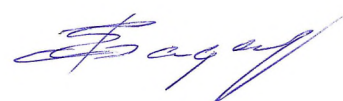


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»
ФГБНУ «ВНИРО»
Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»)

На правах рукописи



Фадеев
Евгений Сергеевич

**БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОМЫСЛА
СТАД НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA*
РЕК КАМЧАТКА И ОЗЕРНАЯ (КАМЧАТКА)**

Специальность: 1.5.13 — ихтиология

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:
д.б.н., А.В. Бугаев

Петропавловск-Камчатский — 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. Литературный обзор.....	11
1.1. Биологическая характеристика вида	11
1.1.1. Жизненный цикл	11
1.1.1.1. Воспроизводство.....	15
1.1.1.2. Пресноводный нагул.....	18
1.1.1.3. Морской/океанический нагул.....	20
1.1.1.4. Анадромная миграция	25
1.1.2. Особенности биологии крупнейших азиатских стад	28
1.1.2.1. Стадо нерки р. Камчатка.....	30
1.1.2.2. Стадо нерки р. Озерной.....	32
1.2. Физико-географическая характеристика районов исследования.....	35
1.2.1. Бассейн р. Камчатка.....	35
1.2.2. Бассейн р. Озерной.....	41
1.3. Гидроакустические исследования в рыбохозяйственной науке ..	43
Глава 2. Материалы и методы исследований.....	51
Глава 3. Многолетняя динамика численности производителей нерки рек Камчатка и Озерная	66
3.1. Промысел.....	66
3.2. Нерестовый запас	74
3.3. Подходы к устьям рек.....	81
Глава 4. Комплексный мониторинг пропуска производителей нерки на нерестилища в период анадромных миграций	84
4.1. Стадо нерки р. Озерной.....	85
4.2. Стадо нерки р. Камчатка.....	90
Глава 5. Биологические принципы управления запасами вида.....	107
5.1. Стадо нерки р. Камчатка.....	108

5.1.1. Прогнозирование динамики численности.....	108
5.1.2. Регулирование промысла	111
5.2. Стадо нерки р. Озерной.....	114
5.2.1. Прогнозирование динамики численности.....	114
5.2.2. Регулирование промысла	117
Выводы.....	118
Список литературы.....	120

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Нерка *Oncorhynchus nerka* Walbaum относится к одному из наиболее ценных видов тихоокеанских лососей. В азиатской части ареала более 95 % запасов вида сосредоточено на Камчатке. Крупнейшие по численности камчатские стада воспроизводятся в бассейнах рек Камчатка и Озерная. По современным данным (2011–2020 гг.) в указанных водных объектах в среднем ежегодно добывали соответственно около 9 и 22 тыс. т производителей нерки. Это составляет порядка 80–90 % общего вылова вида на Камчатке. Поэтому рациональное использование столь значимых биологических ресурсов требует особого подхода при организации мониторинга для управления их промыслом.

История системного изучения нерки Камчатки берет начало с 1940-х гг. На базе накопленных многолетних данных об основных этапах жизненного цикла камчатской нерки строится система рационального использования ресурсов ее крупнейших локальных стад. Важнейшим элементом управления промыслом является обеспечение достаточного уровня численности производителей на нерестилищах для поддержания стабильного воспроизводства и рыболовства.

Представленная в работе система биологического мониторинга — это часть мер по обеспечению контроля пропуска производителей на нерест. Выполнение данной задачи необходимо для прогнозирования численности стад нерки рек Камчатка и Озерная, а также для оперативного регулирования их промысла. Разработанные комплексные методики для проведения учетных работ и оценки биологического состояния производителей непосредственно в течение путины являются основой научно-прикладного направления исследований, представленных в настоящей диссертационной работе.

Степень разработанности выбранной темы. Основные аспекты общей и популяционной биологии, а также динамики численности вида описаны в многочисленных научных публикациях камчатских исследователей (Крогиус, 1958, 1960, 1961, 1983; Егорова, 1970, 1977; Коновалов, 1971; Селифонов, 1975, 1988а, б; Крогиус и др., 1987; Бугаев, 1986, 1995, 2011; Бугаев, Дубынин, 2002;

Бугаев В.Ф. и др., 2009; Пильганчук и др., 2010, 2012; Дубынин, 2012; Бугаев А.В. и др., 2015). Значительная часть представленных научно-исследовательских работ посвящена именно нерке рек Камчатка и Озерная.

В процессе изучения динамики численности тихоокеанских лососей, и, в частности, нерки, возникает необходимость учета количества производителей во время анадромного хода в реках. Одним из самых первых методов решения этой задачи был пеший обход нерестилищ (Крохин, Крогиус, 1937; Абрамов, 1942). Для исследования нерестилищ в 1950 г. в Камчатском отделении ТИНРО впервые стали использовать авиацию (Крогиус, 1955). В основном обследования велись с борта вертолётa, но также использовали самолёты «АН-2».

Применение гидроакустической аппаратуры для решения этой задачи началось в 80-х гг. прошлого века, когда ученые проводили исследования по оценке численности тихоокеанских лососей в реках Фрейзер и Мишен (США) (Cheng et al., 1991; Levy et al., 1991). В настоящее время там активно применяют гидроакустический метод (Conrad et al., 2019). В России предшественниками учётных работ явились исследования А.С. Николаева в 1960-х гг. Изначально его работы были ориентированы на морские акватории, прилегающие к полуострову (Николаев, 1968, 1970а, б). Позже, во второй половине 1970-х гг., работы с использованием гидроакустической аппаратуры были им переориентированы на внутренние водоемы Камчатки.

Гидроакустический счётчик использовался для изучения биологии и динамики численности анадырской кеты С.В. Путивкиным (1999). В конце 1990-х – начале 2000-х гг. при гидроакустических исследованиях в озерах Камчатки сотрудники КамчатНИРО применяли однолучевой цифровой эхолот DT4000 (BioSonics Inc., США). Позже гидроакустические исследования для изучения распределения рыб в пойменно-русловой системе Нижнего Иртыша с помощью комплекса «NetCor» проводил Э.С. Борисенко (2013).

В 2010 г. получен первый опыт внедрения гидроакустического комплекса горизонтального зондирования («NetCor») в бассейне р. Озерной с целью подсчёта производителей нерки (Дегтев, 2010). В 2012 г. работы были

продолжены автором диссертации. В 2017–2019 гг. работы по гидроакустической регистрации производителей нерки в бассейне этой реки проводили сотрудники лаборатории промышленного рыболовства КамчатНИРО. Материалы этих работ использованы в данной работе.

Работы по изучению анадромной миграции и динамики численности тихоокеанских лососей гидроакустическим методом в р. Камчатка были проведены впервые.

Цель работы – дать оценку современного состояния запасов крупнейших азиатских стад нерки рек Озерная и Камчатка и разработать основные принципы эффективного управления их промыслом.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи** в исследуемых водоёмах:

1. Проанализировать современное состояние нерки стад рек Камчатка и Озерная;
2. Выявить особенности преднерестовой миграции нерки;
3. Разработать методики мониторинга пропуска производителей нерки;
4. Применить результаты исследований для оценки динамики хода производителей нерки;
5. Оценить роль биологического мониторинга в прогнозировании динамики численности нерки;
6. Разработать стратегию управления промыслом нерки.

Научная новизна. В результате применения специального гидроакустического комплекса получены оценки численности производителей нерки, мигрирующих на нерестилища бассейнов рек Камчатка и Озерная. Данные гидроакустического учета рыб сопоставляли с оценками их численности, полученными в результате аэровизуальных наблюдений на нерестилищах оз. Азабачье (нижнее течение р. Камчатка) и при прохождении через рыбоучетное заграждение (РУЗ) (исток р. Озерной). Это позволило разработать и опробовать оригинальный комплексный метод контроля пропуска производителей нерки на нерестилища рек Камчатка и Озерная, который был подтвержден результатами традиционного учета. В бассейне

р. Камчатка впервые применена математическая модель, отражающая связи промысловых усилий (суточные уловы нерки) на контрольной станции в нижнем течении реки с численностью производителей, пропущенных выше по течению в бассейн реки. Это позволило расширить исследовательский потенциал для оценки нерестового фонда нерки, воспроизводящейся в наиболее крупном водном бассейне Камчатского края — р. Камчатка.

Теоретическая и практическая значимость работы. Использование гидроакустического метода как инструмента исследования позволило выявить особенности анадромной миграции нерки в реках Камчатка и Озерная, суточную и сезонную динамику хода, пространственное распределение в створе рек. С помощью комплексного метода контроля пропуска в режиме реального времени можно получать оперативные оценки обилия лососей, мигрирующих вверх по течению рек Камчатка и Озерная, что дает возможность решать задачи оперативного регулирования промысла в указанных водных объектах.

Данный метод, в различных модификациях, может найти своё применение на других, в том числе крупных, водотоках, в обширных бассейнах которых проблематично получать прямые тотальные оценки пропуска производителей тихоокеанских лососей. Это даст возможность дальнейшего расширения наших представлений о динамике их запасов в Камчатском крае.

Методология и методы диссертационного исследования. В основу методологии проведённых исследований положены данные, полученные с помощью гидроакустических комплексов горизонтального зондирования «NetCor» (ООО «Промгидроакустика») и «DT-X» (BioSonics Inc.), а также результаты авиаучётных работ и контрольных обловов. Изучение особенностей внешнего строения, размерно-возрастной структуры производителей тихоокеанских лососей проводили с использованием стандартных ихтиологических методов (Правдин, 1966).

Положения, выносимые на защиту.

1. Применение гидроакустических комплексов в крупных и средних камчатских реках позволяет дистанционно изучать особенности миграции

тихоокеанских лососей, определять их численность, суточную динамику, распределение в потоке, скорость и интенсивность перемещений.

2. Имеется высокая связь между динамикой уловов на усилие и результатами гидроакустической регистрации лососей, что дает возможность использовать данные контрольного лова для ежедневной оценки численности заходящих в реки на нерест производителей с достаточной степенью точности. Оценка пропуска производителей в реки, получаемая в режиме реального времени, позволяет формировать эффективные управленческие решения, которые являются основой при управлении промыслом естественных популяций тихоокеанских лососей.

Апробация работы. Результаты научных исследований были представлены на отчетных сессиях КамчатНИРО (2014, 2015, 2017, 2019 гг.), на V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса» (г. Москва, 2017 г.), на Третьей международной научной школе молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвященной 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина «Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире» (г. Москва – г. Звенигород, 2018 г.). В 2019 г. материалы работы были представлены и отмечены как лучшие на «III Международном форуме и Выставке рыбной индустрии, морепродуктов и технологий» в г. Санкт-Петербург.

Степень достоверности результатов. Достоверность исследования подтверждена большим объемом обработанного материала. Оценка пропуска производителей тихоокеанских лососей на нерестилища проводилась с использованием различных гидроакустических комплексов («DT-X» (BioSonics Inc.), NetCor (ООО «Промгидроакустика»)). Результаты обрабатывались в специализированных программах «NetCor. Обработка» и «EchoView». Результаты гидроакустического учета производителей в режиме реального времени тестировались результатами визуального учета рыб с беспилотных и пилотируемых летательных аппаратов, пеших учетов, на рыбоучетных заграждениях.

Личный вклад автора. В 2012 г. автор осуществлял проведение полевых работ в бассейне р. Озерной. В период с 2013 по 2019 г. автором лично были проведены работы по учету численности нерки гидроакустическим способом в бассейне р. Камчатка, а также работы на контрольном рыболовном участке за все время исследований, представленных в диссертации. Участвовал в разработке методологии гидроакустических исследований, внедрении метода на исследуемых полигонах, камеральной обработке полученных материалов, проводил анализ и обобщение полученных материалов. Принимал непосредственное участие в подготовке всех опубликованных по материалам диссертации статей.

Публикации. Непосредственно по теме диссертации опубликовано 10 работ, 4 из них – статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК (переводная версия одной статьи вошла в базу данных Scopus), 6 – в материалах международных симпозиумов и конференций, отечественных научных изданиях.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа изложена на 148 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 5 глав, выводов, библиографического списка, который включает 272 работы, в том числе 86 – иностранных авторов. Работа иллюстрирована 66 рисунками, содержит 7 таблиц.

Благодарности. Выражаю глубокую признательность за постановку научной задачи, советы и консультации научному руководителю диссертационной работы д.б.н. А.В. Бугаеву. За помощь в разработке идеи и последующей её реализации — к.б.н. Е.А. Шевлякову. Отдельно выражаю благодарность за неоценимую помощь в разработке математических моделей к.б.н. М.Г. Фельдману. Благодарю всех сотрудников КамчатНИРО, обеспечивавших регулярное проведение биологических анализов производителей лососей из уловов рыбоперерабатывающих предприятий Усть-Камчатского муниципального района (пос. Усть-Камчатск), и отдельно О.В. Зикунову, Г.Н. Лагутину, А.Н. Кузнецову, Е.В. Воронову, Д.С. Швецову за оперативное

предоставление необходимой информации. Выражаю благодарность сотрудникам, выполнявшим авиаобследования нерестилищ тихоокеанских лососей в бассейне р. Камчатка, – И.Н. Кирееву, С.В. Шубкину, А.М. Бирюкову, а также сотруднику научного наблюдательного пункта «Азабачинский» С.А. Петрову.

Признателен сотрудникам биостанции «Радуга» федерального государственного бюджетного учреждения науки (ФГБУН) «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения российской Академии наук (ДВО РАН) и лично М.Н. Ковалеву и к.б.н. В.А. Паренскому за предоставление помощи в организации исследований на начальном этапе работ.

