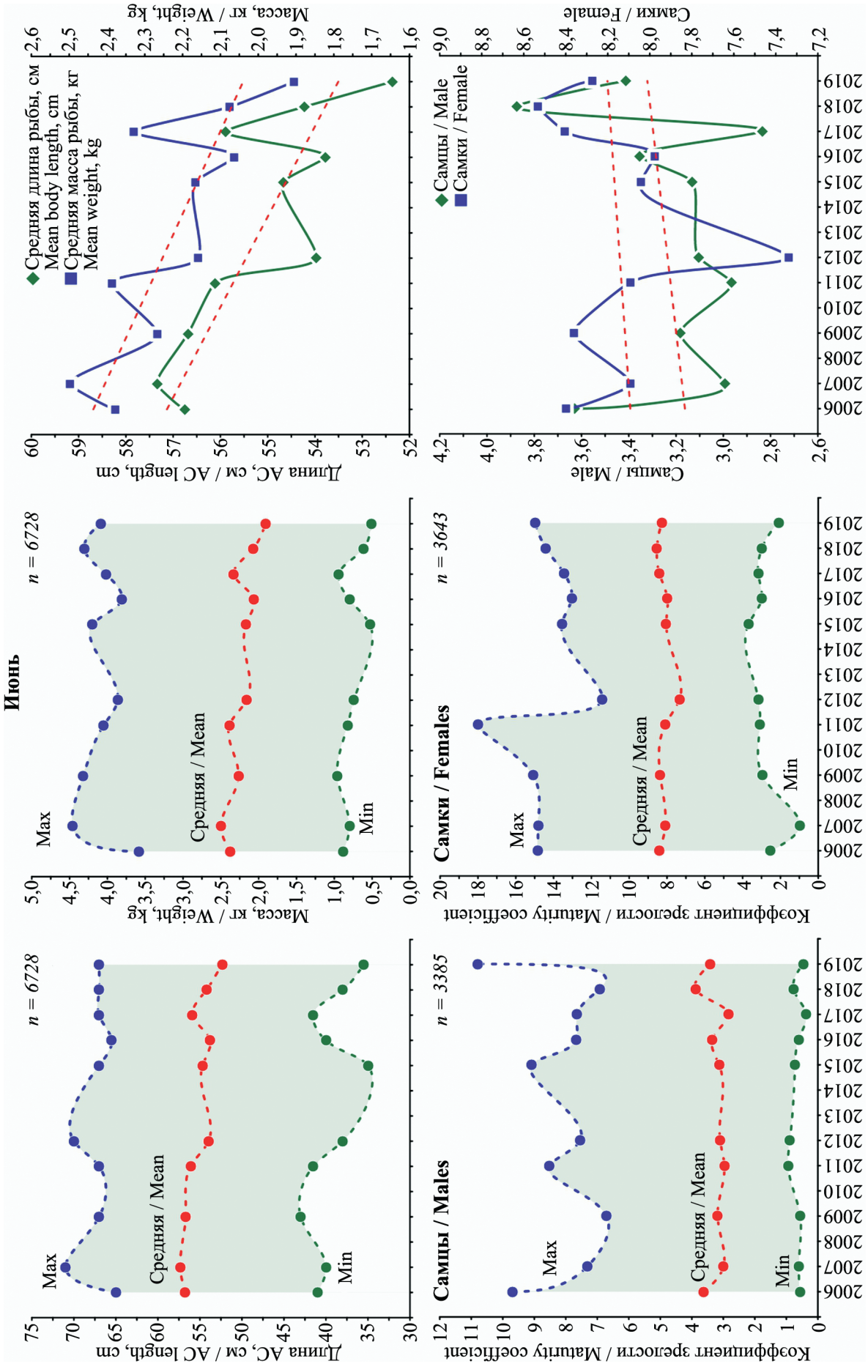



Рис. 22 (начало). Динамика изменений основных биологических показателей нерки р. Камчатки по данным из уловов ставных неводов в Камчатском заливе в июне и июле 2006–2019 гг.

Fig. 22 (beginning). The dynamics of the changes of the mayor biological indices of sockeye salmon in the Kamchatka River on the data of the trap net catches in Kamchatsky Gulf in June and July 2006–2019

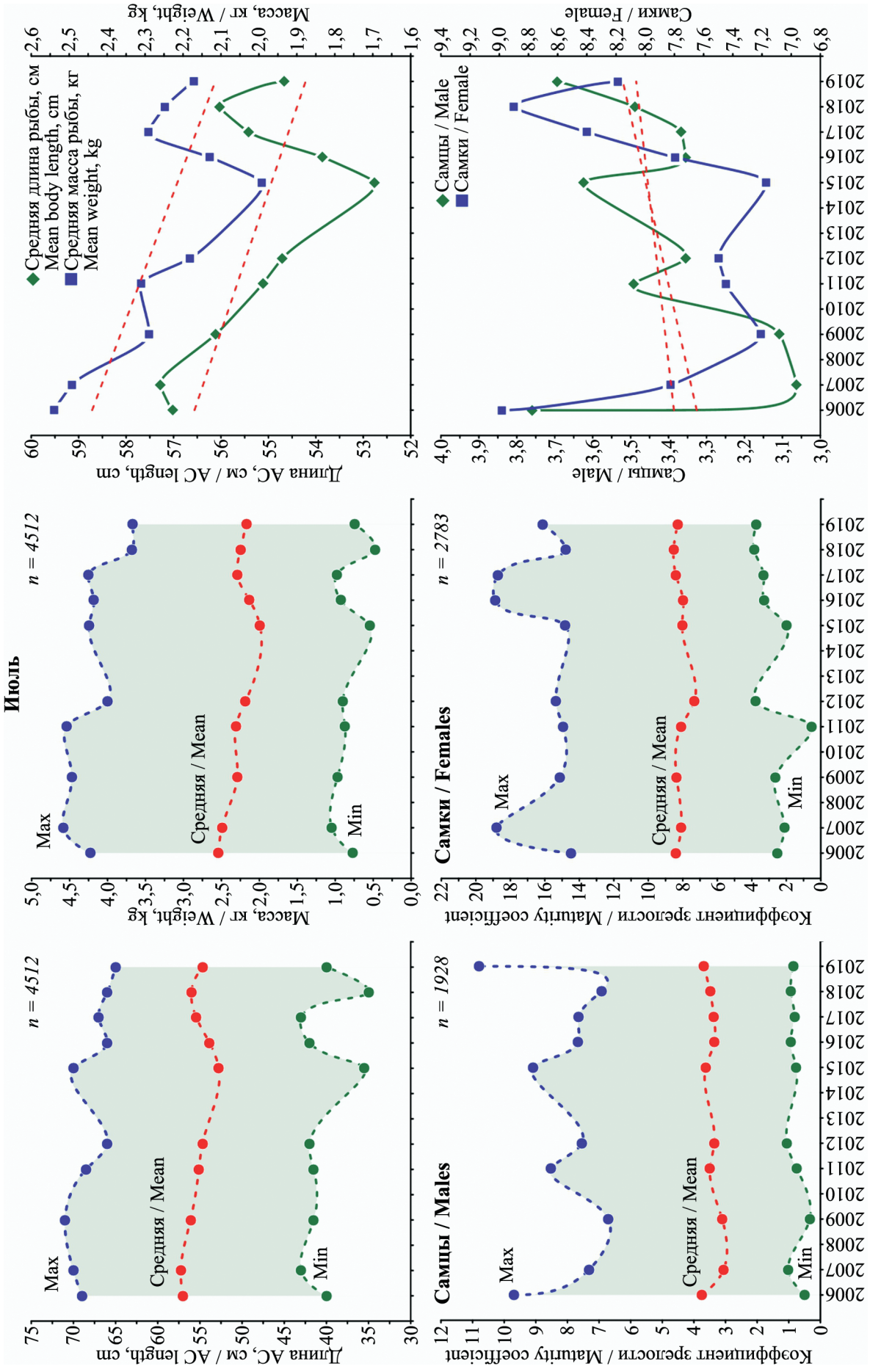



Рис. 22 (окончание). Динамика изменений основных биологических показателей нерки р. Камчатки по данным из уловов ставных неводов в Камчатском заливе в июне и июле 2006–2019 гг.

Fig. 22 (the end). The dynamics of the changes of the mayor biological indices of sockeye salmon in the Kamchatka River on the data of the trap net catches in Kamchatsky Gulf in June and July 2006–2019

можно объяснить методическими особенностями сбора материала в эти годы. Как уже отмечалось, в связи с введением дополнительных ограничительных мер, промысел нерки в июле 2018–2019 гг. был крайне неравномерным (см. рис. 17). Поэтому материал для биологического анализа удалось взять только во второй половине и в конце июля. Вполне вероятно, это могло напрямую отразиться на средних размерных показателях нерки в уловах, полученных для июля. Если учесть этот факт, то из представленных данных следует, что за последние 15 лет средняя длина и масса производителей как ранней, так и поздней форм нерки р. Камчатки уменьшились почти на 5 см и 500 г.

В то же время если рассматривать такой показатель как коэффициент зрелости рыб (отношение полной массы тела рыбы к массе гонад, выраженное в процентах), то, как следует из рисунка 22, во все годы наблюдений этот индекс варьировал очень значительно, и в его межгодовой динамике не прослеживалось никаких закономерностей. Это свидетельствует, что данный показатель может не отражать реальное физиологическое состояние и степень готовности производителей нерки к нерестовому ходу в р. Камчатке, поскольку позволяет проводить сравнительную оценку степени развития гонад лишь при равных средних размерных характеристиках особей.

Сходные результаты были получены и при анализе величин абсолютной плодовитости самок нерки р. Камчатки. Так, для июня 2006–2019 гг. этот показатель имел незначительный тренд на понижение, а в июле тех же лет — заметный тренд на повышение. Причем в июне 2019 г. отмечено значение плодовитости близкое к минимуму (3,014 тыс. икр.), а в июле 2019 г. — к максимуму (4,062 тыс. икр.) за весь ряд наблюдений. Вероятнее всего, такие изменения плодовитости самок могли быть как-то связаны с различиями в размерах отдельных икринок у рыб раннего и позднего хода, а также, вероятно, и с межгодовыми колебаниями этого показателя. Так, по наблюдениям сотрудников КамчатНИРО, которые проводили биологический анализ лососей непосредственно в районе промысла, в уловах ставных неводов в Камчатском заливе в путину 2019 г. встречались самки нерки с аномальным развитием гонад, что выражалось в деформации ястыков и наличии икринок нехарактерных размеров и белесо-желтого цвета. При этом самки, имеющие такие гонады, встречались с одинаковой частотой как в июне, так и в июле 2019 г., а их доля в уловах за весь период промысла составила ~5% от общего числа всех осмотренных рыб. Гистологический анализ гонад с аномальным развитием, выполненный в КамчатНИРО, выявил в их строении большое количество яйцеклеток с различными нарушениями развития, не способных к оплодотворению и впоследствии дегенерирующих. На основании этого было сделано предположение, что дегенерация ооцитов у большого числа половозрелой нерки р. Камчатки, которую наблюдали в 2019 г., могла быть связана с естественным механизмом регуляции при формировании индивидуальной плодовитости в условиях общего снижения массы тела рыб в последние годы. Это же явление может быть и косвенным признаком нарушения нормального процесса созревания половых продуктов рыб в предшествующий период. Причем основным следствием многочисленных аномалий в яичниках нерки могло быть не только общее снижение репродуктивной способности стада, но и ухудшение качества икры, как продукта производства. Следует отметить, что ввиду отсутствия многолетнего ряда наблюдений, сведения о физиологическом состоянии нерки р. Камчатки, полученные в 2019 г., являются предварительными, но эта проблема, несомненно, требует дальнейших специальных исследований.

На наш взгляд, одной из вероятных причин существенных изменений биологического состояния нерки р. Камчатки в последние несколько лет могли послужить неблагоприятные условия ее морского нагула в связи с высокой численностью камчатской горбуши, нагуливающейся в тех же районах. В данном случае основную роль сыграли фактор общей плотности в местах совместного нагула в океане и возникающая в связи с этим внутри- и межвидовая конкуренция за общие пищевые ресурсы. [Хотя в данном случае, конечно, нельзя отрицать и возможное воздействие каких-либо еще внешних факторов во время нагула нерки в океане: климат, океанографические условия и т. п.] Так, к настоящему моменту уже накоплено достаточно фактов, подтверждающих, что в периоды высокой численности камчатской горбуши могут снижаться темп роста и средние размеры других лососей (Бирман, 1985; Андриевская, 1998; Коваль, 2009; Бугаев, 2011; Карпенко и др., 2013). Однако в наибольшей степени влияние горбуши сказывается именно на скорости роста и средних

размерах нерки, поскольку эти два вида имеют наиболее близкий пищевой спектр в период морского нагула, по сравнению с другими лососями (Коваль, 2007; Карпенко и др., 2013). Причем влияние общей численности горбуши на размерную структуру нерки может сказываться одновременно на нескольких поколениях, так как период морского нагула нерки может продолжаться в течение нескольких лет, и большая часть особей этого вида проводит в море три года (Бугаев, 2011). В то же время на условия нагула каждого отдельного поколения нерки могут оказывать влияние до трех поколений горбуши, некоторые из которых могут быть весьма урожайными. Отметим, что для последних лет была типичной ситуация, когда каждое из смежных поколений горбуши, нагуливающейся в море совместно с неркой, имело статус либо урожайного, либо экстраурожайного.