Благодарю к.т.н. А.И. Дегтева (ООО «Промгидроакустика»), разработчика гидроакустического комплекса «NetCor», за оперативную работу по совершенствованию программного обеспечения комплекса, методическую и иную поддержку.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Биологическая характеристика вида

1.1.1. Жизненный цикл

Нерка (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) — один из видов тихоокеанских лососей, который имеет большое промысловое значение, является третьим по численности из шести видов тихоокеанских лососей после горбуши (*O. gorbuscha*) и кеты (*O. keta*).

Нерка, как и все виды тихоокеанских лососей, относится к анадромным рыбам. Вид характеризуется длительным пресноводным и морским/океаническим периодом жизни.

Считается, что нерка, наряду с другими представителями этого рода, произошла от рода *Salmo* (Neave, 1958; Foerster 1968; Hoar, 1976). Это произошло во время серии географических изоляций вокруг северной границы Тихого океана при колебании уровня океана в начале плейстоценового периода. Среди исследователей существуют разногласия относительно вероятной последовательности происхождения видов *Oncorhynchus*, их относительного эволюционного статуса и степени их специализации (Thorpe et al., 1982). По современным молекулярным филогенетическим методам Л.А. Животовский (2015) уточнил картину филогенеза лососёвых рыб, изначально созданную на основе изучения морфологических признаков (рис. 1.1). Монофилетические линии лососеобразных (*Salmoniformes*) формируются в середине мелового периода. Они, как и линии щукообразных (*Esociformes*), значительно удалены от ближайших таксонов филума *Euteleostei* (Осинов, Лебедев, 2004; Santini et al., 2009; Broughton et al., 2010, 2013; Alexandrou et al., 2013; и др.).

Начало эволюционной истории *Salmonidae* произошло в конце палеоцена — начале эоцена. Здесь возникли их основные крупные таксоны: сиговые (*Coregoninae*), хариусовые (*Thymallinae*) и лососёвые (*Salmoninae*). Подсемейство *Salmoninae* происходит от вымершего рода *Eosalmo*. Первый обнаруженный

которые привели к фрагментированию побережья и способствовали большей изоляции и более высоким темпам филогенетических преобразований и видообразования (Montgomery, 2000; Животовский, 2015).

Нерка обладает характерными анатомическими, физиологическими и поведенческими характеристиками, отличающими ее от других видов тихоокеанских лососей. Имеет ярко выраженный хоминг. Кроме этого, отдельные стада нерки во время нагула в океане тяготеют к «своим» водным массам.

Нерка характеризуется сложной популяционной структурой. Образует множество четко выраженных локальных стад, дифференцированных на более мелкие структурные компоненты, такие как сезонные расы, субпопуляции и демы. Также имеются популяции жилой нерки – кокани, жизненный цикл которой проходит в озерах как на североамериканском, так и на азиатском континентах (Коновалов, 1971, 1980; Смирнов, 1975; Бирман, 1985; Burgner, 1991; Бугаев, 1995). По характеру нереста различают лимнофильную и реофильную форму нерки (Черешнев и др., 2002).

Скорость роста и размер тела созревающей нерки не демонстрируют таких показателей, как у кижуча или горбуши, которые созревают и возвращаются в пресную воду после одной зимовки в океане.

Наиболее заметной отличительной чертой нерки среди других видов тихоокеанских лососей является особая трансформация внешней окраски обоих полов и формы тела самцов по мере того, как они достигают нерестилищ. Естественное отличие нерестящейся нерки — зеленая голова и ярко-красное тело (Groot, Margolis, 1991).

Нерестовый ареал нерки включает водоемы, расположенные в северной части Тихого океана и в прибрежных районах Северного Ледовитого океана (рис. 1.2).

Азиатская часть ареала нерки практически полностью находится на северо-востоке России. Основные популяции азиатской нерки располагаются в водоёмах Камчатского края и Чукотки, а также в охотской группе рек, где в р. Охта она достигает промысловой численности. Небольшие популяции размножаются на

севере о. Хоккайдо, а также в водоёмах Курильских и Командорских островов, в реках арктического побережья Восточной Чукотки (Амгуэма, Чегитунь), на побережьях Охотского моря в реках Гижига, Пенжина, Наяхан, Яма, Оле и Тауй (Берг, 1948; Смирнов, 1975; Коновалов, 1980; Бугаев, 1995; Черешнев и др., 2002).

На севере американского континента нерестовые популяции находятся от р. Колумбия (США, штат Вашингтон) до р. Маккензи (Канада) (Cobb, 1917; Burgner, 1991; Stephenson 2006).

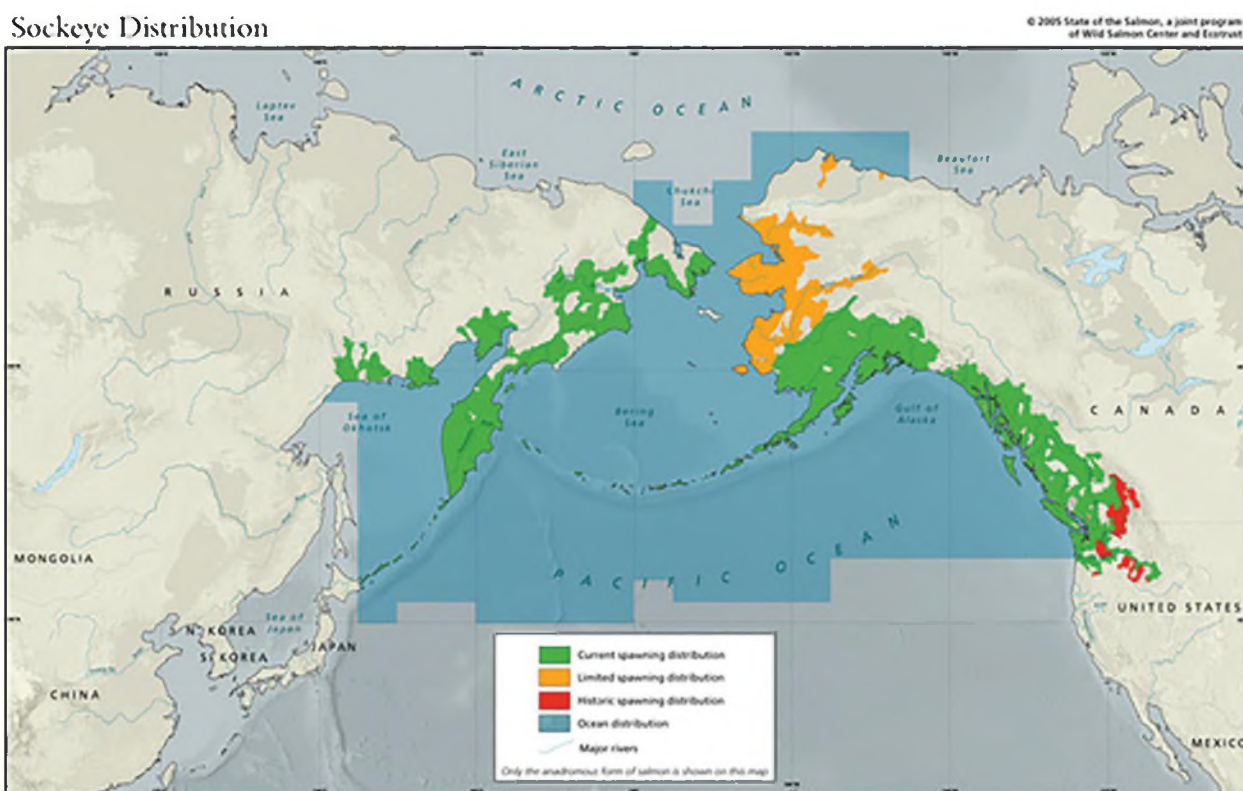


Рис. 1.2. Нерестовые районы нерки (Augerot, 2005)

Продолжительность жизни нерки имеет значительную межгодовую изменчивость. Как правило, различные локальные стада/популяции вида имеют характерную возрастную структуру. Обычно в пресной воде нерка проводит 1–3 года. После ската в море она живёт там от 1 до 4 лет. Более 90 % рыб проводят в море 2–3 года. Всего существует более 20 вариаций возраста половозрелой нерки. Однако доминирующими являются четыре возрастные группы — 1.2, 1.3, 2.2 и 2.3 (Mathisen, 1966; Foerster, 1968; Burgner, 1991; Бугаев, 1995, 2011; Wood, 1995; Черешнев и др., 2002; Quinn, 2005).

1.1.1.1. Воспроизводство

Среди всех видов тихоокеанских лососей нерка демонстрирует наибольшее разнообразие в адаптации к местам нереста. Выбор места и времени для нереста связаны с успехом выживания не только икры, но также связаны с наиболее благоприятными условиями жизни в пресноводном и морском периоде жизни, в которых впоследствии оказывается потомство.

Характерно, что нерестилища нерки прилегают к озерам. В этом аспекте нерка отличается от других пяти анадромных видов тихоокеанских лососей. Характер и пригодность районов, используемых для нереста, во многом зависят от геологии, топографии, климата, химического состава воды и характеристик стока водосбора. Верховья рек, притоки ручьев, реки между озерами, истоки озер, лимнокрены и затопленные участки озерных пойм также используются как места для нереста, но уже в меньшей степени. Нерка – единственный вид рода *Oncorhynchus*, который активно нерестится на мелководьях вдоль берегов озера, как правило, в районах с восходящими грунтовыми водами, обеспечивающими циркуляцию через гнездо. Лимнокрены в основном более интенсивно используются неркой, чем другими видами, особенно на Камчатке и в Бристольском заливе (Groot, Margolis, 1991; Бугаев, 2011).

Характеристики камчатских нерестилищ, описанные советскими исследователями, были обобщены Ферстером (Foerster, 1968). Во многих озерах нерест происходит вдоль берега на мелководьях, однако существенные нерестовые популяции также встречаются в речных районах, где нет доступа к озеру. Адаптация к условиям нагула без озер наиболее обширна на р. Камчатка, где молодь зимует в незамерзающих родниковых прудах, ручьях и притоках (Бугаев, 1995, 2011). Подобные ситуации встречаются также в р. Мулчатна (Бристольский залив) и р. Стикин на юго-востоке Аляски и Британской Колумбии (McCart et al., 1980; Wood et al., 1987).

В некоторых районах Бристольского залива при нересте нерка увеличивает площадь лимнокренов в результате перерытия гравия и подкопа берегов (Groot, Margolis, 1991). Такие же наблюдения описывал Р.С. Семко (1954) на Камчатке. В

случаях, когда нерест происходит в истоке озера, потомство должно иметь возможность мигрировать вверх по течению для нагула в озере после выклева, поэтому выживание потомства зависит не только от характеристик субстрата, но также от скорости течения и от поведенческой адаптации.

Нерест на мелководьях вдоль берега озера проходит в большинстве озер Бристольского залива, о. Кадьяк и п-ова Аляска. На Камчатке на озерных мелководьях сосредоточена основная часть нерестовой популяции в озерах Курильское, Азабачье, озерах бассейна рек Паратунка и Большая (Крохин, Крогиус, 1937; Крогиус, Крохин, 1948; Варнавская и др., 1988; Бугаев, 1995). Нерест на озерных мелководьях не часто проходит в крупных озерах бассейна рек Фрейзер и Бабин в Британской Колумбии, но широко распространён в оз. Культус, а также в озерах верхнего течения р. Скина (Ricker, 1966; Foerster, 1968; McDonald, Hume, 1984).

Небольшие ручьи и родниковые пруды обычно интенсивно используются для нереста из-за стабильного течения и температурных условий. В крупных реках нерест обычно происходит в притоках. Реки с ледниковым питанием производители при нересте обычно избегают, вероятно, потому, что выживаемость икры в таких условиях будет низкой.

Примеры адаптации молоди к отсутствию озерной зоны нагула можно встретить в нижнем течении р. Харрисон (Британская Колумбия) и р. Ист-Алсек на Аляске. В обеих реках молодь начинает мигрировать в море вскоре после выклева (Gilbert 1920, 1922, 1923; Schaefer, 1951). В настоящее время установлено, что сеголетки там остаются нагуливаться в приливных болотах устья р. Фрейзер (Dunford, 1975; Levy, Northcote, 1982; Macdonald, 1984; Birtwell et al., 1987).

Нерка обычно нерестится в конце лета и осенью. В течение этого периода время нереста для разных стад может сильно варьироваться из-за адаптации к наиболее благоприятным условиям инкубации икры, выклева и последующего нагуливания молоди. В Бристольском заливе продолжительность массовой миграции половозрелых особей в озерные системы составляет всего четыре

недели с конца июня до конца июля. Попадая в систему озер, половозрелая нерка распределяется по своим нерестилищам (Burgner, 1980).

Наиболее продолжительный период нереста одной популяции нерки происходит в бассейне р. Озерной. Нерест продолжается с конца июня или июля и до начала февраля. При этом основной нерест проходит с сентября по ноябрь. Возможно, отсутствие четко выраженных временных границ связано с однородностью температурных режимов инкубации на нерестилищах (Егорова, 1970).

Состав нерестового субстрата, используемого неркой, широко варьируется. В оз. Илиамна (Аляска) нерест происходит на глубине почти 30 м в крупнозернистом гранитном песке в месте сильного подъема грунтовых вод (Olsen, 1968). В том же озере массовый нерест также проходит на больших угловатых обломках скальной породы. Такой грунт не позволяет нерке перерывать его в процессе нереста. Икра оседает в щелях между скалами (Kerns, Donaldson, 1968; Olsen, 1968). Подобный нерест наблюдается в р. Кишпиокс (Британская Колумбия) (Foerster, 1968). Обычно же нерест в озерах и ручьях происходит на достаточно мелком гравии, чтобы его можно было легко перерывать. В процессе разрытия гравия происходит удаление ила и его очистка.

Глубина воды не является решающим фактором при выборе места для нереста самкой нерки. В небольших ручьях и лимнокренах Аляски часто можно наблюдать нерестящиеся пары лососей, когда их спинные плавники видны над поверхностью воды. Иногда уровень воды на нерестилищах настолько мелок, что самцам там трудно плавать. Даже в крупных реках, как правило, глубина мест для нереста невелика, так как нерест здесь проходит на участках с перекатами. Однако нерест в озерах может проходить на значительной глубине. Чаше он протекает в озерах на глубине менее 3–4 м, например в оз. Курильском (Крохин, Крогиус, 1937).

Нерка может обнаруживать участки восходящих грунтовых вод вдоль берегов озера и в лимнокренах, в которых происходит нерест (Крогиус, Крохин, 1948, 1956). Это также было описано в исследованиях нереста и зимнего

выживания икры и молоди оз. Литл-Тогиак в системе р. Вуд в Бристольском заливе. Исследования в истоке р. Пик-Крик показали, что нерестилища без апвеллинга там не использовались, а в тех местах, где он наблюдался, нерест был интенсивным (Mathisen, 1962).

1.1.1.2. Пресноводный нагул

Продолжительность времени, которое молодь проводит в пресной воде после выклева, может варьироваться от нескольких недель, в случае некоторых речных популяций, до трех лет для некоторых популяций молоди, нагуливающих в озерах. При этом наиболее распространенный возраст составляет один или два года. Смолтификация и миграция к морю обычно происходят весной.

В первые дни после вылупления личинки нерки малоподвижны, прячутся среди камней и обрастаний до резорбции желточного мешка. Питаться начинают после исчезновения желточного мешка и подъема на плав. Обычно в это время они достигают длины 26–28 мм. Молодь, вышедшая из бугров нерестилищ, обитает в прибрежной литорали на мелководье. Глубина распространения обычно не превышает 10 м (Черешнев и др., 2002).

В середине лета сеголетки начинают перемещаться в пелагиаль озера, где они обитают в основном в верхнем слое воды. Питаются зоопланктоном. Суточные миграции проходят от 25 м в дневное время и до 10–15 м ночью. Это схема вертикальных суточных миграций молоди определяется суточной миграцией зоопланктона (Woodey, 1972; Черешнев и др., 2002). Предпочитаемый диапазон температур молоди нерки в озерах 4–18 °С (LeBrasseur et al., 1978).

В дневное время нерка образует стаи. В сумерки и темное время распределяется более разрежено (Черешнев и др., 2002).

Катадромной миграции предшествуют физиологические, морфологические и поведенческие изменения. Смолтификация предпкатной молоди происходит под действием нейрогуморальных факторов. Тело покатников уплощается, наблюдается «посеребрение» наружных покровов, окраска становится тусклой

(Groot, 1982). Характер и динамика покатной миграции нерки определяется временем вскрытия водоемов ото льда и температурой воды. Миграция обычно начинается при повышении температуры воды в истоке до 4,4 °С, иногда может начинаться при более низкой температуре – 2,0–3,3 °С (Hartman et al., 1967; Foerster, 1968).

Скат молоди нерки из Большого Уегинского озера (бассейн р. Охота) обычно начинается 15–20 июня. Пик миграции в основном проходит в конце июня или в начале июля. Мигрирует большей частью в темное время суток (Пузикив, 1998).

Из камчатских водоёмов скат молоди проходит со второй половины мая и до конца августа (Егорова, 1967; Бугаев, 1995). Скат нерки из оз. Дальнее на Камчатке начинается при прогреве воды выше 4 °С, массовая миграция в июне–июле при температуре 14–15 °С. В начале ската преобладают рыбы старших возрастов, затем скатываются преимущественно сеголетки (Смирнов, 1975; Карпенко, 1998). В приустьевой зоне р. Камчатка массовый скат отмечают 15–20 июня и в первой декаде августа. Молодь из оз. Азабачье бассейна р. Камчатка мигрирует в возрасте одно- и двухгодовиков (Дубынин, Бугаев, 1988). Скат молоди в водоемах Восточной Чукотки продолжается с середины–конца июня до конца сентября в возрасте большей части годовиков.

В большинстве североамериканских озер катадромная миграция уже заканчивается при температуре до 10 °С. Некоторые популяции, такие как популяция р. Фрейзер, смолтифицируются почти всегда в виде годовалых особей, тогда как другие популяции, например в системе р. Эгегик в Бристольском заливе, скатываются в море в основном на втором или на третьем году жизни. В некоторых популяциях продолжительность пребывания в пресной воде значительно варьируется, как, например, в системе р. Квичак в Бристольском заливе, где соотношение годовиков и двухлетних особей меняется от года к году (Groot, Margolis, 1991).

Сроки ската смолтов из пресных вод в морскую среду широко дифференцированы. Например, скат в южных озерных системах в штате

Вашингтон и Канаде происходит в апреле, а в системах озер, расположенных дальше на север во внутренних районах Аляски, – в конце июня. Факторы, влияющие на время миграции смолтов нерки, состоят из температуры воды в озерах, направления ветра, количества озерных систем для конкретного бассейна реки, размера и/или возраста смолтов нерки, а также времени суток (Burgner, 1991).

1.1.1.3. Морской/океанический нагул

Попадая в морскую среду, нерка мигрирует и расселяется через обширные просторы северной части Тихого океана. Первые несколько месяцев жизни молодь нерки проводит в таких местах, как, например, проливы Джорджия и Принца Уильяма, воды юго-восточной Аляски. В Беринговом море популяции нерки Бристольского залива и азиатской нерки проводят свой ранний морской период жизни в прибрежных районах шельфа Берингова моря (Farley et al., 2005).

Время ската в океан и пребывания популяций нерки р. Фрейзер в прол. Джорджия было зарегистрировано в 2012 г. (Preikshot et al., 2012). Там обнаружили, что миграция смолтов из реки длилась 4–5 недель, в среднем с 4 мая до 19 мая. Было подсчитано, что среднее время пребывания в проливе составило 43 дня. Практически вся выжившая молодь покинула пролив в середине июля. Другие исследования, проведенные с 1980 г., показали, что среднее время пребывания молоди нерки в прол. Джорджия было меньше и составило 20–30 дней (Healey, 1980), 24 дня (Peterman et al., 1994), 30 дней (Groot, Cooke, 1987) и 26–34 дня (Welch et al., 2009). Исследования в 2014 г. показали, что среднее время пребывания молоди из оз. Чилко составило 43 дня, что указывает на более длительный период жизни в проливе для молоди нерки (Beacham et al., 2011). При этом есть более крупные особи, которые мигрируют быстрее. Предполагается, что среднее время пребывания молоди нерки в прол. Джорджия может зависеть от размера особей (Welch et al., 2009, 2011).

Расстояние от берега, которое преодолевает молодь нерки за лето, зависит от скорости её раннего роста в морской среде (Farley et al., 2007). Например, в

годы с низкой температурой морского поверхностного слоя в восточной части Берингова моря молодь нерки была мелкой и распространялась ближе к берегу вдоль п-ова Аляска. Однако в годы с более высокой температурой поверхности моря молодь была более крупной и распространялась дальше от берега. Оффшорное распределение связано с более высокими температурами моря, что способствовало увеличению скорости роста нерки в течение раннего морского периода жизни и приводило к более высокой скорости миграции молоди (Farley et al., 2007).

Российские популяции нерки обычно демонстрируют более длительный период миграции в море. Она начинается во второй половине мая и заканчивается в конце августа (Бугаев А.В., 2010).

Общее распространение неполовозрелой и созревающей нерки охватывает ряд различных океанографических областей с южной границей их распространения, соответствующей границе субарктической зоны. Эти океанографические области ограничены фронтами солёности и температуры воды и содержат общие структуры течений. Карты распространения неполовозрелой и созревающей нерки в северной части Тихого океана обычно изображаются в виде совокупности данных, полученных в результате мечения, а также путем генетического анализа отобранных уловов из морских съёмок. Эти данные были обобщены в 2007 г. (Myers et al., 2007).

Североамериканская нерка была распределена в пределах области от 45 до 58° с.ш. и от 165° в.д. до 125° з.д. (рис. 1.3). Азиатские запасы были сосредоточены в районе от 40 до 55° с.ш. и от 150° в.д. до 175° з.д. Таким образом, наблюдается одинаковое распределение среди неполовозрелых и созревающих особей азиатской и североамериканской нерки, особенно в районе от 45 до 58° с.ш. и от 165° в.д. до 175° з.д. (Myers et al., 2007; Nabicht et al., 2010; Beacham et al., 2011).

Дополнительная информация по уловам неполовозрелой и созревающей нерки научно-исследовательскими судами в северной части Тихого океана с июня по август 1972–2002 гг. была опубликована в 2009 г. (Nagasawa, Azumaya, 2009).

В июне неполовозрелая нерка с годовалым периодом жизни в море была в основном распространена к югу от Алеутских островов. Затем эти рыбы в следующие два месяца мигрировали на север, в северную часть зал. Аляска и Берингово море. Особи с морским периодом жизни 2 и 3 года в июне были распространены дальше на север.

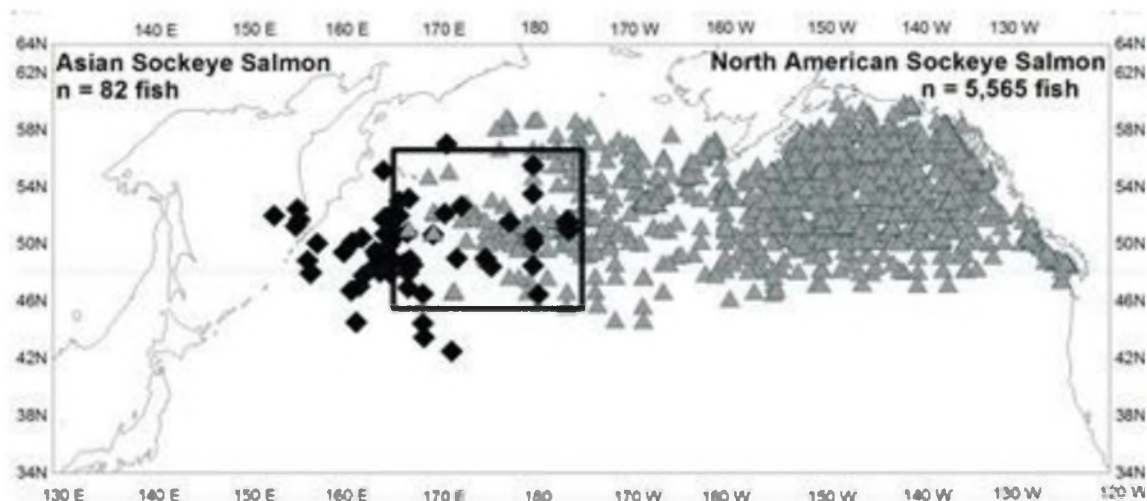


Рис. 1.3. Распределение неполовозрелых и созревающих особей нерки Азии и Северной Америки в открытом океане (1956–2004 гг.): *черные маркеры* – азиатские популяции; *серые* – популяции Северной Америки; *рамкой* отмечена область совместного нагула (Myers et al., 2007)

Модели сезонной миграции основных запасов нерки были представлены впервые на основе данных исследований, проведенных в 1950–1970-х гг. (French et al., 1976). Исследование нерки в открытом океане включало мечение, изучение паразитов и анализ моделей роста чешуи, взятой из районов обитания рыбы (Burgner, 1991). Эти модели приведены для Азии, западной Аляски и северо-восточной части Тихого океана. В настоящее время эти модели миграции представлены с использованием генетической идентификации стада для западной части Аляски (Бристольский залив), востока северной части Тихого океана и азиатской нерки.

Нерка Бристольского залива мигрирует следующим образом. В первое лето и осень в море молодь нерки распределяется по восточной части шельфа Берингова моря. Следующей весной неполовозрелая нерка мигрирует в обширный центральный и восточный регион северной части Тихого океана. Вторым летом и осенью неполовозрелые рыбы смещаются на запад вдоль южной

стороны Алеутских островов в Берингово море. В последующие годы неполовозрелая нерка мигрирует между местами летнего и осеннего нагула в районе Алеутских островов и в Беринговом море к местам её зимнего нагула в северной части Тихого океана. Созревая весной, нерка перемещается широким фронтом с востока на запад от мест зимне-весеннего нагула к территории в северной части Тихого океана и через Алеутские острова в Берингово море и далее на восток к Бристольскому заливу (Myers et al., 2007).

Модели для северо-восточной части тихоокеанских запасов нерки предполагают, что молодь нерки мигрирует против часовой стрелки по шельфу зал. Аляска весной, летом и осенью (рис. 1.4). Молодь начинает отходить от берега поздней осенью и проводит свою первую зимовку в море в зал. Аляска. Незрелые особи распространяются в зал. Аляска, мигрируя с востока на запад и к югу от Алеутских островов. Созревающая рыба имеет тенденцию перемещаться обратно в шельфовые воды зал. Аляска к северо-западу от своих естественных рек, мигрируя по часовой стрелке назад к своим речным системам (French et al., 1976; Burgner, 1991).