На рисунке 23 представлены динамика общего вылова горбуши в Камчатском крае и изменения средней массы тела нерки р. Камчатки в 2006–2019 гг. Как следует из рисунка, в указанные годы наблюдалась выраженная обратная связь между двумя этими показателями (при коэффициенте корреляции R = 0,52). Следует отметить, что общее снижение размерно-массовых показателей производителей нерки в последние годы было характерно не только для бассейна р. Камчатки, но и для других районов ее воспроизводства как на азиатской, так и в американской части ареала. Так, из локальных камчатских популяций этого вида сходная динамика наблюдалась также у нерки из рек Озерная, Большая, Хайлюля, Авача (Бугаев, 2011); а также озер Дальнее, Ближнее, Саранное, Лиственичное (Бугаев, 2011; Бугаев и др., 2015). Сравнение временных рядов численности горбуши и нерки на американской части ее ареала показало, что океаническая конкуренция нерки за общую кормовую базу с более многочисленной и быстро растущей горбушей может быть одним из главных факторов не только уменьшения ее средних размеров, но и снижения общей численности нерки на американском побережье (Ruggerone, Connors, 2015).

В случае с неркой р. Камчатки нельзя игнорировать и такой факт: согласно данным, представленным на рисунке 17, задержка анадромной миграции нерки в бассейн этой реки в 2017–2019 гг. наблюдалась у поздней формы нерки, в то время как массовый ход ранней формы в целом происходил в обычные сроки (см. рис. 16). Это можно объяснить тем, что во время морского нагула поздняя форма нерки р. Камчатки, по-видимому, значительно в большей степени взаимодействует

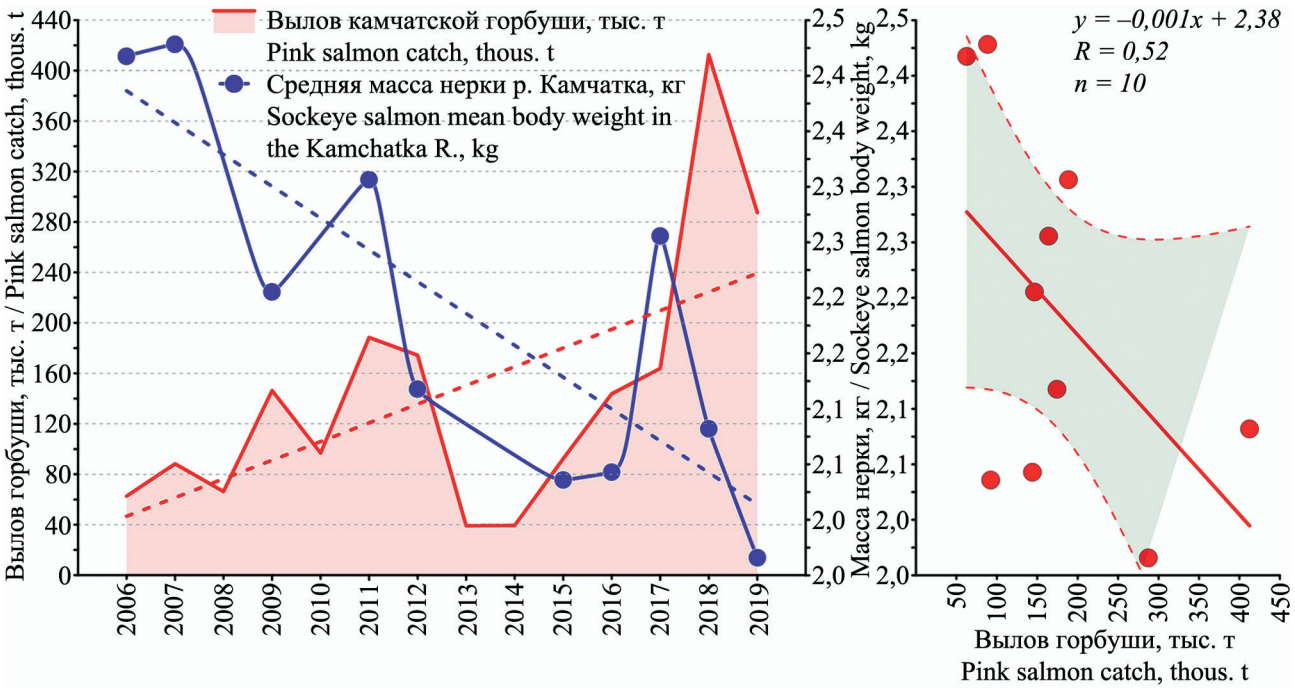



Рис. 23. Вылов камчатской горбуши (тыс. т) и динамика изменений средней массы тела (кг) нерки р. Камчатки в 2006–2019 гг. (на правом рисунке представлена связь между выловом горбуши и средней массой нерки)
Fig. 23. The catch of pink salmon (thous. t) and the dynamics of the average body weight of sockeye salmon (kg) in the Kamchatka River in 2006–2019 (the correlation between the catch of pink salmon and the average body weigh of sockeye salmon in on the right figure)

с камчатской горбушей. Температурный диапазон, при котором происходит миграция поздней формы нерки, существенно выше, чем у ее ранней формы, и гораздо ближе к температурному оптимуму обитания горбуши, которая считается одним из наиболее теплолюбивых видов среди тихоокеанских лососей (Карпенко и др., 2013). При этом сейчас уже известно, что на характер температурных адаптаций рыб существенное влияние оказывает не только температура, но и степень термобионтности видов, которая резко разграничивает особенности метаболизма, потребления и использования вещества и энергии на конструктивные процессы у тепло- и холодолюбивых видов. Причем, независимо от термобионтности, максимальные величины использования усвоенной пищи на рост и созревание достигаются в зоне видового температурного оптимума, а все элементы баланса вещества и энергии в пределах биокинетической зоны прямо пропорциональны температуре обитания (Шульман, Урденко, 1989).

С учетом этого, можно предположить, что районы нагула ранней и поздней формы нерки р. Камчатки могут различаться, и у рыб позднего хода они в значительно большей степени перекрываются с местами нагула горбуши. Сроки хода поздней формы нерки в р. Камчатке обычно совпадают с массовым ходом горбуши в камчатские реки. Поэтому конкуренция за общие пищевые ресурсы между горбушей и поздней формой нерки в морской период жизни также должна быть существенно выше, чем у ранней формы. В таких условиях в годы подходов высокочисленных поколений камчатской горбуши поздней форме нерки р. Камчатки из-за дефицита пищи, вероятно, требуется значительно больше времени, чтобы достичь физиологической готовности к нерестовой миграции в реку. По нашему мнению, этим и можно и объяснить задержку ее нерестового хода в бассейн р. Камчатки в 2017–2019 гг.

***Состояние здоровья рыб.*** Для проверки предположения, что одной из возможных причин нарушения динамики нерестового хода нерки р. Камчатки в 2019 г. могло послужить состояние ее здоровья, 16 июля нами были отобраны 7 экз. производителей из уловов ставных сетей рыбаков-любителей, ведущих промысел в районе устья реки с морской стороны «западной косы». Кроме того, в тот же период сотрудниками КамчатНИРО взято еще 15 экз. нерки из промысловых уловов ставного невода № 273, расположенного на расстоянии ~13,5 от устья р. Камчатки (см. рис. 1).

В конце июля 2019 г. все 22 экз. нерки доставили в КамчатНИРО, где было проведено их комплексное ихтиопатологическое обследование стандартными методами. Перед этим нерку осматривали на наличие внешних и внутренних признаков патологии, а затем был выполнен комплексный анализ, включавший определение наличия вирусных патогенов (Лабораторный практикум.., 1983; Сборник инструкций.., 1998; Fish pathology.., 2009), а также бактериологическое и паразитологическое обследование (МУК 3.2.988-00, 2015; Fagerholm, 1982; AFS-FHS.., 2010).

В результате, при внешнем осмотре производителей нерки у 8 из 15 экз. (~50%) из уловов ставного невода № 273 и у 6 из 7 экз. (~85%) из уловов рыбаков-любителей были отмечены явные признаки брачных изменений (изменение окраски и формы тела рыб). При вскрытии половые продукты у всех рыб были не текучими. У 2 экз. обнаружили скопление прозрачного светло-розового экссудата в полости тела, а у 7 экз. отмечали расширение кровеносных капилляров на поверхности молок, которые образовывали мелкую сеточку (цвет молок от желтоватых до светло-фиолетовых).

У всех обследованных рыб не было выделено вирусных патогенов на линиях клеток и не наблюдалось бактериального роста на питательных средах. Из паразитов у рыб обнаружены круглые черви рода *Anisakis* sp. с высокими показателями экстенсивности и интенсивности инвазии (100 и 70% рыб соответственно). Максимальное количество паразитов на 1 рыбу составило 194 экз. Следует отметить, что нематоды *Anisakis* sp. представляют потенциальную опасность для человека и теплокровных животных (СанПиН 2.3.2.1078, 2001), однако существенного влияния на самого хозяина (рыбу) не оказывают.

В целом, в результате комплексного ихтиопатологического анализа особо опасных патогенов, способных влиять на выживаемость нерки р. Камчатки, обнаружено не было.

***Состояние ресурсов и промысел.*** Многолетняя динамика состояния запасов и промысла тихоокеанских лососей, а также проблемы рационального рыболовства при освоении лососевых ресурсов р. Камчатки в последний исторический период (до 2016 г.) подробно рассмотрены в работе (Шевляков,

Фадеев, 2015). Показано, что с 1990-х гг. (то есть с начала наращивания морских добывающих мощностей и береговой переработки предприятиями Усть-Камчатского района) прослеживались четкая тенденция увеличения роли прибрежного вылова всех видов лососей в Камчатском заливе (с 35% в 1993 г. до 78% в 2014 г.) и соответствующее снижение значения речного промысла. [В данном случае мы не учитываем вылов дрифтерными сетями в Исключительной экономической зоне РФ (ИЭЗ РФ) (см. рис. 12), поскольку оценка этого вылова основана на результатах дифференциации нерки р. Камчатки в смешанных морских уловах по данным анализа структуры чешуи. В силу таких методических особенностей данный расчет может иметь определенные погрешности. К тому же после сокращения и последующей отмены научного контрольного лова на дрифтерных судах, начиная с 2009 г. и вплоть до полного запрета дрифтерного промысла в 2017 г., такая оценка выполнялась на основании результатов, полученных в предыдущие годы (Бугаев, 2014).]

Так, в 1970–1980-е гг. ставными неводами осваивалось порядка 50% ежегодного объема возможного вылова нерки (Бугаев, 1995). В 1990-е гг. доля прибрежного вылова нерки возросла в среднем до 65%, а в 2000-е гг. — до 70%. В начале 2010-х гг. (то есть после закрепления рыболовных участков в долговременное пользование в 2009 г.) прибрежный вылов нерки ставными неводами в Камчатском заливе достиг в среднем уже 77% (Шевляков, Фадеев, 2015). Причем такое увеличение роли прибрежного промысла происходило на фоне общего роста запасов нерки р. Камчатки, который в 2013 г. впервые за весь период промысла превысил 14 тыс. т (рис. 24).

На основании результатов моделирования изменения величины и структуры уловов в зависимости от числа морских неводов, в указанной работе был сделан ряд прогностических выводов о том, что если произойдет увеличение промысловых усилий в море, речной вылов будет закономерно снижаться и в итоге может стабилизироваться на суммарном уровне 800–900 т. Несмотря

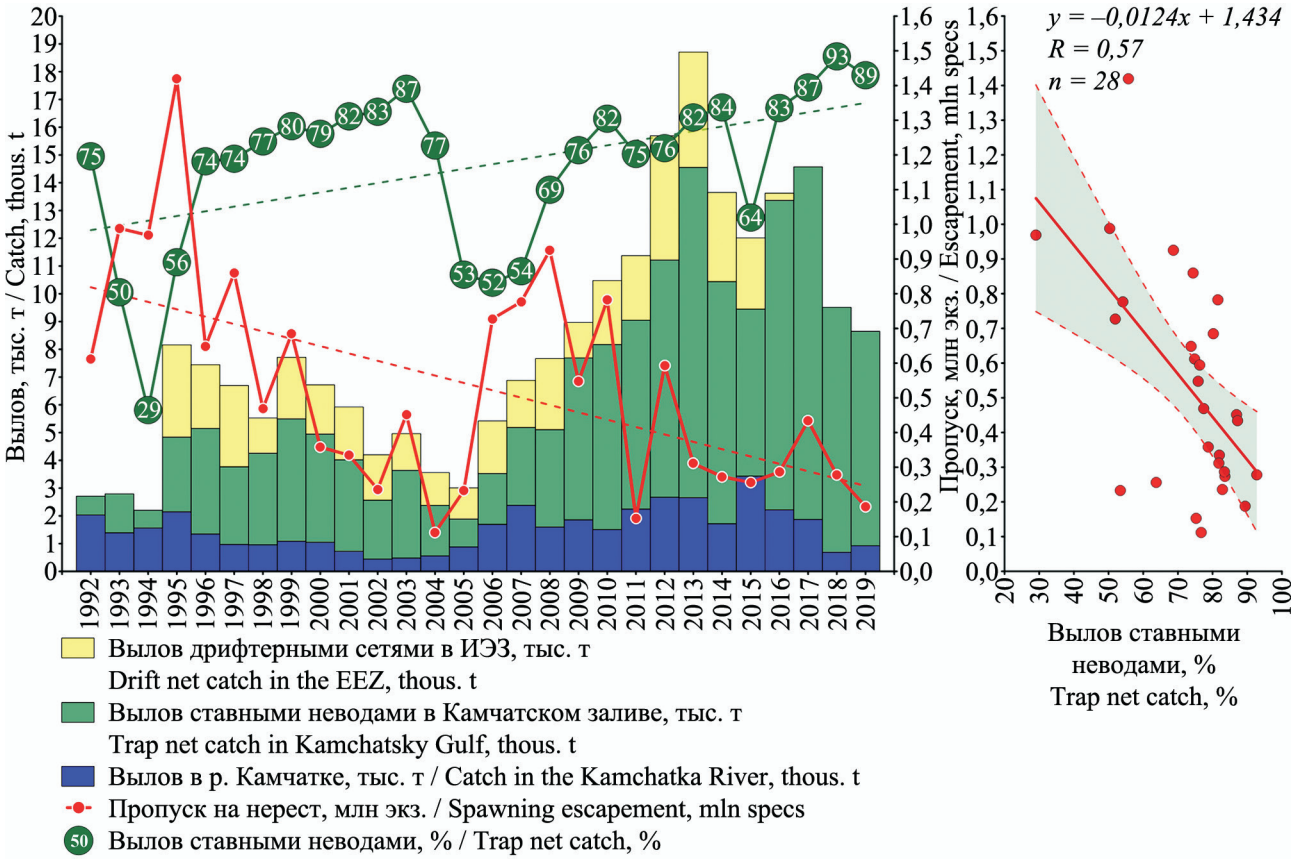



Рис. 24. Структура и динамика промышленной эксплуатации нерки бассейна р. Камчатки в 1992–2019 гг. (на правом рисунке представлена связь между долей вылова ставными неводами в Камчатском заливе и пропуском рыб на нерест в р. Камчатке)
Fig. 24. The structure and the dynamics of the commercial catch of sockeye salmon of the Kamchatka River basin in 1992–2019 (the correlation between the removal percent by trap nets in Kamchatsky Gulf and the escapement into the Kamchatka River is on the right figure)

на снижение среднего удельного улова на один морской невод, с ростом числа неводов общий вылов будет расти пропорционально увеличению их количества (пределы задаются уровнем численности подходов лососей). Улов лососей на речных РЛУ без снижения интенсивности морского вылова можно сохранить на имеющемся уровне только за счет сокращения их числа. Дальнейший рост вылова при увеличении числа рыболовных усилий возможен исключительно за счет снижения пропуска производителей на нерест (то есть ухудшения интенсивности и эффективности воспроизводства), хотя к 2015 г. уже существовал дефицит лососей на нерестилищах в бассейне р. Камчатки (Шевляков, Фадеев, 2015).