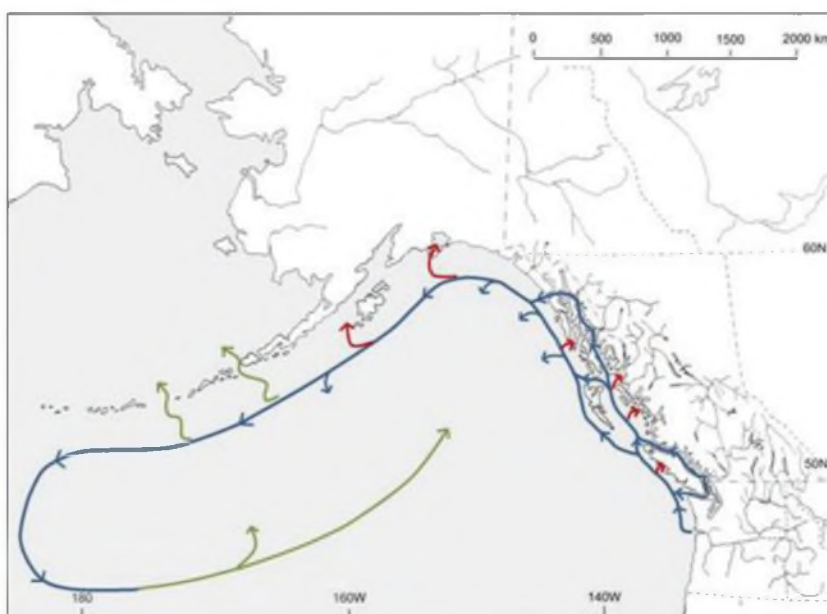


Рис. 1.4. Миграция нерки из северо-восточной части Тихого океана: *синяя линия* – миграция летом, осенью и зимой в первый год жизни в океане; *красная линия* указывает регионы, где часть молоди, вероятно, зимует; *зеленой линией* обозначены маршруты весенней миграции, начиная со второго года жизни в океане (Beacham et al., 2014)

Основные популяции (до 85 %) российских запасов нерки состоят из нерки рек Камчатка и Озерная (Бугаев А.В., 2010). Оценено, что примерно 90 % молоди нерки, пойманной во время съемок в Охотском море, состояло из особей популяции Курильского озера, расположенного в южной части полуострова и связанного с Охотским морем через р. Озерная (Karpenko et al., 1998).

Идентифицированный на основе анализа структуры чешуи и генетического анализа в исключительной экономической зоне Российской Федерации и северной части Тихого океана состав стада нерки выявил закономерности распределения запасов рек Камчатка и Озерная (Bugaev, 1989; Selifonov, 1989; Бугаев и др., 2008; Гриценко и др., 2007) (рис. 1.5). Из р. Озерной смолты мигрируют в море в августе и сентябре и распределяются до 53° с.ш. вдоль юго-западного побережья Камчатки (Ерохин, 1998; Karpenko et al., 1998). В октябре и ноябре молодь нерки мигрирует в Курильский пролив, а к ноябрю/декабрю она начинает встречаться уже в субарктической зоне Тихого океана (Бирман, 1985; Шунтов, Темных, 2008, 2011). После первой зимы нерка мигрирует в западную часть Берингова моря и прилегающие воды северо-западной части Тихого океана, где проводит лето. Оставшиеся в океане неполовозрелые особи еще несколько лет продолжают мигрировать между субарктическими водами зимой и Беринговым морем летом (Бирман, 1985). Весной созревающая часть стада р. Озерной мигрирует из субарктической зоны и обычно встречается в больших количествах в прибрежных водах Камчатки и Курильских островов в июле и августе (Бугаев, 2003; Bugaev, 2005).

Концептуальная модель миграции нерки р. Камчатка аналогична показанной для р. Озерной, за исключением того, что в течение первых двух месяцев после ската в море молодь нерки распространяется в прибрежных водах Камчатского залива (Koval et al., 2011). К октябрю и ноябрю неполовозрелые особи мигрируют в центральный и восточный районы субарктической зоны, где они проводят первую зиму (Шунтов, Темных, 2008, 2011).

Половозрелая нерка р. Камчатка мигрирует в прибрежные воды на 1,0–1,5 месяца раньше, чем нерка западного побережья Камчатки. Пик её миграции в

прибрежную зону приходится на июнь (Бугаев, 2003). Разница во времени нереста между двумя реками, вероятнее всего, связана с разной удаленностью от мест нагула до нерестилищ. Так, нерка р. Камчатка нерестится в июне и июле, тогда как нерка р. Озерной — в августе и сентябре (Бугаев, 2010, 2011).

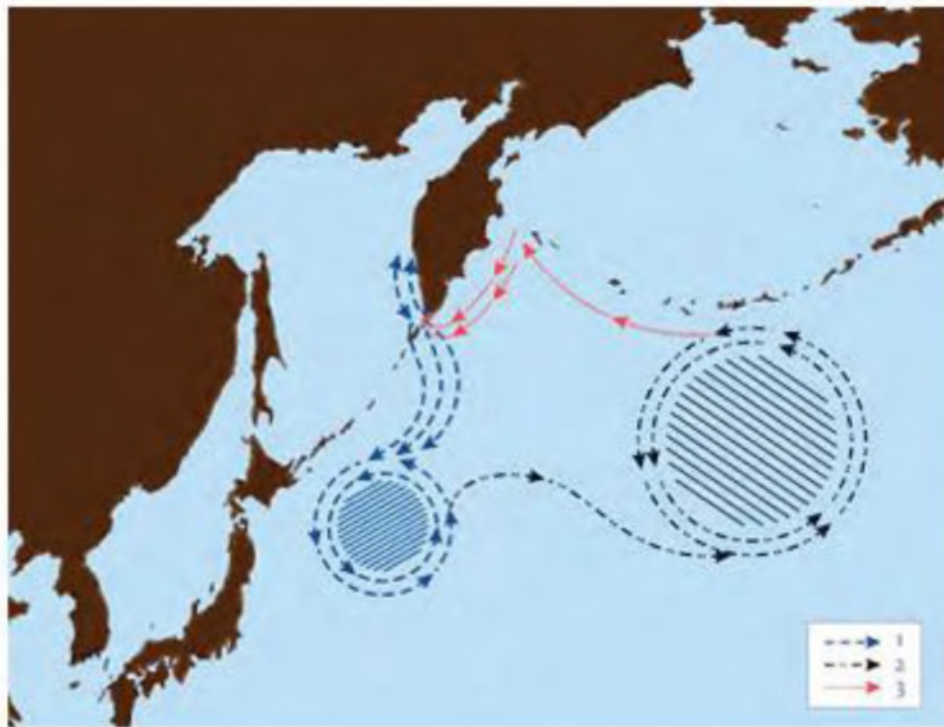


Рис. 1.5. Миграционный путь нерки р. Озерной во время морского нагула в северо-западном и центральном районах северной части Тихого океана: *цифры и стрелки* указывают на движение рыб, которые провели в море одну, две или три зимы (Лепская, 2010)

1.1.1.4. Анадромная миграция

В начале нерестовой миграции нерка имеет серебристую окраску (рис. 1.6). В отличие от горбуши, кижуча и чавычи, её спинной и хвостовой плавники без пятен. Основания лучей хвостового плавника имеют серебристый оттенок, но не такой сильный, как у кижуча или кеты. Общая форма тела, включая хвостовой стебель, тоньше, чем у кижуча. Оба пола одинаково окрашены, и их трудно различить по внешним признакам, за исключением немного более удлиненного рыла и челюсти у самцов (Groot, Margolis, 1991).

При миграции половозрелой нерки в реке у неё начинается заметный половой диморфизм. Самка сохраняет веретеновидную форму тела, но с вздутием

брюшной полости по мере увеличения гонад. Рыло удлиняется. Самец же, напротив, становится более сжатым с боков, в результате чего у спинного плавника образуется выступающий горб. Рыло и верхняя челюсть у самцов удлиняются, а из опущенных десен вырастают клыковидные зубы. Наиболее яркое изменение — окраска (рис. 1.7). У самки голова становится оливково-зеленой, спина — ярко-красной, бока — серо-черными, а брюшко — белым. У самца голова более зеленоватая. Спина ярко-красная, по бокам цвет переходит в черно-красный и белый снизу. На хвосте у обоих полов появляются мелкие темные пятнышки. Скорость трансформации формы и окраски варьируется у разных рас и, по-видимому, зависит от продолжительности времени между заходом в пресную воду и фактическим нерестом (Groot, Margolis, 1991).



Рис. 1.6. Проходная форма нерки в морском окрасе (Леман, Есин, 2008)

Известный отечественный ихтиолог А.И. Смирнов (1958) связывал проявление красного цвета с наличием высоких уровней каротиноидных и липоидных пигментов в коже и мышечных тканях. Он утверждал, что, поскольку нерка имеет тенденцию нереститься в областях с более медленным потоком воды и пониженным содержанием кислорода, эти пигменты делают возможным более эффективное поглощение кислорода из окружающей среды, так как они являются активными переносчиками кислорода и катализируют процесс его восстановления.

Сроки и скорость миграции половозрелой нерки вверх по течению значительно различаются в зависимости от физико-географических характеристик водотока (речного бассейна) воспроизводства того или иного локального стада.

Созревание представляет собой физиологический процесс, в результате которого нерка становится чувствительной к определенным аспектам окружающей среды, взаимодействующей с ней (Gilhousen, 1960). Это повторяет гипотезу о том, что рунный ход указывает на то, что в это время возникают наиболее благоприятные условия для нереста (Royal, 1953) Так, примерно две трети популяции р. Фрейзер мигрирует в течение периода от недели до 12 дней. Для нерки р. Фрейзер время хода синхронизировано с определенным температурным режимом воды на нерестилище, так чтобы нерест происходил в подходящее время для развития и появления молоди весной (Miller, Brannon, 1982).

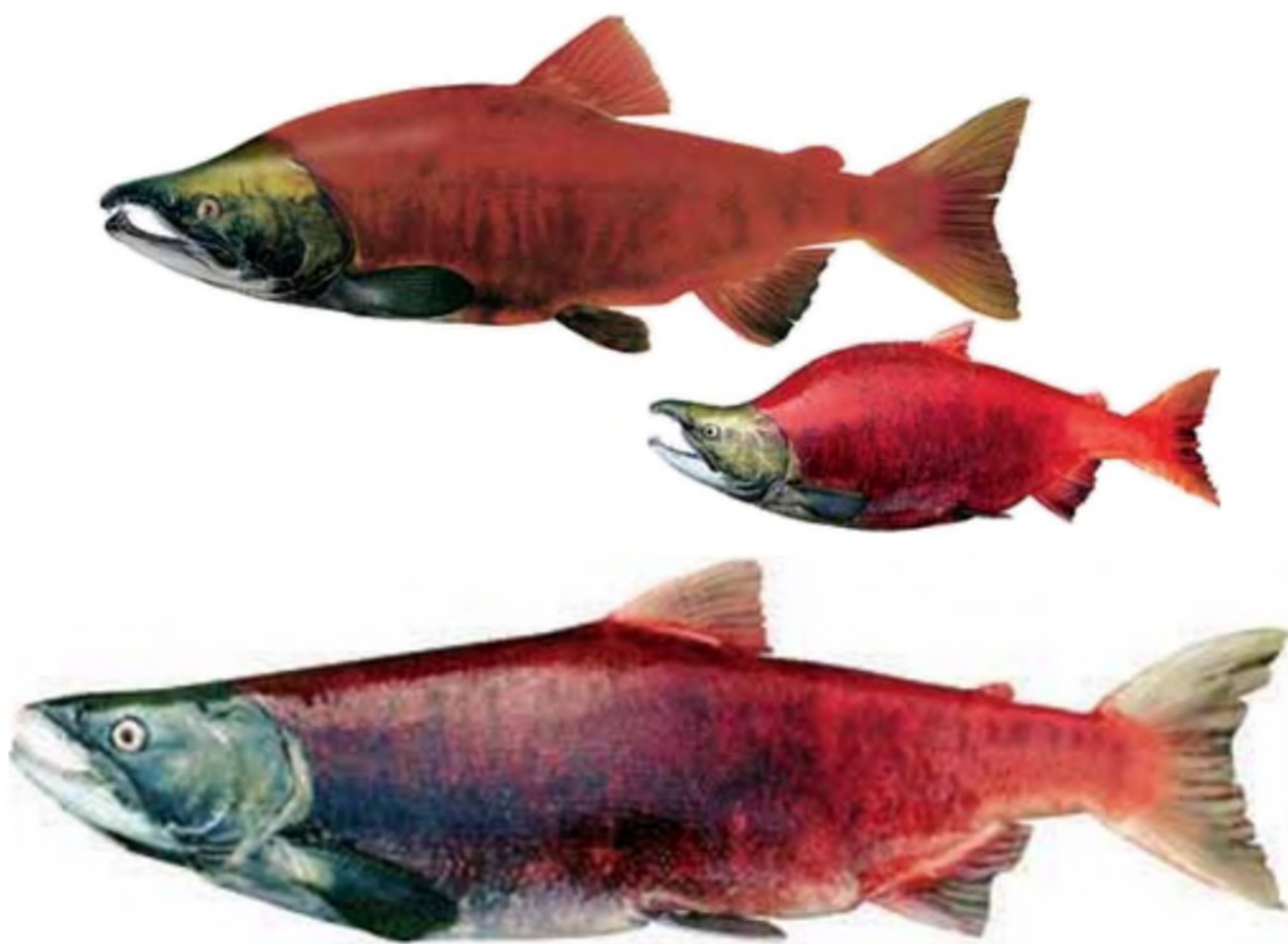


Рис. 1.7. Самец (сверху) и самка (снизу) нерки в период нерестового хода и нереста (Леман, Есин, 2008)

Для нерки р. Фрейзер пики захода отдельных нерестовых рас в реку происходят последовательно с первых дней июля до конца августа или начала сентября (Gilhousen, 1960). Хронологический порядок их миграции, нереста и

гибели демонстрирует удивительную последовательность (Killick, 1955). Июньские и июльские подходы (к озерам Боурон, Стюарт и Кеснел) перемещаются с высокой скоростью (48–51 км/сут) от нижнего течения реки до нерестилищ, расположенных в 630–970 км вверх по реке. Августовские подходы (к рекам Чилко и Стеллако) двигаются медленнее (около 35 км/сут.) и задерживаются у входа в свои нерестилища, расположенные в 550–885 км вверх по реке. Изучение скорости и времени миграции различных рас нерки р. Фрейзер позволило с необычайной степенью точности управлять промыслом (Groot, Margolis, 1991).

1.1.2. Особенности биологии крупнейших азиатских стад

Как отмечено выше, в азиатской части ареала наиболее значимый запас нерки сосредоточен в бассейнах рек Камчатка и Озерная. Ниже дана краткая биологическая характеристика нерки этих локальных стад.

1.1.2.1. Стадо нерки р. Камчатка

Нерка данного стада характеризуется сложной популяционно-генетической структурой (Коновалов, 1980; Алтухов и др., 1997; Варнавская, 2006; Бугаев В.Ф., 2010). Впервые заключения о сложной популяционной структуре нерки в данном бассейне и о наличии ряда локальных стад были сделаны на основе чешуйных признаков (Крогиус, 1970; Бугаев, 1995, 2010) и паразитов-индикаторов (Коновалов, 1980; Бугаев, 1986).

По вышеназванным критериям В.Ф. Бугаевым (1986, 1995, 2010) была предложена модель популяционной структуры нерки р. Камчатка.

С помощью генетических методов анализа была охарактеризована популяционная структура нерки бассейна р. Камчатка. Выделена весенняя, летняя расы и группировки отдельных нерестилищ (Алтухов, 1974, 1983; Горшкова, 1978; Коновалов, 1980; Бугаев, Остроумов, 1986; Глубоковский, 1995; Алтухов и др., 1997; Брыков и др., 2002). На основе аллозимной изменчивости исследована гетерогенность нерки, размножающейся в притоках верхнего и среднего течения

р. Камчатка, и сделан вывод о более глубоком уровне дифференциации локальных популяций, чем это представлялось в работах, выполненных с использованием анализа структуры чешуи и паразитов-индикаторов (Пустовойт, Макоедов, 1992; Пустовойт, 1993, 1994). Исследования изменчивости нерки азиатской части ареала с применением маркеров микросателлитной ядерной ДНК согласуются с данными, полученными предыдущими исследователями о популяционно-генетической структуре нерки бассейна р. Камчатка (Варнавская, 2006; Пильганчук и др., 2019).

В.Ф. Бугаев (1983, 1995, 2010) выделил следующие стада и группировки локальных стад 2-го порядка (рис. 1.8).

1. Группировка локальных стад ранней нерки «С», нерестящаяся в притоках верхнего и среднего течения р. Камчатка. Молодь от производителей этой группировки нагуливается около нерестилищ и скатывается в море сеголетками.

2. Группировка локальных стад поздней нерки «В», нерестящаяся в притоках верхнего и среднего течения р. Камчатка. Молодь от производителей этой группировки нагуливается около нерестилищ и скатывается в море в возрасте 1+.

3. Локальное стадо нерки оз. Азабачье «А». Это локальное стадо включает в себя как раннюю (весеннюю), так и позднюю (летнюю) форму. Молодь скатывается в море преимущественно в возрасте 2+.

4. Группировка локальных стад нерки «Е», нерестящаяся в притоках среднего и нижнего течения р. Камчатка. Молодь сеголетками мигрирует для нагула в оз. Азабачье, откуда в возрасте 1+ скатывается в море.

5. Локальное стадо нерки оз. Двухюрточное «Д». Молодь из этого озера после нагула скатывается в море в возрасте 2+.

6. Группировка локальных стад нерки «Н». Места воспроизводства одни и те же с группировкой «Е», однако молодь сеголетками мигрирует в оз. Нерпичье, откуда в возрасте 1+ скатывается в море. Доля в уловах этой группировки невелика, поэтому чаще при дифференциации группировки «Н» и «Е» рассматриваются совместно.

7. Локальное стадо оз. Курсин «К». Молодь скатывается в море в возрасте 1+.

Все эти локальные стада и группировки имеют две сезонные расы – весеннюю (раннюю) и летнюю (позднюю), кроме группировок «В» и «С». Группировки локальных стад «В» и «С» имеют идентичные районы для размножения. Различия составляют в том, что группировка «В» содержит позднюю сезонную расу, а «С» – раннюю. Также они различны по срокам миграции молоди в море (Бугаев, 1995).

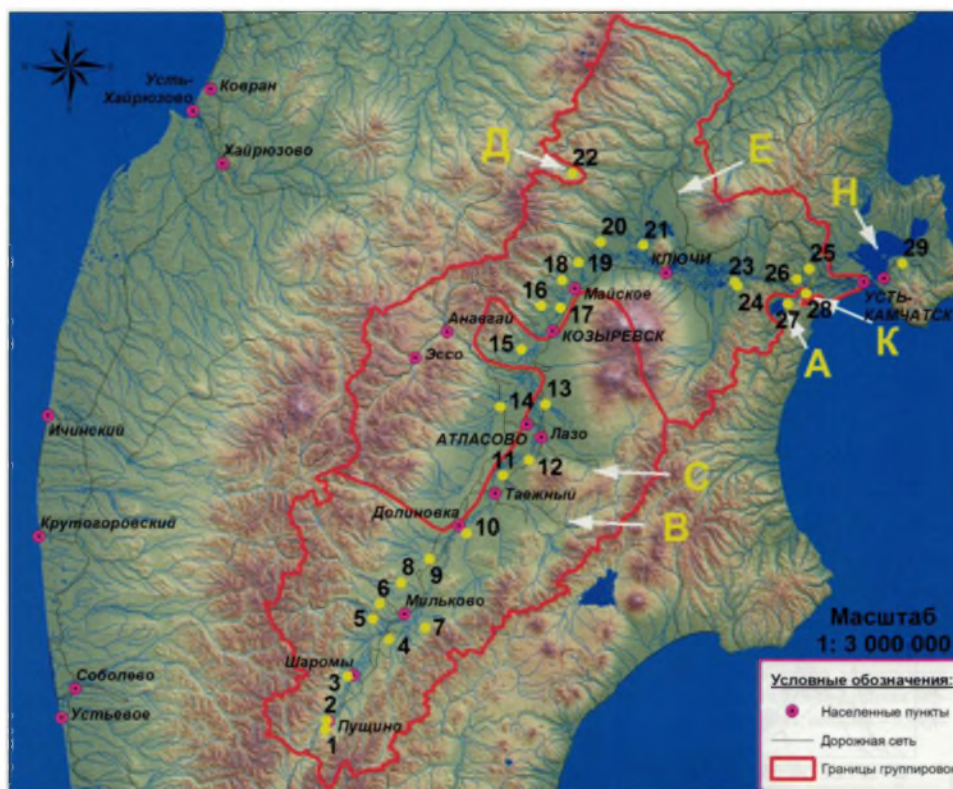


Рис. 1.8. Локальные стада и группировки локальных стад нерки 2-го порядка в бассейне р. Камчатки (Бугаев, 1995; Бугаев, Кириченко, 2008):

- 1 – р. Камчатка у пос. Пушино; 2 – р. Кагикан; 3 – р. Камчатка у пос. Шаромы;
 4 – р. Кавыча; 5 – р. Андриановка; 6 – р. Жупанка; 7 – р. Левая Вахвина;
 8 – р. Кирганик; 9 – р. Кимитина; 10 – р. Китильгина; 11 – р. Щапина;
 12 – р. Николка; 13 – р. Толбачик; 14 – р. Быстрая-Козыревка; 15 – р. Шехлун;
 16 – р. Крерук; 17 – оз. Ушковское; 18 – р. Крюки; 19 – р. Половинная; 20 – р. Белая;
 21 – р. Еловка; 22 – оз. Двухюрточное; 23 – р. Большая Хапица; 24 – р. Малая Хапица;
 25 – р. Радуга; 26 – оз. Низовцево; 27 – оз. Азабачье;
 28 – оз. Курсин; 29 – р. Солдатская (бассейн оз. Нерпичьего)

По данным анализа промысловой статистики, а также дифференциации рыб с помощью коэффициентов зрелости, наиболее многочисленной является ранняя

форма нерки р. Камчатка. Наиболее крупные группировки и локальные стада «Е» и «А». Соотношение в группировке локальных стад «Е» ранней и поздней нерки составляет 95/5 %, локального стада «А» – 70/30 % в пользу ранней. Эти группировки в общей сложности составляют более 70 % от нерки всей р. Камчатка (Бугаев, 1995, 2010).

Миграция производителей в р. Камчатка начинается в конце мая и продолжается до начала сентября. Массовый ход ранней формы нерки начинается с начала июня и продолжается до начала июля. Пик хода ранней формы этого вида приходится на первую – вторую декаду июня. Массовый ход поздней формы нерки наблюдается со второй декады июля по начало августа с пиком хода в 20-х числах июля (Остроумов, 1972; Бугаев, 1995, 2010, 2011; Бугаев и др., 2007). Выявить отдельные факторы, влияющие на динамику хода, не удалось. Известно, что на сроки анадромной миграции действует целый ряд причин, таких как численность подхода, климатические факторы, количественные и качественные изменения в структуре популяции нерки (Бугаев, 1995; Дубынин, Бугаев, 2002).

Возрастной состав половозрелой нерки р. Камчатка достаточно широк. Всего выделено 18 возрастных групп. Наиболее многочисленны особи возраста 1.3 и 2.3, реже встречаются особи возраста 0.3, 0.4, 1.4, 1.2 и 2.2. Также еще менее встречаемые возрастные группы 0.2, 0.5, 1.5, 1.1, 2.4, 2.1, 3.3, 3.2 и 3.4 (Бугаев, 1995; Бугаев, Дубынин, 2002).

Средняя длина тела за весь период наблюдений с 1978 г. по настоящее время не постоянна. Для самок и самцов ранней формы она варьировала в пределах от 56,5 до 60,2 см и составляла в среднем 58,2 см. Для поздней формы — от 57,0 до 62,0 см (в среднем 59,5 см) (Бугаев В.Ф., 2010).

Средняя масса тела за этот период исследований для нерки раннего хода составляла 2,42 кг (в пределах от 2,30 до 2,50 кг), для позднего – 2,62 кг (в пределах от 2,46 до 2,76 кг) (Бугаев В.Ф., 2010).

В последние 15 лет длина и масса нерки в промысловых уловах во время основного периода хода в р. Камчатка в июне-июле могли варьировать от 35 до 71 см и от 0,5 до 4,5 кг. По результатам анализа биологических характеристик,

проведенных М.В. Ковалем с соавторами (2020) установлено, что начиная с 2006 г. наблюдался неуклонный тренд на снижение средних размеров производителей нерки в уловах. В июне 2006–2007 гг. (сроки хода ранней 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. В 2018–2019 гг. эти показатели составили: в июне — 54,2–52,4 см и 2,1–1,9 кг, в июле — 56,0–54,7 и 2,2 кг. Представленные данные свидетельствуют о том, что за последние 15 лет средняя масса и длина производителей как ранней, так и поздней форм нерки р. Камчатки уменьшились почти на 500 г и 5 см (Коваль и др., 2020).

В совокупности на размерно-массовые показатели производителей нерки влияет множество факторов, таких как, например: численность зрелой части стада, соотношение локальных стад и группировок р. Камчатка, численность горбуши северо-восточного и западного побережья Камчатки, климатические и другие факторы. Стоит отметить, что поздняя сезонная раса крупнее ранней (Бугаев, 1995; Бугаев, Дубынин, 2002).

1.1.2.2. Стадо нерки р. Озерной

В отличие от бассейна р. Камчатка, где нерест нерки рассредоточен по многочисленным притокам и ряду озер, воспроизводство стада р. Озерной проходит в основном в бассейне оз. Курильское. Вторым по численности нагульно-нерестовым водоемом в бассейне реки является оз. Этамынк. Однако численность нерки в этом озере очень мала и не сопоставима с численностью оз. Курильского. Нерест также проходит в основном русле р. Озерной в границах от истока и до 5 км ниже по течению. Молодь, вышедшая из гнезд нерки, отнерестившейся ниже истока в основном русле р. Озерной, поднимается сеголетками на нагул в озеро (Бугаев, 1995; Бугаев и др., 2009; Павлов и др., 2010).

Нерка данного стада образует три сезонные формы – раннюю (весеннюю) речную, позднюю (летнюю) речную и позднюю (летнюю) литоральную. Численность ранней нерки обычно низка и составляет в среднем 1,9 % общей численности (Варнавская и др., 1988; Варнавская, 2006; Бугаев, 1995, 2011).

Нерестовый ход начинается в последних числах мая и продолжается до начала ноября (Бугаев, 2011). От устья реки до истока озера (43 км) нерка мигрирует за 2–7 сут, основная часть — за 3–4 сут (Егорова и др., 1961; Егорова, 1967, 1970, 1977; Селифонова, 1978; Бугаев, 1995). Массовый ход наблюдается с середины июля по начало сентября. Рунный ход, как правило, начинается в конце июля и продолжается до середины августа (Бугаев, 1995, 2011). Массовый ход характеризуется как неравномерный и подразделяется на несколько периодов подъема и спада численности (как правило, до 5). По многолетним данным общий период нерестового хода составляет 5,0–5,5 мес., рунного хода – от 10 до 22 дней. Период хода нерки связан с периодом весенне-летнего паводка. Начало массового хода наблюдается во время максимального подъема уровня воды в реке, рунного – в период падения уровня и повышения температуры воды (Кузнецов, 1928; Семко, 1954; Егорова, 1967).