Как показали результаты промысла лососей р. Камчатки последних лет, после некоторого снижения величины подходов и берегового вылова нерки до 9,5–10,5 тыс. т в 2014–2013 гг., отмечен новый значительный рост ее запасов до 13,4 тыс. т (в 2016 г.) и 14,5 тыс. т (в 2017 г., исторический максимум берегового вылова), а затем новое его снижение до 9,5 тыс. т (в 2018 г.) и 8,6 тыс. т (в 2019 г.) (рис. 24). На фоне общей высокой численности подходов в 2016–2017 гг. доля вылова ставными неводами в Камчатском заливе также возросла и составила уже 83% и 87% соответственно.

В 2018 г. длина центрального троса всех неводов была увеличена с 1000 до 1200, тем самым возросла и суммарная зона облова в море. Кроме этого, в 2018 г. ввели в эксплуатацию еще один ставной невод, № 1135, который был установлен на приустьевом участке Камчатского залива (см. рис. 1). В результате с ростом промысловых усилий в море суммарный вылов нерки ставными неводами составил в 2018 г. 93%, а в 2019 г. — 89% (в этом году длину центрального троса неводов вновь ограничили до 1000 м, тем самым уменьшилась и зона облова). В те же годы количество речных РЛУ осталось неизменным, однако уловы в реке неуклонно снижались с 2,2–1,9 тыс. т (2016–2017 гг.) до 700–900 т (2018–2019 гг.). Одновременно с уменьшением вылова нерки на речных участках продолжалось и снижение общего пропуска производителей в речной бассейн. Таким образом, существовала очевидная отрицательная связь (при R = 0,57) между величиной вылова нерки ставными неводами в Камчатском заливе и пропуском рыб на нерест в бассейн р. Камчатки (рис. 24).

Если обобщить все данные о промышленной эксплуатации нерки бассейна р. Камчатки за последнее десятилетие и графически представить эту динамику, то становится очевидным, что, начиная с 2009 г., фактический подход (с учетом корректировок, выполненных в ходе путины), а также фактические вылов и доля изъятия нерки ежегодно существенно превышали рекомендованные специалистами КамчатНИРО величины (исключением в этом ряду стал лишь 2018 г. — по причинам, которые будут указаны ниже). В то же время, фактический пропуск производителей на нерест в бассейн реки был существенно ниже рекомендованных объемов (рис. 25). Другими словами, в последние годы происходила систематическая промышленная «переэксплуатация» общего запаса нерки бассейна р. Камчатки, которая неизбежно должна была отразиться на динамике численности этого стада.

С увеличением объемов прибрежного вылова нерки р. Камчатки в последнее десятилетие, продолжалось и перераспределение промысловой нагрузки на раннюю и позднюю ее сезонные формы в течение путины. Напомним, что соотношение этих двух форм в общем вылове может варьировать по годам, но обычно составляет ~70:30 соответственно (см. рис. 16). В отдельные годы численность поздней нерки в бассейне этой реки возрастает, но, по имеющимся данным, она никогда не могла сравниться по значению с ранней (Бугаев, 1995, 2011). Ранняя форма нерки частично проходит в реку до начала промысла, а основную нагрузку на ее скопления оказывают морские орудия лова, но в меньшей степени, чем на скопления поздней нерки, когда переработка рыбы на предприятиях, расположенных в п. Усть-Камчатск, выходит на максимальную мощность, и количество переборок ставных неводов резко возрастает (Шевляков, Фадеев, 2015).

Как следует из рисунков 26–27, в 2008 г. сезонная динамика вылова нерки и соотношение различных ее форм в промышленных уловах в целом были близки к среднемноголетним значениям, представленным на рисунке 16. В том году общий вылов ранней и поздней форм составил 72% и 28% соответственно (рис. 26). Однако начиная с 2009 г. промысловая нагрузка на позднюю нерку начала существенно изменяться, и в последующие два года ее доля в вылове увеличилась до уровня 36–41% (то есть уже превышала оптимальную для

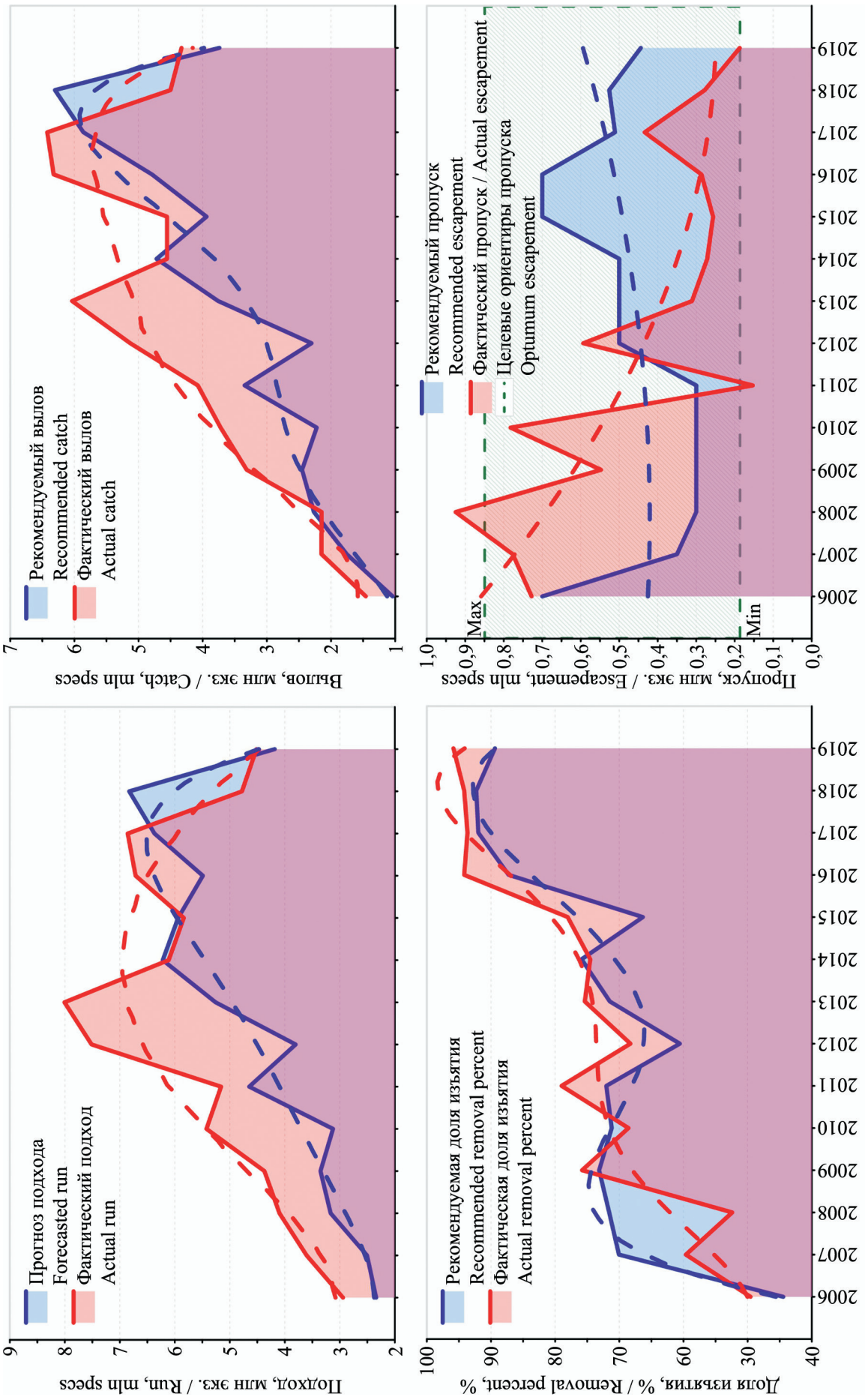



Рис. 25. Межгодовая динамика подходов (млн экз.), вылова (млн экз.), доли изъятия (%) и пропуска производителей нерки бассейна р. Камчатки в 2006–2019 гг.
Fig. 25. The interannual dynamics of the runs (mln specs), catch (mln specs), removal percent (%) and escapement of sockeye salmon of the Kamchatka River basin in 2006–2019

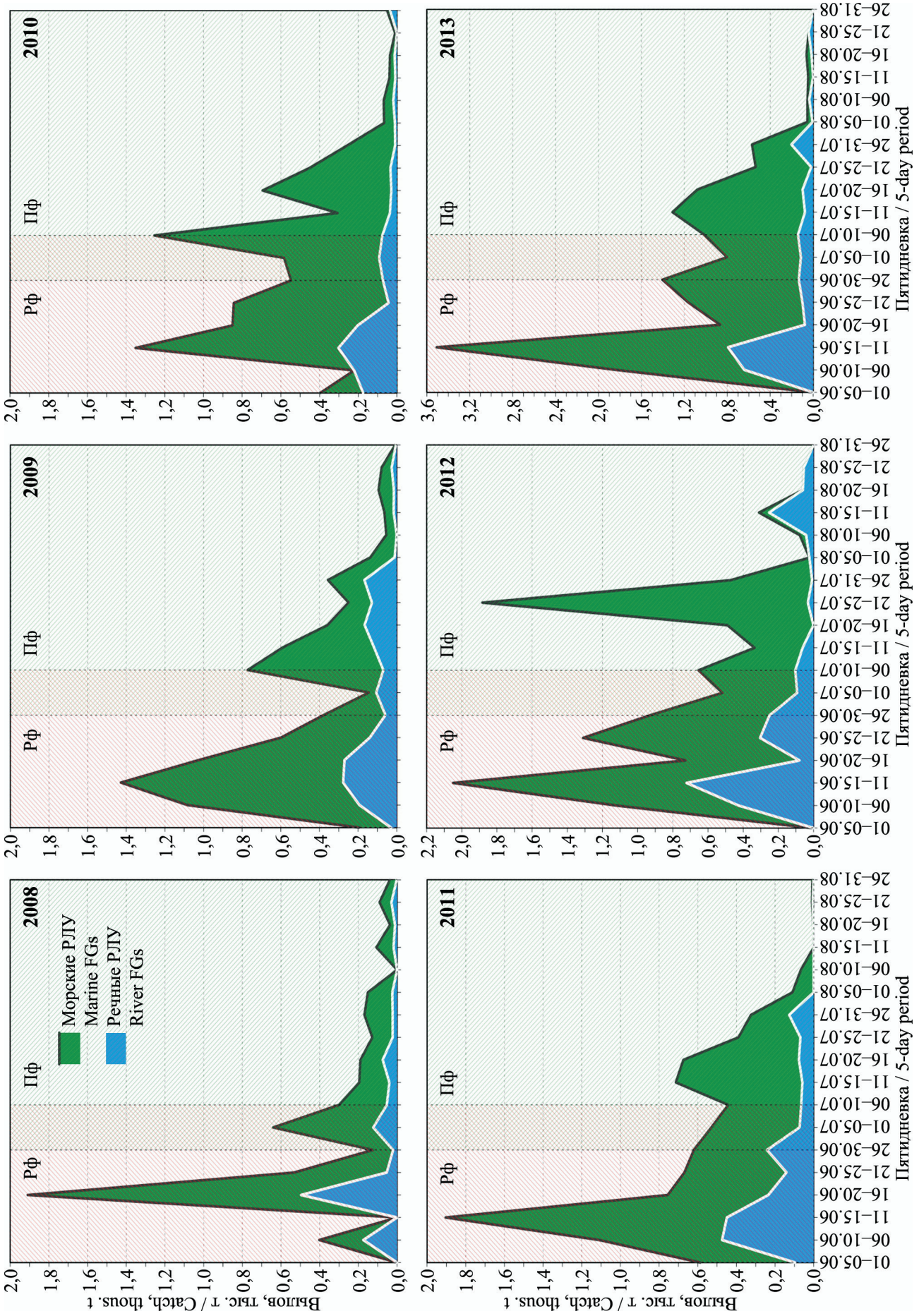



Рис. 26 (начало). Соотношение уловов (тыс. т) нерки р. Камчатки на морских и речных РЛУ в отдельные пятидневки в июне–августе 2008–2019 гг. (Рф — ранняя форма; Пф — поздняя форма)