У нерки р. Озерной отмечено 14 возрастных групп. Основные – 2.2, 2.3, 3.2 и 3.3 (Селифонов, 1975; Бугаев, 1995; Бугаев, Дубынин, 2002; Бугаев и др., 2009)

Средние размеры и масса тела озерновской нерки связаны с продолжительностью морского периода жизни. Средняя многолетняя масса тела нерки р. Озерной составляет 2,65 кг (в пределах от 2,20 до 3,40 кг) (Бугаев и др., 2009). Средняя длина самок и самцов за период с 1945 г. составила 59,0 см и варьировала в пределах от 56,7 до 61,3 см (Бугаев, 2011). Биологические показатели нерки, полученные в результате проведения анализа в истоке оз. Курильского и в устье р. Озерной, составляли в среднем в 2011 и 2012 гг.:

- масса тела – 2,34 и 2,47 кг;
- длина – 55,6 и 57,4 см (Дубынин, 2012).

Общая нерестовая площадь нерки в бассейне оз. Курильского по визуальным наблюдениям А.Г. Остроумова (1970) достигает 1055 тыс. м². В том числе речные нерестилища составляют 270 тыс. м², около 26 % общей площади, озерные – около 755 тыс. м² (71 %), ключевые – 30 тыс. м² (3 %). При нересте на вышеуказанной площади 2500–3000 тыс. экз. нерки на одну самку придется около 0,7–0,8 м² (Остроумов, 1970; Бугаев, 2011).

К речным нерестилищам оз. Курильского относятся исток р. Озерной, реки Северная 1-я, Северная 2-я, Гаврюшка, Выченкия, Хакыцин, Кирушутк, Этамынк; к озерным – бухты Северная, Восточная Теплая, Западная Теплая, Оладочная, побережье к северо-востоку от мыса Глиняного, побережье между бухтами Восточная Теплая и Оладочная, район устьев рек Этамынк, Хакыцин и Кирушутк, бухта восточнее мыса Тугумынк, оз. Этамынк, устье р. Этамынк, мыс Пуломынк; к ключевым – участки в бассейнах рек Этамынк, Кирушутк, Хакыцин и ключ между устьями рек Этамынк и Хакыцин (рис. 1.9) (Остроумов, 1970; Бугаев, 2011).

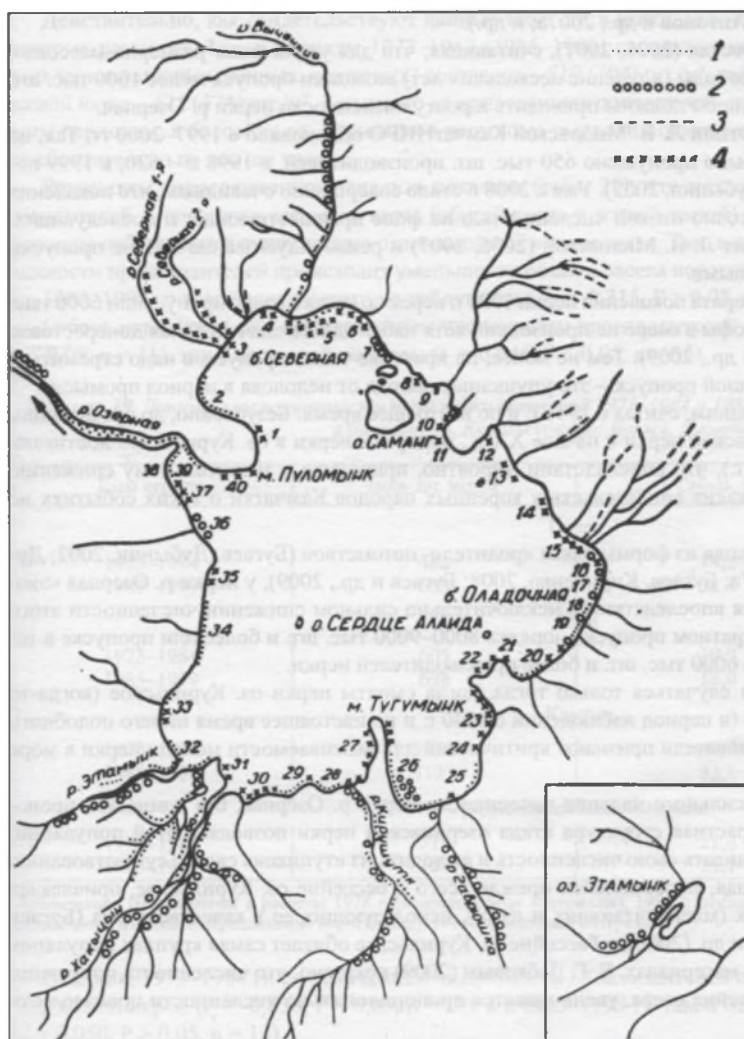


Рис. 1.9. Нерестилища нерки в бассейне оз. Курильского: 1–8 – бухта Северная, 9–11 – Западная Теплая бухта, 12 – Восточная Теплая бухта, 13–14 – побережье между бухтами Восточная Теплая и Оладочная, 15–21 – бухта Оладочная, 22 – побережье к северо-востоку от мыса Глиняного, 23–26 – бухта восточнее мыса Тугумынк, 27–32 – южное побережье (район устьев рек Этамынк, Хакыцин и Кирушутк), 33–40 – западное побережье (от устья р. Этамынк до мыса Пуломынк) (Остроумов, 1970)

В годы высокой численности нерки в озере может проходить до 4–6 смен поколений производителей (Крохин, Крогиус, 1937; Бугаев, Дубынин, 2002).

Пропуск нерки в оз. Курильское за период с 1981 г. составлял от 620 тыс. до 6000 тыс. особей. Оптимальный уровень для нерестилищ в бассейне р. Озерной составляет около 2000 тыс. производителей нерки (Бугаев, 2011).

Годы высокочисленных пропусков производителей нерки в озеро: 1990 г. – 6000 тыс. экз. и 2007 г. – 4910 тыс. экз. Низкие пропуски: 1997 г. – 650 тыс. экз.; 1998 г. – 620 тыс. экз.; 1999 г. – 1190 тыс. экз. и 2000 г. – 1050 тыс. экз. (Бугаев, Дубынин, 2002).

1.2. Физико-географическая характеристика районов исследования

1.2.1. Бассейн р. Камчатка

За начало р. Камчатка принят исток р. Озерной, расположенный в южной части восточного склона Срединного хребта. Река впадает в Камчатский залив Тихого океана примерно в 2 км ниже пос. Усть-Камчатск (рис. 1.10) (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

Основные характеристики р. Камчатка:

- длина – 758 км;
- площадь водосбора бассейна – 55900 км²;
- средняя высота бассейна над уровнем моря – 560 м;
- падение – 1 200 м;
- средний уклон – 1,58°.

Верховье реки образуется от таяния ледников на дне чашеобразного ущелья южной части Срединного хребта. При выходе из Срединного хребта река пересекает кальдеру опускания сомкнувшихся очагов древних вулканов. Ниже притока Правой Камчатки река протекает по обширной Центральной Камчатской депрессии, следуя в северо-восточном направлении. В среднем течении огибает Ключевскую группу вулканов и ниже круто поворачивает на восток. Далее река протекает через обширную рифтовую депрессию среди большого количества

пойменных озер, где образует несколько рукавов. Ниже пос. Камаки река протекает по ущелью Верхние Щеки, пересекая хребет Кумроч, и выходит на прибрежную низменность, где впадает в Камчатский залив Тихого океана (Ресурсы поверхностных вод..., 1973; Бугаев В.Ф., 2010).

Перед выходом в море устье реки перегорожено широкой песчаной отмелью к югу на несколько километров. Образующиеся песчаные косы поворачивают течение реки вдоль морского побережья. Перед устьем в р. Камчатка впадает протока с оз. Нерпичье, которое аккумулирует значительные массы морской воды, входящие в устье во время приливов (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

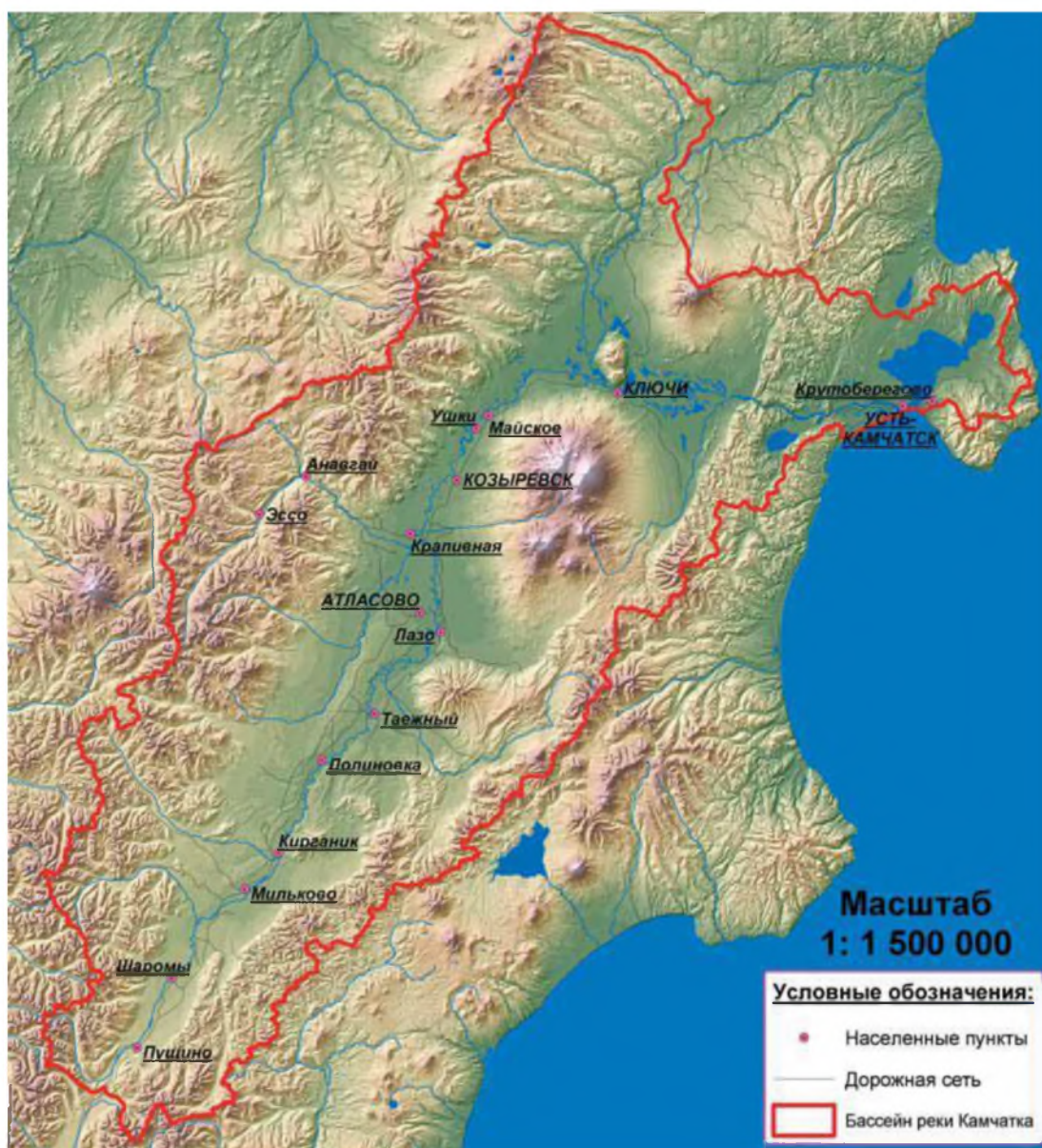


Рис. 1.10. Бассейн р. Камчатка (Бугаев, Кириченко, 2008)

Река, протекающая почти на всем протяжении по Центральной Камчатской депрессии, ограничена с юго-востока Восточным хребтом, а с северо-запада Срединным хребтом (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

Гидрографическая сеть бассейна р. Камчатка определена в основном рельефом местности, по которой она протекает. Основное русло реки проходит вдоль нижней части Центрально-Камчатской впадины, где многочисленные сравнительно небольшие притоки впадают в нее под прямым углом. И только р. Еловка, а также р. Козыревка, имеющие противоположное направление, протекают параллельно основному руслу реки на значительном протяжении (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

Общая площадь озер бассейна реки – 1038 км², что составляет около 2 % всей площади бассейна. Многие из них сосредоточены в долине р. Камчатка и в прибрежной низменности. Наиболее значимые озера: солоноватые воды – оз. Нерпичье (включая оз. Култушное) и пресноводные озера – Азабачье (Ажабачье) и Двухюрточное. Последние два водоема особенно уникальны. Оз. Азабачье играет ключевую роль в кормлении мальков и размножении лосося бассейна р. Камчатка (Ресурсы поверхностных вод..., 1973; Бугаев В.Ф., 2010).