Fig. 26 (beginning). The ratio between the catches (thous. t) of the Kamchatka River sockeye salmon stock in the marine and river fishing grounds in particular 5-day periods in June–August 2008–2019 (Рф – early morph; Пф – late morph)

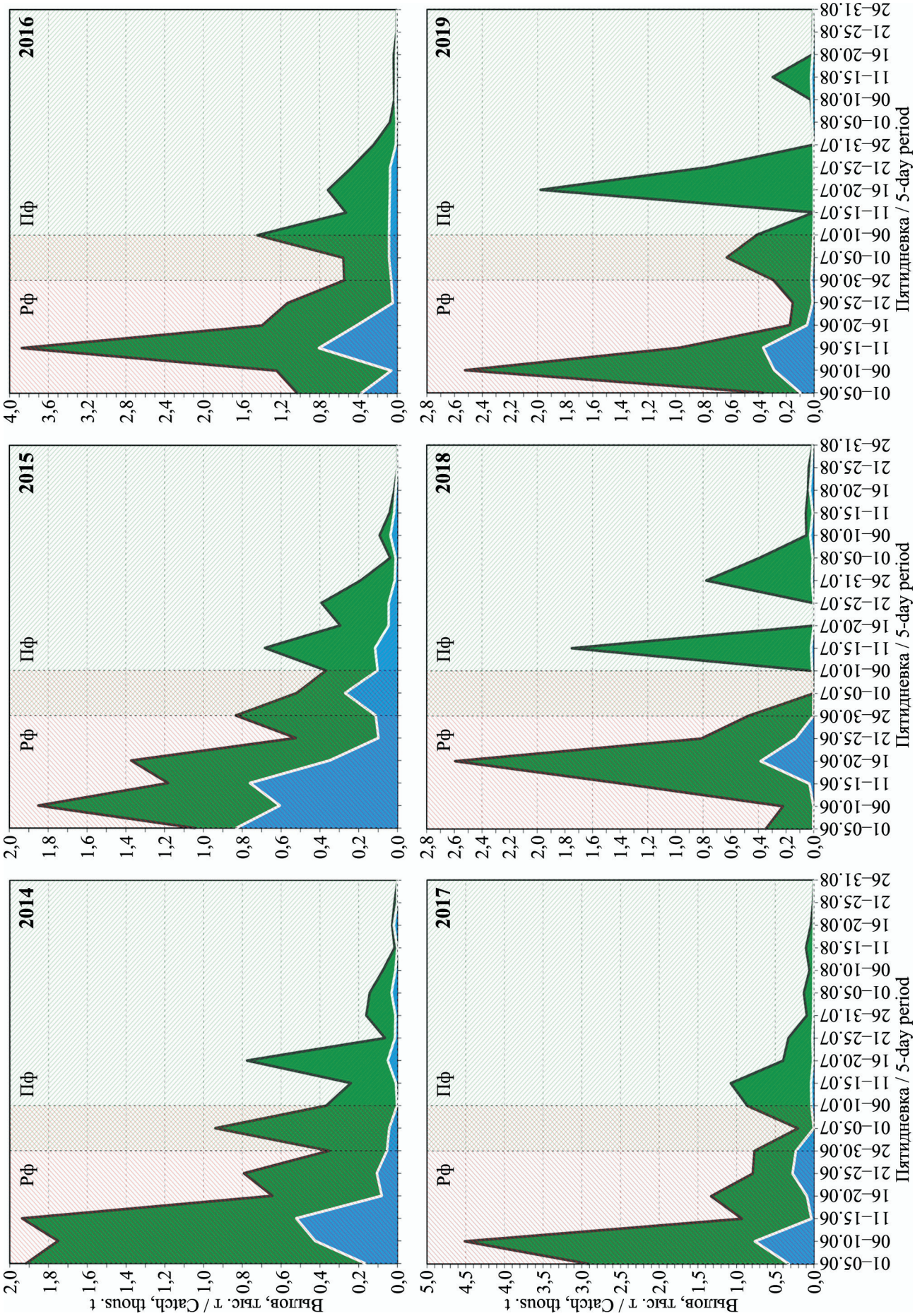



Рис. 26 (окончание). Соотношение уловов (тыс. т) нерки р. Камчатки на морских и речных РЛУ в отдельные пятидневки в июне–августе 2008–2019 гг. (Рф — ранняя форма; Пф — поздняя форма)

Fig. 26 (the end). The ratio between the catches (thous. t) of the Kamchatka River sockeye salmon stock in the marine and river fishing grounds in particular 5-day periods in June–August 2008–2019 (Рф – early morph; Пф – late morph)

популяции величину на 6–11%) (рис. 27). В 2011 г. промысловая нагрузка на позднюю нерку вновь упала (до 31% в вылове), а в 2012–2013 гг. снова возросла (до 33–40%). В течение последующих четырех лет (2014–2017 гг.) отмечено существенное снижение промысловой нагрузки на рыб позднего хода (до 18–27% в вылове). Новое увеличение произошло в последние два года: до 35% в 2018 г. и 41% в 2019 г.

Снижение общего вылова поздней формы в 2014–2017 гг., очевидно, было обусловлено тем, что это были годы возвратов высокочисленных поколений нерки в бассейн р. Камчатки. Причем ранее показано, что эффективность промышленного освоения нерки р. Камчатки (как в море, так и в реке) может быть напрямую связана с общей численностью ее подходов (Шевляков, Фадеев, 2015). То есть в годы высоких возвратов пропуск производителей на нерест обычно увеличивается благодаря тому, что у большего числа рыб появляется шанс избежать промышленных орудий лова в единицу промыслового времени.

Сходным образом могло происходить и с распределением промысловой нагрузки на отдельные сезонные группировки нерки. К примеру, из рисунка 27 следует, что в 2008–2019 гг. существовала определенная отрицательная зависимость (при R = 0,29) между суммарным выловом нерки за путину и долей в вылове поздней формы (рис. 27). Вполне вероятно, что такая закономерность была связана с общей стратегией промысла, которой придерживаются рыбодобывающие предприятия Усть-Камчатского района. В годы высоких подходов нерки для наиболее полного освоения своей доли квот и получения необходимой прибыли им достаточно максимально эффективно освоить раннюю нерку в июне, которая и по численности, и по рыночной стоимости существенно превосходит нерку позднего хода. Поэтому в июле таких лет интенсивность промысла снижается, так как к этому моменту основная часть лимитов уже освоена. В такие годы соотношение вылова ранней и поздней нерки может быть близким к оптимальному (то есть 70:30) или несколько ниже (как, например, это было в 2008, 2011 и 2014–2017 гг.). В годы возвратов невысоких или средних по численности поколений ситуация меняется, так как для более полного освоения выделенных квот и получения сопоставимой прибыли рыбодобывающие предприятия ведут интенсивный промысел

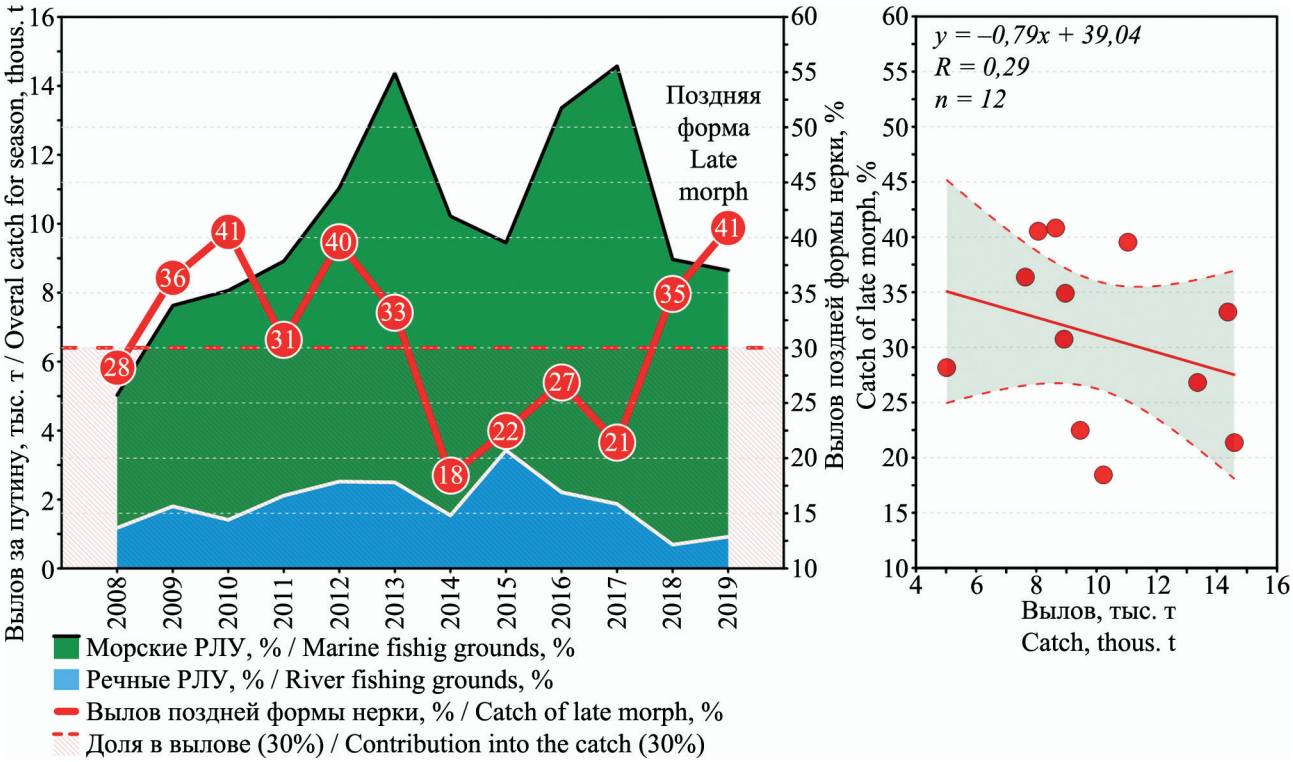



Рис. 27. Суммарный вылов (тыс. т) и доля в вылове (%) поздней формы нерки р. Камчатки в 2008–2019 гг. (на правом рисунке показана связь между суммарным выловов и долей поздней формы нерки в уловах)
Fig. 27. The summary catch (thous. t) and the contribution of the late sockeye salmon morph into the catch (%) in the Kamchatka River in 2008–2019 (right figure demostrates correletion between the summary catch and the contribution of the late morph in the catches)

не только в период массового хода ранней нерки в июне, но и во время хода поздней формы в июле. В результате доля рыб позднего хода в общем вылове в эти годы возрастает (2013 г.), а в случае если промысел ранней нерки был по каким-то причинам малоэффективным (подходы ниже ожидаемых, простои в штормовые дни, неполадки орудий лова и т. п.), может существенно превышать оптимальную для этой популяции величину в 30% (2009, 2010, 2012, 2018–2019 гг.) (рис. 27). [Помимо указанных здесь причин изменений соотношения вылова ранней и поздней нерки, связанных с промыслом, на эту динамику может накладываться также и общее перераспределение численности отдельных сезонных форм в составе ежегодных подходов из-за недостаточного пропуска производителей нерки в бассейн р. Камчатки в последние годы (см. следующий раздел статьи).]

Именно по такому сценарию и развивались события в 2018–2019 гг., причем в каждом из этих двух лет были свои особенности промысловой обстановки. Так, в 2018 г. фактический подход нерки в бассейн р. Камчатки оказался почти в 2 раза ниже прогнозных оценок, и на конец первой пятидневки июля суммарное освоение нерки составляло всего лишь 36% РВ. К этому моменту уже начались проблемы с пропуском производителей в бассейн реки, связанные с задержкой их нерестового хода, повлекшие за собой введение дополнительных ограничительных мер на промысел (Шевляков и др., 2018). Несмотря на это, до завершения путины рыбодобывающими предприятиями Усть-Камчатского района было освоено еще 27% РВ за счет существенного увеличения промысловой нагрузки на рыб позднего хода (см. рис. 26). В итоге в путину 2018 г. на долю поздней нерки в общем вылове пришлось 35% (рис. 27), а суммарный пропуск (как и подход) производителей нерки в бассейн р. Камчатки в 2018 г. оказался почти в 1,5 раза ниже рекомендованных КамчатНИРО величин (общую величину подхода в материалах прогноза оценили в 6,829 млн особей, по факту вылова и пропуска подход составил 4,753 млн экз., или 69,6% прогноза) (Шевляков и др., 2018; Путинный.., 2019).

В отличие от 2018 г., в 2019 г. подходы нерки оказались близки к прогнозным величинам, однако в связи с неблагоприятными погодными условиями в начале июня, к концу этого месяца промышленностью было освоено только 52% РВ. В июле 2019 года вновь произошла задержка нерестового хода поздней формы нерки в р. Камчатке (как и в 2018 г.), и ситуация с регулированием и ходом промысла повторилась. В результате на рыб позднего хода вновь пришлась повышенная промысловая нагрузка, а их доля в общем вылове в 2019 году выросла уже до 41% (рекомендованный и фактический режимы освоения промыслового запаса нерки р. Камчатки в 2019 г. приведены на рисунке 14).

Помимо воздействия промысла на общее состояние запаса и популяционную структуру стада, в рамках обсуждаемой проблемы необходимо учитывать еще один важнейший аспект — прямое влияние, которое способны оказывать промышленные орудия лова на динамику нерестового хода производителей нерки в р. Камчатку. Так, выше было показано, что большая часть половозрелой нерки на приустьевом участке Камчатского залива концентрируется, в основном, в поверхностном слое воды в пределах зоны влияния стока р. Камчатки (см. рис. 8–9). По глубине толщина этого слоя не превышает, как правило, ~2–3 м (см. рис. 7). По направлению от берега наибольшая часть рыб встречается на удалении 500–600 м от береговой черты (см. рис. 11). Таким образом, район около устья р. Камчатки, в котором концентрируется половозрелая нерка, практически полностью попадает в зону облова ставных неводов (см. рис. 6–8). Важно отметить, что попав в зону опреснения, половозрелые рыбы обратно в морскую воду уже не возвращаются, так как под воздействием речной воды у них начинается необратимая физиологическая перестройка организма, которая задействует механизм хоминга (Салменкова, 2016).

В случае задержки анадромной миграции (как это было в июле 2017–2019 гг.), нерка вынуждена завершать морской нагул на устьевом взморье р. Камчатки — главным образом в районе расположения ставных неводов № 268, 274, 275, 276 и 1135 (см. рис. 8). Поэтому в июле их уловистость резко возрастает (см. рис. 10 и 15). В то же время любой элемент конструкции этих неводов может производить отпугивающий или дезориентирующий эффект на рыб. Причем такую реакцию могут вызвать не только вооруженные крылья неводов, но и те их участки, на которых сетное полотно подвязано на период остановки промысла (см. рис. 12). Иногда внешней преградой для рыб могут служить даже просто притопленный центральный

трос без сетного полотна или горизонтальные оттяжки невода (Коваленко, 2005). Это не только не исключает возможность попадания рыб в ловушки ставных неводов, но и может вызывать нарушение миграционной активности рыб в процессе их захода из моря в реку. Подобные факты уже известны, например, для прибрежного промысла атлантического лосося (Thorstad et al., 2008). Снижением именно прямого воздействия конструктивных элементов промышленных орудий лова, на наш взгляд, можно объяснить и резкое увеличение пропуска производителей нерки в бассейн р. Камчатки, которое наблюдалось в конце июля и начале августа 2018–2019 гг. (см. рис. 17). Это произошло в результате кардинального решения Комиссии по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб в Камчатском крае, временно приостановившей промысел и указавшей на необходимость снять на это время сетную часть крыла у ставных неводов в Камчатском заливе.

На основании всех представленных данных можно заключить, что в последнее десятилетие (начиная с 2009 г.) именно промысел послужил наиболее мощным внешним фактором, негативно повлиявшим на общую численность и современное состояние популяционной структуры нерки р. Камчатки. Кроме того, нельзя исключать и возможное воздействие промышленного лова на общее снижение биологических показателей рыб, формирующих нерестовый запас (Шевляков, Фадеев, 2015). Последнее обстоятельство, в совокупности с другими внешними факторами, описанными выше, могли также послужить причиной задержки нерестового хода поздней формы нерки в р. Камчатку в 2017–2019 гг.

## Современное состояние воспроизводства нерки р. Камчатки

Нерка р. Камчатки имеет сложную популяционную структуру и подразделяется на несколько стад 2-го порядка, основными из которых являются пять локальных группировок: «С» — ранняя нерка из притоков верхнего и среднего течения; «В» — поздняя нерка из притоков верхнего и среднего течения; «Е» — нерка средних и нижних притоков (преимущественно р. Еловка); «А» — нерка оз. Азабачьего; «Д» — нерка оз. Двухюрточного (Бугаев, 1995, 2011). Задача организации рационального промысла этого стада предполагает обеспечение максимально эффективного уровня заполнения производителями всех имеющихся нерестилищ различных иерархических уровней пространственных и сезонных группировок, что впоследствии должно обеспечить их пропорциональное распределение в общем составе нерестовых подходов (Фельдман и др., 2016; Путинный.., 2019).

Согласно правилам регулирования промысла (ПРП), разработанным для нерки р. Камчатки на основе модели «запас–пополнение», ориентиры суммарного пропуска производителей на нерест в бассейн этой реки зависят от прогнозируемой численности ежегодных подходов и могут колебаться в интервале значений от 187 до 850 тыс. экз. При этом средняя величина целевого пропуска, обеспечивающего устойчивый вылов, определена в количестве порядка 460 тыс. экз. (при условии сохранения принципа пространственного распределения группировок, ориентировочный вклад которых в общий пропуск должен находиться в пределах: «Е» — 42%; «А» — 24%; «Д» — 13%; «С» — 12%; «В» — 9%) (Бугаев, 2011; Фельдман и др., 2016).

Исходя из ПРП, научные рекомендации суммарной величины целевого пропуска производителей нерки в бассейн р. Камчатки в последние десять лет варьировали от 300 до 700 тыс. экз. (см. рис. 25). На основании многолетних статистических данных уже было показано, что в тот же период происходило неуклонное снижение общего пропуска нерки на нерест на фоне существенного перераспределения промысловой нагрузки между отдельными сезонными формами (см. рис. 17, 24, 25). По результатам авиаучетов, начиная с 2013 г., ежегодное заполнение нерестилищ в бассейне р. Камчатки стабилизировалось на неизменно низком уровне — около 300 тыс. экз., что близко к минимальному целевому ориентиру суммарного пропуска (см. рис. 25). По данным мониторинга в режиме реального времени, с 2017 г. отмечались достаточно стабильные заход и пропуск ранней формы нерки в июне — в период наиболее интенсивного нерестового хода и промысла. В июле заходы и пропуск нерки резко снижались, а в начале августа вновь наблюдалась небольшая волна захода и пропуска поздней формы (см. рис. 17). В отдельные периоды июля 2017–2019 гг. нерка вообще отсутствовала в контрольных уловах, выполнявшихся в нижнем течении и в устьевой области р. Камчатки, в том числе и в периоды пол-

ного запрета на промысел как на морских, так и на речных РЛУ (как, например, это было в июле 2018–2019 гг.) (см. рис. 17).

Есть основания полагать, что помимо общей задержки нерестового хода поздней формы нерки в 2017–2018 гг., одной из дополнительных причин таких изменений могло послужить также и нарушение соотношения отдельных локальных группировок нерки в ежегодных подходах. Так, по предварительным данным, полученным специалистами КамчатНИРО в процессе комплексной оценки популяционной структуры нерки в 2019 г. на основе генетической идентификации, было установлено, что доля одного из наиболее важных локальных стад ранней формы нерки р. Камчатки — бассейна р. Еловки — в подходе 2019 г. составила 35%, а в пропуске — 20% (рис. 28). Причем по среднемноголетним оценкам доля этой субпопуляционной группировки в общем составе стада должна находиться на уровне 60–70% (Бугаев, 1995, 2011). К сожалению, к настоящему времени результаты были получены только для ранней нерки, а материалы по поздней форме еще не обработаны. Однако даже эти данные свидетельствуют, что в 2019 г. была уже нарушена генетически устойчивая пространственная и темпоральная, а также субпопуляционная структура стада.

В данной ситуации необходимо также учитывать и следующее обстоятельство. Мониторинг в режиме реального времени (на основании которого в последние годы оценивается пропуск нерки в речной бассейн) проводится сотрудниками КамчатНИРО в нижнем течении р. Камчатки (на участке ~40–45 км от устья реки), а также в протоке оз. Азабачьего (Фадеев и др., 2019). Отсюда до главных речных нерестилищ, расположенных в среднем и верхнем течении реки, а также ее притоков (рр. Еловка, Козыревка, Щапина, Китильгина и др.), производители лососей вынуждены преодолеть еще значительное расстояние. По результатам мечения, выполненного сотрудниками КамчатНИРО еще в 40-е гг. XX в. (Лямин, 1949), было установлено, что суточная скорость миграции нерки на участке от устья р. Камчатки до п. Козыревск (224 км) может составлять от 3 до 19 км/сут; на участке от п. Козыревск до с. Долиновка (176 км) — 5–19 км/сут; на участке от с. Долиновка до с. Мильково (178 км) — 17–25 км/сут. Таким образом, производителям нерки для того, чтобы преодолеть расстояние от устья реки до с. Мильково (578 км) даже при движении со средней вычисленной скоростью (~17 км/сут) может понадобиться больше одного месяца (Лямин, 1949). При этом их общая численность в пути до речных нерестилищ может снизиться по многим причинам: естественная смертность; гибель от травм, полученных в промышленных орудиях лова; браконьерство; воздействие хищников (например, выедание ларгой в нижнем течении реки или медведями на нерестилищах) и т. п. Очевидно, что суммарное количество отнерестившихся рыб может колебаться в широких пределах, но в любом случае оно определенно должно быть ниже общей численности производителей, зашедших в реку.

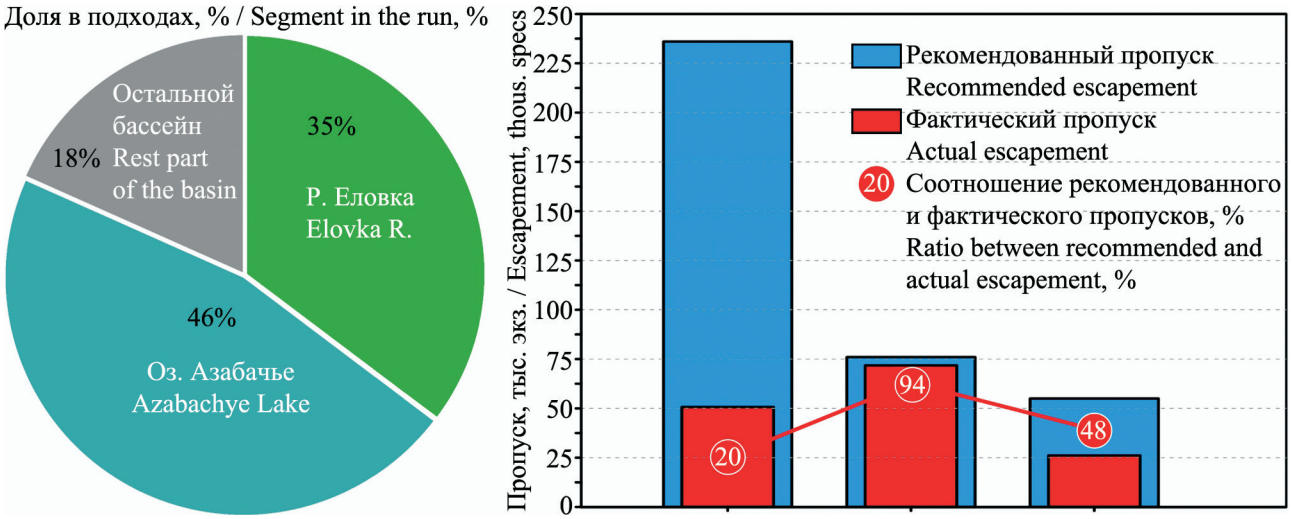



Рис. 28. Соотношение различных группировок ранней формы нерки в подходах (%) и пропуске (тыс. экз.) в бассейн р. Камчатки в 2019 г. (на основании результатов генетической идентификации)
Fig. 28. The ratio between different groups in the early run (%) and in the escapement (thous. specs) of sockeye salmon in the Kamchatka River basin in 2019 (results based on genetic identification)

К примеру, по данным мониторинга, полученным в нижнем течении р. Камчатки, в 2018 г. суммарно в бассейн этой реки было пропущено ~200 тыс. экз. ранней формы нерки (см. рис. 17). Однако на основании результатов авиаучетов производителей лососей на нерестилищах, выполненных КамчатНИРО в том же году, суммарный фактический пропуск производителей ранней формы нерки был оценен в количестве ~155–160 тыс. экз., то есть на 20–23% ниже (Шевляков и др., 2018). В 2019 г. численность производителей нерки, учтенной на нерестилищах в бассейне р. Камчатки, составила ~80 тыс. экз., из них ранней формы — ~35 тыс. экз., поздней — ~45 тыс. экз. Такая численность была в 2–2,8 раза ниже оценки, полученной в нижнем течении реки. Из этого следует, что фактический нерестовый запас нерки бассейна р. Камчатки в последние несколько лет мог быть существенно ниже величин, представленных на рисунке 24.

Кроме этого, в ходе авиаучетов было установлено, что в последние два года наблюдалось неравномерное, а в ряде случаев и фрагментарное заполнение нерестилищ в масштабе всего бассейна. Прежде всего это было характерно для верхнего и среднего течения р. Камчатки, а также для одного из когда-то наиболее высокопродуктивных ее притоков — р. Еловки. На нерестилищах, расположенных в нижнем течении р. Камчатки, ситуация была в целом менее катастрофическая, однако в 2018 г. также отмечен крайне низкий заход ранней формы нерки в бассейн оз. Азабачьего.

Таким образом, анализ современного состояния воспроизводства нерки р. Камчатки показывает, что численность производителей, пропущенных на нерест в бассейн этой реки в последние годы, была существенно ниже целевых ориентиров, необходимых для поддержания этого стада на уровне расширенного воспроизводства. Причем снижение численности и утрата промыслового значения некоторых ранее базовых внутрипопуляционных единиц, приуроченных к среднему и верхнему течению р. Камчатки, а также выраженные флуктуации численности ранее устойчивых компонентов популяционной системы свидетельствуют о ее неблагополучии в современный период. Все эти обстоятельства требуют принятия экстренных мер для обеспечения стабильности воспроизводства нерки р. Камчатки, что является основным условием рациональной эксплуатации и сохранения ее запасов.

## Общие рекомендации по сохранению запасов нерки р. Камчатки

Мы считаем, что для обеспечения стабильного воспроизводства и дальнейшей рациональной промышленной эксплуатации, а также с учетом имеющихся в настоящий момент научных данных и современных реалий промысла нерки р. Камчатки, в ближайшие годы необходимо соблюдение следующих основных условий.

Во-первых, для компенсационных мероприятий, связанных с восполнением общей численности нерестового запаса нерки р. Камчатки, потребуется обеспечить ежегодный суммарный пропуск производителей нерки на нерестилища в бассейн этой реки на уровне не менее среднего целевого ориентира в количестве 460 тыс. экз., при максимальном уровне заполнения 850 тыс. экз. В таком случае есть надежда, что заполнение нерестилищ в течение нескольких лет в таком количестве (даже в условиях некоторого избыточного пропуска) позволит со временем выйти на верхний, наиболее благоприятный уровень воспроизводства стада нерки р. Камчатки.