По характеру строения долины реки и условиям стока р. Камчатка можно разделить на шесть участков (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

1. Участок от истока до устья р. Правая Камчатка (длина 54 км). По этому участку река протекает по горной местности. Русло реки умеренно извилистое, неразветвленное. На участках, где река течет в долине, встречаются сухие русла проток, галечные пляжи шириной 5–10 м и мелкие осередки. Скорости течения здесь 1,0–1,2 м/с. В верховье и на участках, где долина V-образна, река представляет собой стремительный горный поток. Скорости течения достигают 1,8–2,0 м/с при незначительной ширине русла (6–10 м) и небольших глубинах (0,4–0,5 м). Дно сложено крупной галькой и загромождено валунами. В районе межгорной котловины река с западной стороны огибает оз. Кенужен. Река напоминает здесь тихую и сильноизвилистую протоку шириной 30–35 м, с глубиной 2,5–2,8 м и скоростью течения воды 0,2–0,3 м/с (Ресурсы поверхностных вод..., 1973; Бугаев В.Ф., 2010).

2. Участок от устья р. Правая Камчатка до бывшего с. Верхнекамчатск длиной 112 км. На всем участке долина реки прямая, ящикообразной формы. До впадения р. Малой Клюквенной река имеет характер горного потока с быстрым течением и множеством перекатов. Дно состоит из крупногалечного грунта. Скорость течения составляет 1,4–1,6 м/с. Ниже впадения р. Малой Клюквенной скорость течения уменьшается до 0,6 м/с, река принимает спокойный характер. Ширина русла составляет 50–60 м, глубина – 4,0–4,5 м. У выпуклых берегов развиты небольшие галечные отмели, переходящие в пологие пляжи (Ресурсы, поверхностных вод..., 1973; Бугаев В.Ф., 2010).

3. Участок от бывшего с. Верхнекамчатск до устья р. Козыревка. Длина участка 293 км. Глубины по участку распределены неравномерно. У вогнутых берегов они достигают 6–7 м, а на перекатах уменьшаются до 2 м. Скорость течения на перекатах составляет до 2,0 м/с, на плёсах – до 1,1 м/с (Ресурсы, поверхностных вод..., 1973; Бугаев В.Ф., 2010).

4. Участок от устья р. Козыревка до устья р. Ильчинец. Длина участка 235 км. Река протекает у подножья Ключевской группы вулканов в северо-восточном направлении. Ниже впадения р. Белой она поворачивается к востоку и выходит из пределов Центральной Камчатской депрессии. Ширина русла в среднем составляет 180–200 м. Скорости течения в межень на плёсах не превышают 1,0 м/с, на перекатах – до 1,2 м/с; во время половодья они увеличиваются до 2,0–2,2 м/с. Дно реки на этом участке сложено песком, в период половодья происходит его деформация на 0,8–1,2 м. Берега почти на всем протяжении песчаные, иногда под песком встречаются прослойки торфа, а около уреза воды – илистые глины (Ресурсы, поверхностных вод..., 1973; Бугаев В.Ф., 2010).

5. Участок от устья протоки Ильчинец до верхнего устья протоки Пекалка длиной 36 км. В пределах этого участка река пересекает хребты Токинец и Кумроч, между которыми расположена небольшая межгорная впадина с плоской, заболоченной поверхностью. Скорости течения воды в межень составляют 1,0–1,2 м/с, в половодье – до 2,0 м/с. В ущелье Большие Щеки и в районе прорыва

хребта Токинец скорость течения увеличивается до 3,0 м/с. Дно ровное, сложено песчаным грунтом и подвержено значительной деформации. Берега крутые, часто обрывистые и скалистые (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

6. Участок от верхнего устья протоки Пекалка до устья реки (длина 28 км). По выходе из хребта Токинец река протекает по обширной низменности в нечётко выраженной долине. Русло прямое и значительно разветвленное. На всем протяжении участка река дробится на протоки и образует большие острова. Дно русла сложено песком, из которого образованы многочисленные отмели и осередки. Среди отмелей река формирует свое меженное русло, имеющее извилистый характер. Ширина реки в половодье достигает в верхней части участка 500–600 м, в нижней части около 1000–1100 м. В межень ширина в верхней части участка – 400–450 м, в нижней – 600–800 м (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

Река имеет преимущественно подземное и снеговое питание (50–70 % годового объема). Основной фазой режима является весенне-летнее половодье, во время которого проходит 50–75 % годового стока, двумя волнами. Первая небольшая волна обусловлена таянием снега в долине реки и проходит в мае. По мере повышения температуры воздуха в формировании половодья начинают принимать участие талые воды предгорных и горных районов. Подъем основной волны половодья происходит медленно и продолжается 30–40 дней. Вследствие колебания температуры воздуха и неравномерного таяния снега в горах гидрограф стока в верхнем течении имеет волнистый (гребенчатый) вид. В нижнем течении эти волны сглаживаются и гидрограф половодья принимает плавные очертания. Максимальный уровень воды наблюдается обычно в конце июня или начале июля. Высота их над меженным горизонтом воды составляет в среднем 3,0–3,5 м, в отдельные годы достигает 4,5 м. Заканчивается весенне-летнее половодье обычно в конце августа или середине сентября. Общая продолжительность половодья составляет 120–140 дней, а в отдельные годы может продолжаться до 160–170 дней (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

После окончания половодья наступает сравнительно многоводная устойчивая летне-осенняя межень, которая отмечается обычно в сентябре–октябре. Повышенная водность летне-осенней межени вызвана обильным грунтовым питанием, а также продолжающимся поступлением воды от таяния снежников и ледников в горах. Осадки, выпадающие в летне-осенний период, вызывают небольшие паводки, почти не влияющие на величину меженного стока. Продолжительность летне-осенней межени составляет 50–60 дней. Зимняя межень начинается в конце октября. Средняя продолжительность ее составляет 170–180 дней. Отличительной особенностью зимней межени является ее высокая водность (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

Бассейн р. Камчатка относится к зоне повышенной мутности. Правобережные притоки, расположенные в области современного вулканизма, характеризуются более значительной мутностью. Средняя многолетняя величина мутности р. Камчатка в верхнем течении равна 50 г/м^3 , в среднем течении – $130\text{--}170 \text{ г/м}^3$ и в нижнем – $85\text{--}90 \text{ г/м}^3$. Река Камчатка ежегодно выносит в Тихий океан около 3 млн т твердых наносов (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

Температура воды весной в среднем течении переходит через $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, в нижнем течении – $8,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Максимально вода прогревается обычно в августе. Ее среднемесячная температура меняется от $9,0 \text{ }^\circ\text{C}$ в верхнем течении до $14,0 \text{ }^\circ\text{C}$ в нижнем (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

Первые забереги и шуга появляются в конце октября или первой декаде ноября. С середины ноября река покрывается сплошным ледоставом. Исключением является участок от устья р. Правой Камчатки до впадения р. Вахвиной Левой. Там ледостав имеет неустойчивый характер (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

Всего у реки 7707 притоков, основные из которых имеют длину менее 10 км (7105). Основные крупные притоки р. Камчатка: Правая Камчатка, Кавыча, Андриановка, Вахина Левая, Кирганик, Большая Кимитина, Китильгина, Щапина, Толбачик, Козыревка, Еловка, Большая Хапица, Радуга (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

Работы по теме данного исследования проходили в притоках р. Камчатка: р. Еловка и протока Азабачья. Река Еловка берёт своё начало на севере Срединного хребта от ледника Левый Еловский. Река имеет несколько крупных притоков – реки Киревна и Двухюрточная (вытекает из одноименного озера). Длина реки 244 км. Площадь водосборного бассейна – 8200 км². Впадает в р. Камчатка в районе пос. Ключи. В верховьях протекает среди горных высот. В среднем и нижнем течении – по заболоченной местности (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

Протока Азабачья вытекает из одноименного озера. Длина протоки – 14 км. Расход воды в течение года изменяется от 28 м³/с в половодье до 15 м³/с в межень. Примерно 60 % в питании протоки составляют подземные воды. Объем годового стока вод из озера равен примерно 0,63 км³. Полный обмен вод в бассейне озера происходит в течение 20 мес.

Озеро Азабачье имеет следующие характеристики: объем 1026 км³; длина 13,0 км; ширина 7,8 км; площадь 56,5 км²; средняя глубина 18 м; максимальная глубина 36,8 м; высота над уровнем моря 6,0 м. На значительной части площади глубины более 20 м (Николаев, Николаева, 1991).

Озеро Азабачье относится к сточно-проточным водоемам. В него впадает 15 притоков. Наибольший из них р. Бушуева. Длина ее основного русла равна 40 км. Остальные реки длиной не более 10 км (Николаев, Николаева, 1991).

Лед на озере становится в конце ноября или в начале декабря. Средняя продолжительность ледостава около 175 дней. Таяние ледяного покрова начинается с наступлением положительных температур воздуха в мае. Вскрытие озера происходит во второй декаде июня, но в зависимости от температуры вскрытие может смещаться на одну декаду на более поздние или ранние сроки (Николаев, Николаева, 1991).

1.2.2. Бассейн р. Озерной

Река Озерная протекает в юго-западной части Камчатского полуострова. Она берет начало из оз. Курильского. Исток находится примерно в 43 км от побережья и впадает в Охотское море (рис. 1.11).

лососей проникнуть не могут (Державин, 1916а, б; Крогиус, Крохин, 1956; Бугаев, Кириченко, 2008).

Озеро Курильское принадлежит к озерам сточного типа. Это один из самых мощных факторов, который регулирует сток рек. В озерах этого типа аккумулируется избыток стока половодий и паводков, что приводит к повышению расхода в меженный период и способствует выравниванию стока р. Озерной (Пономарев и др., 1986).

Колебания расхода воды р. Озерной в течение года не так велики, как на других реках Камчатки. Разница между максимальными среднемесячными расходами и минимальными примерно в 5–10 раз, тогда как на других не зарегулированных реках этот показатель колеблется от 10 до 30 раз (Грантовских, 1986; Бугаев и др., 2009).

1.3. Гидроакустические исследования в рыбохозяйственной науке

Изобретенный Льюисом Никсоном в 1906 г. сонар, принцип действия которого основан на измерении времени, за которое звуковая волна, импульсно посылаемая в водную среду, отражается от объекта и возвращается обратно, был придуман для поиска айсбергов во время движения судна. В настоящее время сонары используются во многих сферах деятельности. Исключением не стала и рыбохозяйственная наука. Гидроакустика с конца 1930-х гг. применяется для обнаружения косяков рыб. Вторая мировая война сделала эхолоты более доступными и развитыми для рыболовства (Thorne, 1983; Brandt, 1996). Физика распространения звука в воде хорошо изучена. Это полезно для правильной интерпретации акустических данных (Medwin, Clay, 1998; Lurton 2002). Тем не менее рыбы являются «сложными рассеивателями» звука, и теория, разработанная для простых тел, таких как сфера, здесь применима лишь частично. Поэтому опыт проведения промысловых обследований также важен. Акустические методы зачастую используют в сочетании с традиционными рыболовными операциями.

Инструментальные способы исследования биоресурсов базируются на гидроакустических методах оценки численности морских промысловых рыб при

вертикальной локации с использованием научных эхолотов либо с расщепленным лучом, либо однолучевых (Борисенко и др., 2011; Кузнецов, 2012).

Гидроакустические съемки позволяют оперативно оценивать состояние водных биоресурсов в определенный момент времени. С их помощью можно изучать особенности биологии гидробионтов, часто недоступные для наблюдения с применением традиционных методик (горизонтальное и вертикальное распределение в реальном времени, суточные вертикальные миграции и др.), при этом не оказывая существенного влияния на жизнь гидробионтов (Коваль и др., 2013). Благодаря этому гидроакустический метод все больше применяется в рыбохозяйственной науке (Simmonds, MacLennan, 2005). Прохождение рыбы в реках контролируется фиксированным размещением гидроакустики на берегу или плавательных средствах. Информацию, полученную с помощью акустических приборов, используют для открытия или закрытия промысла на многих участках нереста тихоокеанских лососей (Miller et al., 2007). Акустический метод в рыбном хозяйстве все чаще применяется в последнее время (MacLennan et al., 2003; Masse, Gerlotto, 2003; Kubecka et al., 2008; Demer et al., 2009).

Данные о численности популяций тихоокеанских лососей, полученные гидроакустическим методом, используют с середины прошлого века. В США для оценки численности половозрелой нерки р. Фрейзер проводили мобильные гидроакустические исследования на путях миграции в пределах прол. Джорджия в августе и сентябре 1986 г. (Levy et al., 1991). В этой реке воспроизводится одно из крупнейших стад нерки (Andrew, Green, 1960). Работы осуществляли на отдельных судах, на которых были установлены датчики с частотой 200 кГц модели «105» от компании BioSonics Inc (США). Данные были получены методом определения доли нерки в объёме кошельковым неводом и интерполяции результатов на весь пролив. В результате исследований была оценена численность стада нерки и его распределение. Однако расхождение с альтернативными оценками составило около 50 % в сторону недоучёта. Это, как утверждают авторы (Levy et al., 1991), было связано с неправильно заданными параметрами силы цели объекта.

Этими же исследователями в 1987 г. с помощью гидроакустических комплексов была оценена численность горбуши в р. Мишен (Британская Колумбия). Для этого были установлены фиксированные гидроакустические датчики на дне реки у побережья, обращенные к поверхности снизу вверх, а также боковые сканирующие датчики. Центральная часть реки была обследована с помощью мобильного судна с установленными датчиками, пересекающего речной створ. Для работ использовали датчики с частотой 420 кГц (BioSonics Inc, США). Горбуша мигрировала вверх по течению через всю реку, но более многочисленна была вдоль берега. В результате оценка численности горбуши с помощью гидроакустического метода составила около 1 млн экз. Последующая оценка в 3,2 млн экз., полученная после окончания миграции с помощью метода мечения и повторной поимки, привела авторов к заключению о необходимости использования различных независимых методов для оценки численности производителей тихоокеанских лососей (Cheng et al., 1991).