Во-вторых, для обеспечения расширенного воспроизводства и восстановления в составе популяционного комплекса реки роли некоторых ныне депрессивных группировок различного популяционного статуса, в ходе путины необходимо будет организовать по возможности равномерный пропуск и последующее заполнение нерестилищ отдельными сезонными формами и локальными стадами нерки. Прежде всего, исходя из среднемноголетнего и, по-видимому, исторического соотношения ранней и поздней форм нерки р. Камчатки в составе стада в количестве 70:30 (см. рис. 16), потребуется обеспечить ежегодный пропуск на нерестилища производителей ранней формы в количестве не менее 320 тыс. экз. (70%), а поздней формы — ≥140 тыс. экз. (30%).

На основании результатов наших исследований, основной рекомендацией, направленной на обеспечение целевого ориентира пропуска и расширенного воспроизводства нерки р. Камчатки, является необходимость уменьшения интенсивности лова и осуществление оперативного контроля за промыслом этого стада. Одним из самых радикальных способов такого уменьшения явля-

ется сокращение общего количества орудий лова, ежегодно задействованных на промысле. Однако при существующей организации промысла тихоокеанских лососей в Камчатском крае сокращение орудий лова сопряжено с большими трудностями правового характера, поскольку всем пользователям рыболовные участки выделены на долгосрочной договорной основе. В такой ситуации снижение нагрузки на промысловую часть стада можно осуществить за счет следующих расширенных мер регулирования промысла: изменения сроков начала и окончания промысла; изменения режима проходных дней или введения дополнительных запретов на промышленный лов в отдельные, наиболее важные для пропуска производителей периоды нерестового хода; введения ограничений на размеры орудий лова; и т. п.

Очевидно, что для выполнения указанных условий необходима существенная корректировка ныне существующей стратегии промышленной эксплуатации нерки р. Камчатки, с учетом возможности повторения негативной ситуации с динамикой нерестовых подходов в бассейн этой реки, наблюдавшейся в 2017–2019 гг. [Современная стратегия промысла нерки р. Камчатки в общих чертах описана в разделе «Промысел нерки р. Камчатки в 2019 г.» настоящей статьи.] При этом в качестве основного ориентира для оперативного регулирования путины должен быть использован суммарный пропуск лососей на нерест в бассейн р. Камчатки. Для этого необходимо продолжение ежегодных мониторинговых гидроакустических учетов в пр. Азабачьей, а также проведение контрольного лова в научно-исследовательских целях (контрольные сплавы) на РЛУ № 820, 832 и 1136 в течение всего периода нерестового хода лососей (включая дни, определенные как проходные, а также в периоды введения временного запрета на промышленный лов).

Несмотря на то, что, в силу методических ограничений, в настоящее время гидроакустический мониторинг возможен только для бассейна оз. Азабачьего (Фадеев и др., 2019), как показали результаты генетической идентификации нерки из уловов морских ставных неводов в Камчатском заливе, полученные в 2019 г., в течение нерестового хода отсутствуют дифференцированные периоды с абсолютным доминированием какого-то одного локального стада нерки. Более того, не происходит и существенных преобразований в соотношении компонентов популяционной системы в подходах. То есть во время захода нерки в оз. Азабачье обеспечивается также и пропуск производителей на нерестилища, расположенные выше по течению р. Камчатки. С учетом этого, показатель пропуска в басс. оз. Азабачьего можно использовать как показатель общего (сумарного) пропуска нерки в басс. р. Камчатки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты полевых исследований, выполненных в нижнем течении и в устьевой области р. Камчатки и в прибрежных водах Камчатского залива в летний период 2018–2019 гг., а также анализ доступных многолетних данных позволили установить следующее.

Причиной специфических особенностей нерестового хода нерки р. Камчатки в 2019 г. (а также, по-видимому, и в предыдущие годы) не могли являться естественные факторы внешней среды, такие как морфологические изменения в устьевой области, неблагоприятные гидрометеорологические условия и гидробиологический фон в реке или в море, а также прочие внешние условия (сюда же следует отнести и такой внутрипопуляционный фактор, как состояние здоровья рыб).

Наиболее вероятной причиной задержки нерестового хода поздней формы нерки в р. Камчатку в июле 2018–2019 г. могло послужить снижение ее размерно-массовых показателей и связанная с этим физиологическая неготовность рыб к анадромной миграции. Это было вызвано неблагоприятными условиями морского нагула нерки в последние годы в связи с высокой численностью камчатской горбуши (возможно, в сочетании с какими-либо еще специфическими особенностями условий ее нагула в океане: климат, океанографические факторы и т. п.).

Другим не менее значимым внешним фактором, который повлиял на нарушение динамики нерестового хода нерки р. Камчатки в последние годы, являлся существующий режим промышленной эксплуатации ее нерестового запаса. А именно — общее увеличение промысловой нагрузки на нерестовую часть стада во время прибрежного промысла, что повлекло систематический недостаточный пропуск производителей на нерестилища в бассейн р. Камчатки (прежде всего, поздней формы нерки) и нарушение соотношения от-

дельных субпопуляционных группировок в общем составе стада.

Чтобы избежать повторения ситуации, которая сложилась с нерестовыми подходами и промыслом нерки р. Камчатки в 2018–2019 гг., в ближайшие годы потребуется пересмотреть общий подход к использованию ресурсов тихоокеанских лососей (в том числе нерки) в данном бассейне. Главная задача, которую необходимо будет решить: обеспечить расширенное воспроизводство популяций с достаточным заполнением структурных составляющих всех иерархических уровней, слагающих общий нерестовый фонд реки, даже с учетом достижения избыточного пропуска производителей в действующих популяционных комплексах.

Анализ полученных результатов позволил также наметить и задачи дальнейших исследований, необходимых, на наш взгляд, для улучшения понимания современной ситуации с состоянием запасов нерки бассейна р. Камчатки. Помимо обычных мониторинговых наблюдений, которые проводятся ежегодно сотрудниками КамчатНИРО в бассейне р. Камчатки (сбор промысловой и биологической статистики на предприятиях Усть-Камчатского района, мониторинг пропуска производителей в нижнем течении реки в режиме реального времени, авиаучетные работы на нерестилищах и т. д.), наиболее актуальными задачами дальнейших научно-исследовательских работ являются:

– продолжение специальных исследований с целью уточнения влияния промысла ставными неводами на особенности распределения и миграций тихоокеанских лососей в северной части Камчатского залива, а также на динамику их нерестового хода в р. Камчатку;

– продолжение и расширение специальных генетических исследований для более полного представления о популяционной структуре и оценки текущего вклада отдельных локальных стад, группировок и сезонных форм, из которых формируется общий нерестовый фонд и ежегодный подход производителей нерки в бассейн р. Камчатки;

– проведение специальных полевых наблюдений для выяснения возможного влияния хищников (прежде всего ларги) в нижнем течении и устьевой области р. Камчатки, а также в прибрежных водах Камчатского залива (в том числе в зоне действия ставных неводов), на общую численность стада нерки р. Камчатки;

– сбор полевых данных и специальные лабораторные гистологические исследования для оценки физиологического состояния рыб в подходах и готовности производителей нерки к анадромной миграции в р. Камчатку, а также определения влияния нарушений развития половых продуктов на репродуктивную способность стада;

– изучение возможного влияния изменений химического состава речной воды в результате вулканической деятельности на биологию лососей бассейна р. Камчатки (в том числе изменения условий среды обитания и продуктивности нагульных водоемов под действием пеплопадов, а также возможное нарушение активности половозрелых рыб во время анадромной миграции).

В качестве финального замечания необходимо еще раз напомнить, что ежегодный прогноз численности возвратов производителей нерки в бассейн р. Камчатки базируется на связи «родители–потомки», которая используется в модели типа «запас–пополнение» (Фельдман и др., 2016; Путинный.., 2019). Другими словами, от величины ежегодного пропуска производителей нерки в речной бассейн напрямую зависит численность ее возвратов в последующие несколько лет, которая, в свою очередь, является основой для определения объема рекомендованного вылова в эти годы. Известно, что в условиях крайне нестабильного воспроизводства популяции значительно увеличивается и вероятность ошибок при прогнозировании изменений ее общей численности и состояния промыслового запаса. [В случае с неркой р. Камчатки, по-видимому, так произошло в 2018 г., когда фактически ее вылов оказался почти в 1,5 раза ниже рекомендованного: 10,108 и 16,008 тыс. т соответственно (освоение 63,1%).] Очевидно, что если в ближайшие годы не будет организован рациональный промысел, который обеспечивал бы стабильное заполнение нерестилищ производителями нерки в бассейне р. Камчатки в пределах целевых ориентиров пропуска, вероятность подобных ошибок со временем может только возрастать.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем искреннюю благодарность Алексею Валерьевичу Мазуру, генеральному директору ООО «Соболь» (п. Усть-Камчатск), а также всему коллективу этого предприятия, — за техническое обеспечение исследований и всестороннюю по-

мощь при проведении наших полевых работ. Отдельная благодарность экипажу судна КЖ «Опричник» (судовладелец ООО «Соболь»), на котором выполнена основная часть наблюдений в Камчатском заливе.

Также выражаем благодарность: руководству Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») — за организационную поддержку и обеспечение исследований; всем сотрудникам лаборатории лососевых рыб (прежде всего, Н.Б. Артюхиной), лаборатории здоровья гидробионтов и лаборатории молекулярной генетики КамчатНИРО, участвовавшим в сборе, обработке, подготовке материалов; зав. отделом ТИНРО-Центра, к. б. н. Е.А. Шевлякову — за ценные советы и консультационную помощь при написании этой работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А.* 1973. Руководство по практическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеоиздат. 269 с.

*Андриевская Л.Д.* 1998. Условия формирования продукции поколений горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) (Salmonidae) в юго-западной части Берингова моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 4. С. 94–97.

Атлас — краткая характеристика гидрологического режима вод, омывающих Камчатку. 1970. Петропавловск-Камчатский: Петропавловская гидрометеорологическая обсерватория. 60 с.

*Базаркина Л.А.* 2007. Изменения в экосистеме озера Азабачье, вызванные извержениями вулканов Ключевской группы в 2001–2006 гг. / Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды. Матер. III Междунар. науч. конф. (17–22 сентября 2007 г.). Минск: БГУ. С. 83–84.

*Базаркина Л.А.* 2016. Влияние вулканических пеплопадов на состояние экосистемы озера Азабачье в 2006–2015 гг. / Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Матер. V Междунар. науч. конф. (12–17 сентября 2016 г.). Минск–Нарочь. Минск: БГУ. С. 44–46.

*Базаркина Л.А., Бугаев В.Ф., Базаркин Г.В., Свириденко В.Д.* 2012. Динамика гидробиологических процессов, определяющих кормовые условия молоди нерки в пелагиали оз. Азабачье в 2006–2010 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 24. С. 5–29.

*Бирман И.Б.* 1985. Морской период жизни и вопросы динамики стад тихоокеанских лососей. М.: Агропромиздат. 208 с.

*Брызгало В.А., Никаноров А.М., Косменко Л.С., Решетняк О.С.* 2015. Устьевые экосистемы крупных рек России: антропогенная нагрузка и экологическое состояние. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 164 с.

*Бугаев А.В.* 2014. Преднерестовые миграции тихоокеанских лососей в экономической зоне России. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 416 с.

*Бугаев А.В., Бугаев В.Ф., Погодаев Е.Г.* 2015. Возрастная и размерно-массовая структура локальных стад нерки *Oncorhynchus nerka* некоторых нагульно-нерестовых озер Камчатского края // Изв. ТИНРО. Т. 180. С. 3–38.

*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 А.В., Бугаев В.Ф., Погодаев Е.В.* 2015. Возрастная и размерно-масовая структура локальных стад нерки *Oncorhynchus nerka* некоторых нагульно-нерестовых озер Камчатского края // Изв. ТИНРО. Т. 180. С. 3–38.

*Бугаев В.Ф., Базаркина Л.А.* 2013. Влияние вулканизма на численность нерки *Oncorhynchus nerka* р. Камчатки // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Доклады XII–XIII междунар. науч. конф., 2011–2012 гг. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 52–66.

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

*Бурканов В.Н.* 1988. Современное состояние ресурсов морских млекопитающих на Камчатке / Рац. использование биоресурсов Камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский. С. 138–175.

*Бурканов В.Н.* 1990. Ларга (*Phoca larga*) прикамчатских вод и ее влияние на ресурсы. Автореф. дис. … канд. биол. наук. М. 26 с.

Вулканы Камчатки и Курильских островов. 2015. Спец. выпуск журнала «Вестник РФФИ». № 2. 105 с.

Гидрологические наблюдения и работы на гидрометеорологической сети в устьевых областях рек. 1993. Методические указания. РД 52.10.324–92. М.: Гидрометеоиздат. 183 с.

*Гончаров С.М., Попов С.Б.* 2011. Использование горизонтальной гидроакустической локации для количественной оценки рыб в условиях мелководья / Матер. I Всерос. конф. с междунар. участием «Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов». М.: АКВАРОС. С. 181–188.

*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.

*Горин С.Л., Коваль М.В.* 2019. Гидрологические процессы в эстуариях рек Ича и Крутогорова и в прилегающих водах Охотского моря в летний период // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 55. С. 146–173.

*Горин С.Л., Коваль М.В.* 2019а. Различные механизмы удлинения блокирующих аккумулятивных форм (кос) в лагунах Камчатки / Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях: Матер. V Всерос. науч. конф. с междунар. участием, объед. с XXXIV Пленарн. совещ. межвуз. науч.-коорд. совета по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 3–6 сентября 2019 г.). М.: Ленард. С. 164–167.

*Горин С.Л., Попрядухин А.А., Коваль М.В.* 2019. Гидрологические процессы в лагунно-русловом эстуарии в теплый период года (на примере устья реки Большая, Западная Камчатка) // Водн. ресурсы. Т. 46. № 1. С. 2–13.

*Дубынин В.А., Бугаев В.Ф.* 1988. Изменчивость качественных показателей смолтов нерки в связи с фертилизацией / Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки. Владивосток. С. 83–104.

*Карпенко В.И., Андриевская Л.Д., Коваль М.В.* 2013. Питание и особенности роста тихоокеанских лососей в морских водах. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 304 с.

*Коваленко М.Н.* 2005. Совершенствование лова лососевых рыб ставными неводами у побережья Камчатки. Автореф. дис. … канд. техн. наук. М.: ВНИРО. 26 с.

*Коваль М.В.* 2007. Кормовая база и особенности питания тихоокеанских лососей в прикамчатских водах Охотского и Берингова морей и в северной части Тихого океана. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. 24 с.

*Коваль М.В.* 2009. Особенности нагула и преднерестовых миграций тихоокеанских лососей в прикамчатских водах летом 2009 г. / Бюллетень № 4 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 150–158.

*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. // Бюллетень изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. № 13. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 222–228.

*Коновалов С.М.* 1980. Популяционная биология тихоокеанских лососей. Л.: Наука. 238 с.

*Корнев С.И.* 2019. Ларга (*Phoca larga*) и ее влияние на ресурсы тихоокеанских лососей в устье р. Озерной (охотоморское побережье Камчатки) в 2017–2018 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 54. С. 58–73.

*Куренков И.И.* 1975. Изменение биологической продуктивности озера под влиянием вулканического пеплопада / Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. Новосибирск: Наука. С. 127–130.

Лабораторный практикум по болезням рыб. 1983. Под ред. В.А. Мусселиус. М.: Лег. и пищ. пром-сть. 294 с.

*Лепская Е.В.* 1993. Влияние пепла вулкана Алаид на фитопланктон озера Курильского (Южная Камчатка) // Исслед. биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский. Вып. II. С. 21–24.

*Лепская Е.В., Могильникова Т.А., Шубкин С.В., Тепнин О.Б.* 2017. Первые риски промысла во время «красных приливов» у Восточной Камчатки // Лососевый бюллетень. № 12. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 106–112.

*Лепская Е.В., Свириденко В.Д., Горин С.Л., Маркевич Г.Н.* 2010. Предварительные данные о биогенном режиме эстуария р. Камчатки (озера Нерпичье, Култучное, протока Озерная, заливы–лагуны — Та-

хирские озера, на месте бывшего залива Тахирка) / Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Матер. XI Междунар. науч. конф. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 154–157.
*Лобанова Н.И.* 1989. Некоторые особенности режима устьевой области р. Камчатки // Тр. Дальневост. регион. науч.-исслед. ин-та (гидрологические исследования). Л.: Гидрометеоиздат. Вып. 142. С. 118–123.
*Лямин К.А.* 1949. Результаты мечения тихоокеанских лососей в Камчатском заливе // Изв. ТИНРО. Т. 29. С. 173–176.
*Лямин К.А., Рудакова В.А.* 1939. Наблюдение за подходами лососевых в зону ставных неводов р. Камчатки Усть-Камчатского района / Науч. отчет. Петропавловск-Камчатский. Архив КамчатНИРО. Инв. № 377. 39 с.
*Лямин К.А., Рудакова В.А.* 1944. Отчет Усть-Камчатского наблюдательного пункта Камчатской станции ВНИРО за путину 1943 г. (по теме № 4 «Характеристика хода лососей в р. Камчатку и в предустьевых районах моря») / Науч. отчет. Петропавловск-Камчатский. Архив КамчатНИРО. Инв. № 449. 40 с.
*Миловская Л.В.* 1991. К вопросу о выборе стратегии фертилизации Курильского озера // Исслед. биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа: Сб. науч. тр. КоТИНРО. Вып. 1. С. 18–31.
*Миловская Л.В., Селифонов М.М.* 1993. К вопросу о влиянии фосфора на трофику Курильского озера (Камчатка) // Исслед. биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа: Сб. науч. тр. КоТИНРО. Вып. 2. С. 25–36.
*Михайлов В.Н.* 1997. Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. М.: ГЕОС. 413 с.
*Миядзаки Т.* 1938. Влияние метеорологических и океанографических условий на лососевых, приплывающих на восточный берег Камчатки // Бюро рыболовства министерства сельского и лесного хоз-ва Японии. Т. 7. № 4. 125 с. (пер. с яп.)
МУК 3.2.988-00. 2015. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 49 с.
*Николаев А.С.* 1974. Некоторые результаты изучения распределения и миграций лососей в Камчатском и Озерном заливах // Изв. ТИНРО. Т. 90. С. 173–197.
*Николаев А.С.* 1977. Некоторые итоги изучения трасс движения взрослых лососей в Камчатском заливе // Вопр. ихтиологии. Т. 17. Вып. 1 (102). С. 148–158.
*Потуткин А.Г.* 2004. Миграции атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в прибрежном районе Белого моря и бассейна р. Варзуга. Дис. … канд. биол. наук. Мурманск: ПИНРО. 122 с.
Правила рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. 2019. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Приказ от 23 мая 2019 г. № 267). 130 с. (http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_326552).
Путинный прогноз (Тихоокеанские лососи – 2019). 2019. Владивосток: ТИНРО-Центр. 98 с.
Ресурсы поверхностных вод СССР. 1973. Л.: Гидрометеоиздат. Т. 20, Камчатка. 368 с.
Руководство по гидрологической практике. 2011. Т. 1. Гидрология: от измерений до гидрологической информации. ВМО–№ 168. 6-е изд. 514 с.
Руководство по гидрологической практике. 2012. Т. 2. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. ВМО–№ 168. 6-е изд. 324 с.
Руководство по химическому анализу морских и пресных вод (под ред. В.В. Сапожникова). 2003. М.: ВНИРО. 202 с.
*Салменкова Е.А.* 2016. Механизмы хоминга лососевых рыб // Успехи современной биологии. Т. 136. № 6. С. 593–607.
СанПиН 2.3.2.1078. 2001. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевые ценности пищевых продуктов. М.: Министерство здравоохранения РФ. 432 с.
*Сато Р.* 1937. Новые пути миграций, установленные при исследовании мечения рыб семейства лососевых в северной части Тихого океана в 1936 г. // Бюро рыболовства Министерства сельского и лесного хоз-ва Японии. Т. 6. № 4. 80 с. (пер. с яп.)
*Сато Р.* 1939. О результатах мечения лососей в северных водах Тихого океана в 1937–1938 гг. // Бюро водных продуктов Министерства сельского и лесного хоз-ва Японии. Т. 8. № 4. 35 с. (пер. с яп.)
Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. 1998. М.: Отдел маркетинга АМБАгро. Ч. 1. 310 с.
*Фадеев Е.С., Шевляков Е.А., Фельдман М.Г.* 2019. Комплексный мониторинг пропуска производите-

лей тихоокеанских лососей р. Камчатка в режиме реального времени // Изв. ТИНРО. Т. 197. С. 3–20.
*Фельдман М.Г., Шевляков Е.А., Артюхина Н.Б.* 2016. Оценка ориентиров пропуска 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.
*Храпченков Ф.Ф.* 2000. Структура Камчатского течения и его особенности // Метеорология и гидрология. № 3. С. 70–77.
*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 // Бюллетень изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. № 13. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 52–67.
*Шевляков Е.А., Золотухин С.Ф., Бугаев А.В., Винников А.В., Шевляков В.А., Травнин С.А.* 2006. Определитель основных источников травмирования тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО. 79 с.
*Шевляков Е.А., Фадеев Е.С.* 2015. Проблемы рационального рыболовства тихоокеанских лососей в бас. р. Камчатки и Камчатском заливе, меры управления // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 38. С. 5–28.
*Шульман Г.Е., Урденко С.Ю.* 1989. Продуктивность рыб Черного моря. Киев: Наукова думка. 188 с.
*Ясухара И.* 1932. Дрифтерный лов лососей в Камчатском заливе // «Суйсан», № 11 (пер. с яп.).
AFS-FHS FHS blue book: suggested procedures for the detection and identification of certain finfish and shellfish pathogens. 2010. AFS-FHS (American Fisheries Society-Fish Health Section). Bethesda. Maryland. 352 p.
*Dittman A.H., Quinn T. P.* 1996. Homing in Pacific salmon: mechanisms and ecological basis // J. Hxp. Biol. Vol. 199. P. 83–91.
*Fagerholm H.P.* 1982. Parasites of fish in Finland. VI. Nematodes // Inst. of Parasit., Abo Akademi: Acta Academiae Aboensis. Vol. 40. № 6. 128 p.
*Fish pathology Section Laboratory Manual.* 2009. Ed. by T.R. Meyers // Alaska Dep. Fish and Game. Spec. Publ. № 12. P. 1–19.
*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)
*Hosier A.D., Scholz A.T.* 1983. Olfactory imprinting and homing in salmon: investigations into the mechanism of the imprinting process. N.Y.: Springer Verlag. 137 p.
*Koval M.V., Gorin S.L.* 2019. The Role of environmental conditions in various types of estuaries for the productivity of Pacific salmon populations of Kamchatka // NPAFC Technical Rep. N 15 (The Second NPAFC–IYS Workshop on Salmon Ocean Ecology in a Changing Climate). Vancouver. Canada. P. 90–93.
NOAA protocols for fisheries acoustics surveys and related sampling. 2003. Advanced Sampling Technologies Working Group (accessed 15 January 2009). 129 p. (Available from http://reefshark.nmfs.noaa.gov/f/pds/publicsite/ documents/procedures/04–105–05.pdf)
*Ruggerone G.T., Connors B.M.* 2015. Productivity and life history of sockeye salmon in relation to competition with pink and sockeye salmon in the North Pacific Ocean // Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 72. P. 1–16.
*Simmonds J., MacLennan D.* 2005. Fisheries acoustics: theory and practice. Blackwell, Oxford, UK. 437 p.
*Thorstad E.B., Økland F., Aarestrup K., Heggberget T.G.* 2008. Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts // Rev. Fish. Biol. Fisheries. Vol. 18. P. 345–371.
*Wisby W.J., Hasler A.D.* 1954. Effect of olfactory occlusion on migrating silver salmon *(O. kisutch)* // J. Fish. Res. Board Can. Vol. 11. P. 472–478.

## REFERENCE

Alekin O.A., Semenov A.D., Skopintsev B.A. *Rukovodstvo po prakticheskomu analizu vod sushi* [Guide to Practical Analysis of Land Water]. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1973, 269 p.
Andrievskaya L.D. Conditions for the formation of production of generations of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) (Salmonidae) in the southwestern part of the Bering Sea. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 1998, vol. 4, pp. 94–97. (In Russian)
*Atlas — kratkaya kharakteristika gidrologicheskogo rezhima vod, omyvayushchikh Kamchatku* [Atlas is a brief description of the hydrological regime of the waters surrounding Kamchatka]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Petropavlovsk Hydrometeorological Observatory, 1970, 60 p.
Bazarkina L.A. Changes in the ecosystem of Lake Azabachye caused by the volcanic eruptions of the Kly-

uchevskoy group in 2001–2006. *Lake ecosystems: biological processes, anthropogenic transformation, water quality. Mater. III Int. scientific. conf. (September 17–22, 2007*). Minsk: BSU, 2007, pp. 83–84. (In Russian)

Bazarkina L.A. Effect of volcanic ash falls on the state of ecosystem Lake Azabachye in 2006–2015. *Lake ecosystems: biological processes, anthropogenic transformation, water quality. Mater. V Int. scientific. conf. (September 12–17, 2016*). Minsk: BSU, 2016, pp. 44–46. (In Russian)

Bazarkina L.A., Bugaev V.F., Bazarkin G.V., Sviridenko V.D. Dynamics of hydrobiological processes, determining conditions of juvenile sockeye salmon feeding in pelagic zone of Azabachye Lake in 2006–2010. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2012, vol. 24, pp. 5–29. (In Russian with English abstract)

Birman I.B. *Morskoy period zhizni i voprosy dinamiki stad tikhookeanskikh lososey* [Ocean Period of Life and Issues of Dynamics of the Far Eastern Salmon]. Moscow: Agropromizdat, 1985, 208 p.

Bryzgalo V.A., Nikanorov A.M., Kosmenko L.S., Reshetnyak O.S. *Ustievyye ekosistemy krupnykh rek Rossii: antropogennaya nagruzka i ekologicheskoye sostoyaniye* [Estuarine ecosystems of large rivers of Russia: anthropogenic load and environmental condition]. Rostov-on-Don: Publishing House of the Southern Federal University, 2015, 164 p.

Bugaev A.V. Prednerestovyye migratsii tikhookeanskikh lososey v ekonomicheskoy zone Rossii / [*Prespawning migrations of pacific salmon in the exclusive economic zone of Russia*]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2014, 416 p.

Bugaev A.V., Bugaev V.F., Pogodaev E.G. Age and length-weight structure of local stocks of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* in some feeding-spawning lakes of Kamchatka Region. *Izvestiya TINRO*, 2015, vol. 180, pp. 3–38. (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.

Bugaev V.F., Bazarkina L.A. Effect of volcanism on the abundance of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* p. Kamchatka. "*Sokhranenie i bioraznoobrazie Kamchatki i prilegayushchikh morey"* [Materials of XII–XIII scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2013, pp. 52–66. (In Russian)

Bugaev 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.

Burkanov V.N. Modern state of marine mammals resources on Kamchatka. Rational use of Kamchatka shelf biore-sources. Petropavlovsk-Kamchatsky, 1988, pp. 138–176. (In Russian)

Burkanov V.N. *Larga (Phoca largha) prikamchatskikh vod i eye vliyaniye na resursy lososey. Avtoreferat discertacii kandidata biologicheskih nauk* [Larga (*Phoca largha* Rall.) in Kamchatka Waters and Its Influence on Salmon Resource. Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Moscow, 1990, 26 p.

Volcanoes of Kamchatka and the Kuril Islands. *Special. issue of the RFBR Bulletin magazine*, 2015, no. 2, 105 p. (In Russian)

*Gidrologicheskiye nablyudeniya i raboty na gidrometeorologicheskoy seti v ust'yevykh oblastyakh rek* [Hydrological observations and work on the hydrometeorological network in the estuarine areas of rivers]. Methodical instructions, RD 52.10.324–92, Moscow: Gidrometeoizdat, 1993, 183 p.

Goncharov S.M., Popov S.B. Use of horizontal hydroacoustic location for quantitative assessment of fish in shallow water conditions. *Mater. I All-Russia conf. with int. participation "Current state of biological resources of inland water bodies"*. Moscow: AQUAROS, 2011, pp. 181–188. (In Russian)

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 with English abstract)

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 re-*

*sources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2014, vol. 32, pp. 79–88. (In Russian with English abstract)

Gorin S.L., Koval M.V. Summer hydrological processes in the estuaries of the Rivers Icha and Krutogorova and Adjacent Waters of the Sea of Okhotsk. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2019, vol. 55, pp. 146–173. (In Russian with English abstract)

Gorin S.L., Koval M.V. Various mechanisms of lengthening of blocking accumulative forms (braids) in the lagoons of Kamchatka. *The manifestation patterns of erosion and fluvial processes under various environmental conditions: The Proceedings of the V All-Russian Scientific Conference with International Participation and the XXXIV plenary meeting of the Interuniversity Research Coordination Problem Council on Soil Erosion and Fluvial Processes*. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 3–6 September, 2019, pp. 164–167. (In Russian)

Gorin S.L., Popryadukhin A.A., Koval M.V. Hydrological processes in a lagoon-channel estuary in the warm season: case study of the mouth of the Bolshaya R., Western Kamchatka. *Water Resources*, 2019, vol. 46, no. 1, pp. 2–13.

Dubynin V.A., Bugaev V.F. Variability of qualitative indicators of sockeye salmon smolts in connection with fertilization. *Problemy fertilizatsii lososevykh ozer Kamchatki* [Problems of fertilization of salmon lakes in Kamchatka]. Vladivostok, 1988, pp. 83–104.

Karpenko V.I., Andrievskaya L.D., Koval M.V. *Pitanie i osobennosti rosta tihookeanskih lososej v morskih vodah* [The feeding and the features of the growth of Pacific salmon in the sea waters]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2013, 304 p.

Kovalenko M.N. *Sovershenstvovaniye lova lososevykh ryb stavnymi nevodami u poberezhia Kamchatki. Avtoreferat discertacii kandidata tekhnicheskih nauk* [Improvement of salmon fishing with fixed nets off the coast of Kamchatka. Extended Abstract of Cand. Sci. (Tekhn) Dissertation]. Moscow: VNIRO, 2005, 26 p.

Koval M.V. Kormovaya baza i osobennosti pitaniya tikhookeanskikh lososey v prikamchatskikh vodakh Okhotskogo i Beringova morey i v severnoy chasti Tikhogo okeana. *Avtoreferat discertacii kandidata biologicheskih nauk* [Food supply and feeding habits of Pacific salmon in the Kamchatka waters of the Okhotsk and Bering Seas and in the northern part of the Pacific Ocean. Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU, 2007, 24 p.

Koval M.V. Features of feeding and pre-spawning migrations of Pacific salmon in the Kamchatka waters in the summer of 2009. *Bulletin of Pacific salmon studies in Far East*, Vladivostok: TINRO-Centr, 2009, vol. 4, pp. 150–158. (In Russian)

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. *Bulletin of Pacific salmon studies in Far East*, Vladivostok: TINRO-Centr, 2018, vol. 13, pp. 222–228. (In Russian)

Konovalov S.M. *Populyatsionnaya biologiya tikhookeanskikh lososey* [Population Biology of Pacific Salmon]. Leningrad: Nauka, 1980, 238 p.

Kornev S.I. Largha Seal (*Phoca Largha*) and its influence on pacific salmon resources in the mouth of Ozernaya River (The Okhotsk Sea Coast of Kamchatka) in 2017–2018. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2019, vol. 54, pp. 58–73. (In Russian with English abstract)

Kurenkov I.I. Changes in the biological productivity of the lake under the influence of volcanic ashfall. *Krugovorot veshchestva i energii v ozernykh vodoyemakh* [The cycle of matter and energy in lake water bodies]. Novosibirsk: Nauka, 1975, pp. 127–130.

Musselius M. (Ed.) *Laboratornyy praktikum po boleznyam ryb* [Laboratory workshop on fish diseases]. Moscow, 1983, 294 p.

Lepskaya E.V. Influence of the ash of the Alaid volcano on phytoplankton of the Kuril Lake (South Kamchatka). *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 1993, vol. 2, pp. 21–24. (In Russian)

Lepskaya E.V., Mogilnikova T.A., Shubkin S.V., Tepnin O.B. The first risks of fishing during the "red tides" off Eastern Kamchatka. *Bulletin of Pacific salmon studies in Far East*, Vladivostok: TINRO-Centr, 2017, vol. 12, pp. 106–112. (In Russian)

Lepskaya E.V., Sviridenko V.D., Gorin S.L., Markevich G.N. Preliminary data on the biogenic regime of the estuary of the R. Kamchatka (Lakes Nerpichye, Kultuchnoye, Ozernaya channel, bay-lagoons – Takhir lakes, on the site of the former Takhirka Bay). *"Sokhranenie i bioraznoobrazie Kamchatki i prilegayushchikh morey"* [Materials of XI scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka

and coastal waters"]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2010, pp. 154–157. (In Russian)

Lobanova N.I. Some features of the regime of the mouth area of the river Kamchatka. *Tr. Dalnevost. region. scientific research. Institute (hydrological research)*, 1989, issue 142, pp. 118–123. (In Russian)

Lyamin K.A. Results of tagging Pacific salmon in Kamchatka Bay. *Izvestiya TINRO*, 1949, vol. 29, pp. 173–176. (In Russian)

Lyamin K.A., Rudakova V.A. *Nablyudeniye za podkhodami lososevykh v zonu stavnykh nevodov R. Kamchatki Ust-Kamchatskogo rayona* [Observation of the approaches of salmon to the zone of fixed seines of the river. Kamchatka, Ust-Kamchatka region]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Arhiv KamchatNIRO, 1939, № 377, 39 p.

Lyamin K.A., Rudakova V.A. *Otchet Ust-Kamchatskogo nablyudatel'nogo punkta Kamchatskoy stantsii VNIRO za putinu 1943 g. (po teme № 4 "Kharakteristika khoda lososey v R. Kamchatku i v predust'yevykh rayonakh moray")* [Report of the Ust-Kamchatsky observation post of the Kamchatka station VNIRO for the fishing season of 1943 (on topic No. 4 "Characteristics of the movement of salmon in the Kamchatka river and in the pre-estuarine areas of the sea")]. Petropavlovsk-Kamchatsky: Arhiv KamchatNIRO, 1944, № 449, 40 p.

Milovskaya L.V. The Question of Choosing a Fertilization Strategy at Kurilskiy Lake. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 1991, vol. 1, pp. 18–31. (In Russian)

Milovskaya L.V., Selifonov M.M. To the question of the influence of phosphorus on the trophism of the Kuril Lake (Kamchatka). *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 1993, vol. 2, pp. 25–36. (In Russian)

Mikhailov V.N. Ust'ya rek Rossii i sopredelnykh stran: proshloye, nastoyashcheye i budushcheye [Mouths of rivers in Russia and neighboring countries: past, present and future]. Moscow: GEOS, 1997, 413 p.

Miyazaki T. Influence of meteorological and oceanographic conditions on salmon arriving to the eastern coast of Kamchatka. *Fishery Bureau of the Ministry of Agriculture and Forestry of Japan*, 1938, vol. 7, no. 4, 125 p. (In Russian)

MUK 3.2.988-00. Methods of sanitary and parasitological examination of fish, molluscs, crustaceans, amphibians, reptiles and products of their processing. *Methodological guidelines.* Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2015, 49 p.

Nikolayev A.S. Some results of studying the distribution and migration of salmon in Kamchatka and Ozerny Bays. *Izvestiya TINRO*, 1974, vol. 90, pp. 173–197. (In Russian)

Nikolayev A.S. Some results of studying the routes of adult salmon in the Kamchatka Bay. *Voprosy ihtiologii*, 1977, vol. 17, issue 1 (102), pp. 148–158. (In Russian)

Potutkin A.G. *Migratsii atlanticheskogo lososya (Salmo salar L.) v pribrezhnom rayone Belogo morya i basseyna R. Varzuga. Avtoreferat discertacii kandidata biologicheskih nauk.* [Migration of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the coastal area of the White Sea and the Varzuga. Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Murmansk: PINRO, 2004, 122 p.

Fishing rules for the Far Eastern fishery basin. *Ministry of Agriculture of the Russian Federation* (Order No. 267 dated May 23, 2019), 2019, 130 p. (In Russian) (available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_326552)

Pacific Salmon – 2019. *Fishery Forecast*. Vladivostok, 2019, 98 p. (In Russian)

Surface water resources of the USSR. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1973, vol. 20, Kamchatka, 368 p. (In Russian)

Guide to Hydrological Practice. Vol. 1. Hydrology: from measurements to hydrological information. WMO, 2011, no. 168, 6th ed, 514 p. (In Russian)

Guide to Hydrological Practice. Vol. 2. Water resources management and practice of application of hydrological methods. WMO, 2012, no. 168, 6th ed. 324 p. (In Russian)

Manual for the chemical analysis of sea and fresh waters (Ed. V.V. Sapozhnikov). Moscow: VNIRO, 2003, 202 p.

Salmenkova E.A. Mechanisms of salmon's homing. Uspekhi sovremennoy biologii, 2016, vol. 136, no. 593–607. (In Russian)

SanPiN 2.3.2.1078. Food raw materials and food products. Hygienic safety requirements and nutritional values of food products. Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation, 2001, 432 p. (In Russian)

Sato R. New migration routes established during the study of fish tagging of the salmon family in the North Pacific Ocean in 1936. *Fisheries Bureau of the Ministry of Agriculture and Forestry of Japan*, 1937, vol. 6, no. 4, 80 p. (In Russian)

Sato R. On the results of salmon tagging in the northern waters of the Pacific Ocean in 1937–1938. *Bureau*

*of Aquatic Products of the Ministry of Agriculture and Forestry of Japan*, 1937, vol. 8, no. 4, 35 p. (In Russian)

Collection of instructions for combating fish diseases. 1998. Moscow: Marketing Department AMBagro. Ch. 1, 1998, 310 p. (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 parameners 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 with English abstract)

Khrapchenkov F.F. The structure of the Kamchatka current and its features. *Meteorology and Hydrology*, 2000, no. 3, pp. 70–77.

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., Zolotukhin S.F., Bugayev A.V., Vinnikov A.V., Shevlyakov V.A., Travin S.A. *Opredelitel osnovnykh istochnikov travmirovaniya tikhookeanskikh lososey* [Identifier of the main sources of injury to Pacific salmon]. Moscow: VNIRO, 2006, 79 p.

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)

Shulman G.E., Urdenko S.Yu. *Produktivnost ryb Chernogo morya* [Productivity of Black Sea Fish]. Kiev: Naukova Dumka, 1989, 188 p.

Yasukhara I. Drift-net salmon fishing in Kamchatka Bay. *Suisan*, 1932, no. 11.

AFS-FHS FHS blue book: suggested procedures for the detection and identification of certain finfish and shellfish pathogens. 2010. AFS-FHS (American Fisheries Society-Fish Health Section). Bethesda. Maryland. 352 p.

Dittman A.H., Quinn T.P. Homing in Pacific salmon: mechanisms and ecological basis. J. *Hxp. Biol.*, 1996, vol. 199, pp. 83–91.

Fagerholm H.P. Parasites of fish in Finland. VI. Nematodes. Inst. of Parasit., Abo Akademi: Acta Academiae Aboensis, 1982, vol. 40, no. 6, 128 p.

Fish pathology Section Laboratory Manual. Ed. by T.R. Meyers. *Alaska Dep. Fish and Game. Spec. Publ.*, 2009, no. 12, pp. 1–19.

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

Hosier A.D., Scholz A.T. Olfactory imprinting and homing in salmon: investigations into the mechanism of the imprinting process. N.Y.: Springer Verlag, 1983, 137 p.

Koval M.V., Gorin S.L. The Role of environmental conditions in various types of estuaries for the productivity of Pacific salmon populations of Kamchatka. *NPAFC Technical Rep. N 15 (The Second NPAFC–IYS Workshop on Salmon Ocean Ecology in a Changing Climate*), 2019, Vancouver. Canada, pp. 90–93.

NOAA protocols for fisheries acoustics surveys and related sampling. 2003. Advanced Sampling Technologies Working Group (accessed 15 January 2009). 129 p. (Available from ttp://reefshark.nmfs.noaa.gov/f/pds/publicsite/ documents/procedures/04–105–05.pdf)

Ruggerone G.T., Connors B.M. Productivity and life history of sockeye salmon in relation to competition with pink and sockeye salmon in the North Pacific Ocean. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 2015, vol. 72, pp. 1–16.

Simmonds J., MacLennan D. Fisheries acoustics: theory and practice. Blackwell, Oxford, UK, 2005, 437 p.

Thorstad E.B., Økland F., Aarestrup K., Heggberget T.G. Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. *Rev. Fish. Biol. Fisheries*, 2008, vol. 18, pp. 345–371.

Wisby W.J., Hasler A.D. Effect of olfactory occlusion on migrating silver salmon (*O. kisutch*). *J. Fish. Res. Board Can.*, 1954, vol. 11, pp. 472–478.

Статья поступила в редакцию: 25.02.2020
Статья принята после рецензии: 18.03.2020