В настоящее время для учёта численности производителей тихоокеанских лососей в выбранном сечении р. Фрейзер устанавливают комплекс гидроакустических эхолотов, оценивающих пропуск в заданном секторе. У берегов располагают комплексы горизонтального зондирования «Didson» (Dual-Frequency Identification Sonar) (Ocean Marine Inc, США), сканирующие сечение до 50 м в направлении друг к другу каждый (рис. 1.12). С учётом ширины реки около 400 м оставшийся диапазон сканируют методом вертикального зондирования комплексом «DT-X». Комплекс устанавливают на катере, который регулярно перемещается от правого берега к левому и обратно. По результатам обработки информации с каждого комплекса получают результирующую оценку численности производителей лососей, мигрирующих вверх по течению реки (Conrad et al., 2019). В реке организовано два полигона для исследований, охватывающих 91,4 и 100,0 % мигрирующих вверх производителей (Rand et al., 2007).

Иногда для оценки численности тихоокеанских лососей в условиях обширных водотоков использование только гидроакустических комплексов явно недостаточно. Например, для оценки численности нерки в довольно обширных

речных системах, впадающих в Бристольский залив (Аляска, США), используют комплексный метод, включающий в себя, помимо гидроакустических систем, также авиаучётные исследования, аэрофотосъёмку и наблюдательные вышки (Burgner et al., 1969; Rand et al., 2007).

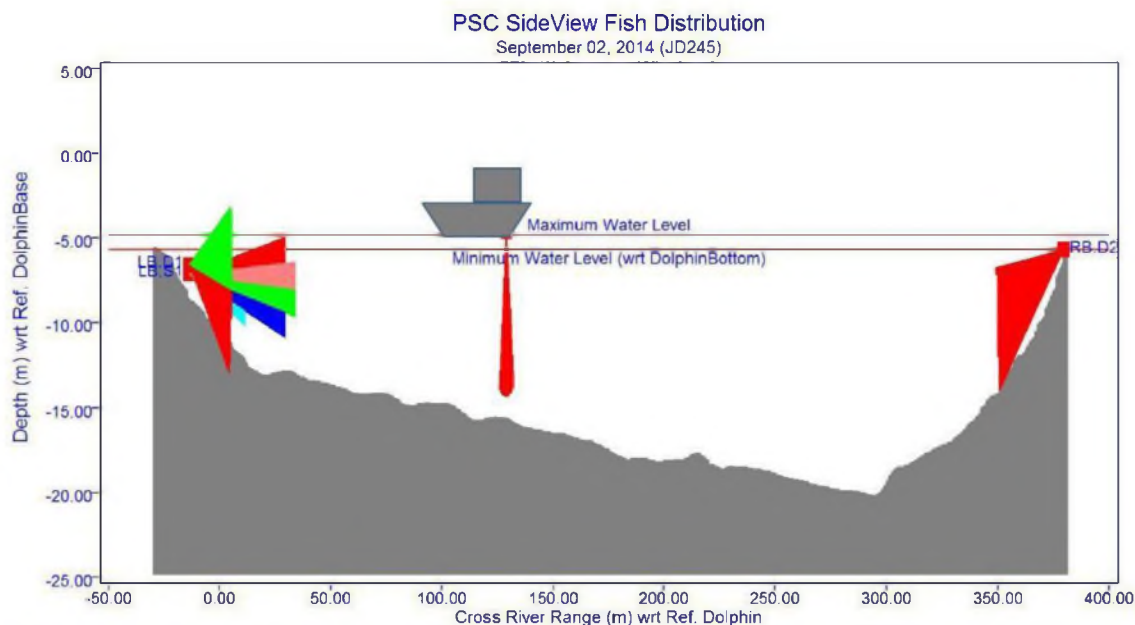


Рис. 1.12. Схема установки гидроакустического комплекса в р. Фрейзер (США) (http://kamniro.vniro.ru/presscenter/news/gidroakustika_dlya_izucheniya_vodnyh_ekosistem_kamchatki)

Во всем мире активно проводятся экспериментальные и теоретические исследования в данной области по совершенствованию методик, разрабатывается и выпускается специализированная научная гидроакустическая аппаратура и программное обеспечение к ней. Практикуются совместные международные исследования с использованием гидроакустики, причем не только при работе в морских акваториях, но и во внутренних водоемах. Уже выработаны определённые международные стандарты сбора и обработки информации с гидроакустических съёмок в пресных водах (NOAA protocols..., 2003; Parker-Stetter et al., 2009).

Для учета численности лососей, мигрирующих на нерестилища дальневосточных рек России, в устьевой части р. Анадырь в 1992 г. было применено разработанное совместно с конструкторским бюро «Шторм» при Киевском политехническом институте рыбосчётное устройство (PCY). В основу устройства был положен принцип малогабаритного эхолота-локатора

вертикального зондирования. Распределение рыбы по сечению реки определяли с помощью осциллографа типа С1–101. Он позволил оценить визуально момент прохода рыбы по видеосигналу. По масштабной шкале определяли пространственное положение объекта (Путивкин, 1999).

В результате в 1992 г. удалось провести учет численности производителей кеты, прошедших на нерестилища р. Анадырь, инструментальным методом с помощью РСУ, на который в 1996 г. получен патент РФ (Ковалюк и др., 1996).

На Камчатке исследования лососей с применением гидроакустической аппаратуры начаты А.С. Николаевым в 1960-х гг. Изначально работы были ориентированы на морские акватории, прилегающие к полуострову (Николаев, 1968, 1970а, б). Позже, во второй половине 1970-х гг., работы с использованием гидроакустической аппаратуры были им переориентированы на внутренние водоемы Камчатки. Впервые детальные гидроакустические съемки проведены в акваториях озер Курильское и Азабачье, а также в некоторых других камчатских водоемах, таких как озера Нерпичье, Паланское, Ближнее, Дальнее, Начикинское, Двухюрточное. Результаты этих работ позволили выявить особенности вертикального и горизонтального распределения, сезонных и суточных миграций молоди нерки, разработать методику оценки её численности во время нагула в пелагиали озер (Николаев и др., 1979; Николаев, Бугаев, 1985; Николаев, 1988, 1990, 1995; Николаев, Богатырев, 1989). В этот период исследования проводили с помощью аналоговых гидроакустических советских эхолотов «Лещ» с рабочей частотой 50 кГц и «Язь» (87 кГц), а также с помощью гидролокатора «Муксун» (30 кГц) (Руководство..., 1984; Коваль и др., 2013).

В конце 1990-х – начале 2000-х гг. при гидроакустических исследованиях в озерах Камчатки сотрудники КамчатНИРО применяли однолучевой цифровой эхолот DT4000 (BioSonics Inc., США) с рабочей частотой 120 кГц. В результате этих работ были построены объемные модели некоторых нерковых озер и рассчитаны основные морфологические показатели, уточнены их контуры (Погодаев и др., 2012).

Гидроакустические исследования для изучения распределения рыб в пойменно-русловой системе Нижнего Иртыша проводил Э.С. Борисенко методом вертикального и горизонтального зондирования с помощью гидроакустических комплексов «АСКОР» и «NetCor», разработанных отечественной компанией ООО «Прогидроакустика». С помощью комплекса «NetCor» удалось получить количественную оценку рыб, проходящих через сечение проток Варпак и Ука (Борисенко, 2013).

В 2010 г. получен первый опыт внедрения гидроакустического комплекса горизонтального зондирования («NetCor») в бассейне р. Озерной с целью подсчёта производителей нерки (Дегтев, 2010).

Первоначально комплекс был установлен у рыбоучётного заграждения (РУЗ). В теории это позволяло в реальном времени сопоставлять данные визуального и гидроакустического учётов. Результаты, полученные в 2010 г., показали:

- установка разнесенных гидроакустических регистраторов системы «NetCor» выше РУЗ, в непосредственной близости от пропускных окон, соответствовала парадигме регистрации свободного естественного движения рыб. В этом смысле полученные данные гидроакустической оценки числа прошедших рыб являются вполне представительными;

- производители нерки – крупные рыбы со средней длиной, превышающей 50 см, являются контрастными целями, даже в условиях повышенного уровня реверберационных помех, характерных для мелководья нерестилищ;

- некоторое смещение в сторону недооценки численности гидроакустически зарегистрированных рыб против данных визуального наблюдения на РУЗ (Дегтев, 2010).

Таким образом, гидроакустический метод склонен к недооценке, при этом, её вероятность выше, чем вероятность переоценки. По мнению разработчика комплекса, в описываемом случае наибольшее влияние могут оказать избегание рыбами зоны гидроакустической регистрации и маскирование эхосигнала от рыб донным и поверхностным эхосигналом. Иными словами, результаты визуального

счета наблюдателями на РУЗ могут давать завышенный против фактического результат оценки (Дегтев, 2010).

По результатам проведенных работ исследователи выяснили, что необходима смена положения наблюдаемого сечения реки. Это было связано с тем, что РУЗ нарушает естественный ход рыбы, и тем самым нарушалось базовое допущение, реализованное в комплексе, о регистрации характеристик потока проходящих рыб. Был обследован участок реки в 3,5 км ниже по течению, который более подходил под условия поставленной задачи, в том числе и по профилю сечения реки (рис. 1.13) (Дегтев, 2010).

Работы в 2011 г. в бассейне р. Озерной были продолжены с учетом рекомендации по смене гидроакустического створа. В результате проведения работ выбор наблюдаемого сечения реки по оценке численности производителей нерки, находящегося в 3,5 км ниже РУЗ по течению реки, признали удачным. Узкое чашеобразное сечение с приглубыми берегами обеспечивало простоту установки модулей «slave» и совмещение зоны гидроакустической регистрации и зоны прохождения рыбы (Дегтев, 2010, 2011; Малых, 2011).

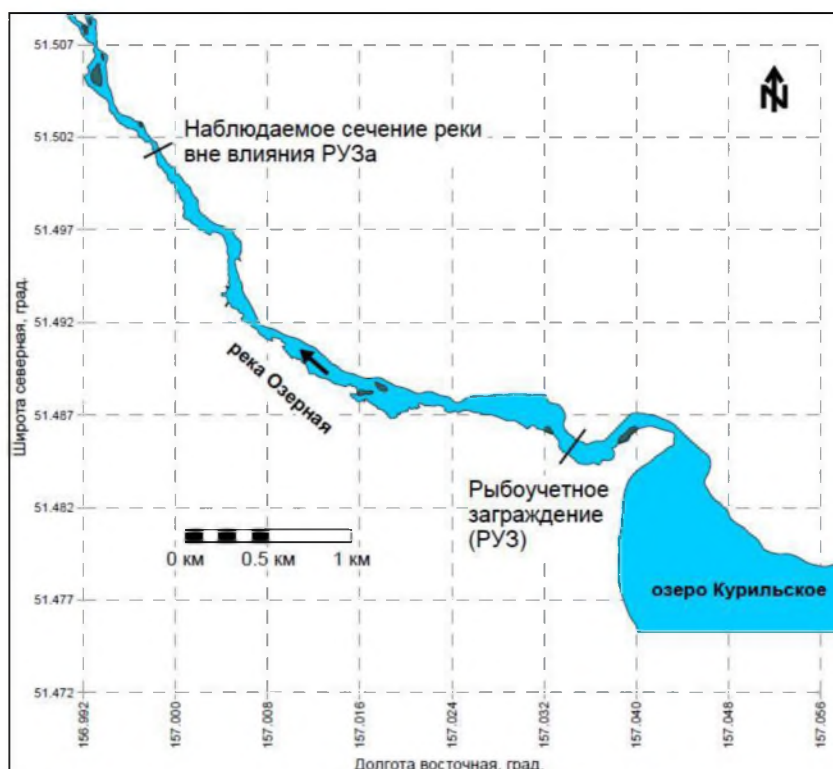


Рис. 1.13. Схема установки гидроакустического комплекса в р. Озерной в 2010 г. (Малых, 2011)

Еще одной задачей было определение численности покатной молоди нерки, мигрирующей из озера. Однако эта задача на современном уровне исследований оказалась не выполнима. Во-первых, действие реверберационных помех оказывала значительное влияние при обработке материала. Сама молодь покатной нерки имеет размеры около 2–3 см и не является контрастной целью. Во-вторых, миграция производителей и скат молоди происходил одновременно в выбранном для наблюдения сечении. Более крупные производители затемняли сигнал от мелких покатников (Дегтев, 2011; Малых, 2011).

В целом метод учёта производителей тихоокеанских лососей с помощью гидроакустических комплексов признали рабочим. Он является перспективным направлением по учёту производителей тихоокеанских лососей. Появилась возможность в режиме реального времени получать оперативные оценки обилия рыб, мигрирующих на нерестилища. Однако метод подразумевает использование дорогостоящей научно-ориентированной аппаратуры, и, следовательно, целесообразно его применение только на значимых водотоках. Также метод требует тщательной подготовки, выбора места для установки. Пример р. Фрейзер (США) показывает, что увеличение зоны регистрации свыше 100–150 м (технические ограничения DT-X) влечет необходимость использования нескольких систем для учёта, в данном случае и оптических, что делает организацию работ достаточно сложной. В более мелких водотоках учёт можно провести и одним прибором, не требующим решения сложных технических задач по установке и обеспечению. Такая установка не решает задачи по оценке численности тихоокеанских лососей для крупных водотоков с развитой речной системой.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе использовали данные промысловой отчетности промышленных предприятий, в разные годы собранные Севвострыбводом, Камчатрыбводом, Россельхознадзором и Северо-Восточным территориальным управлением Росрыболовства (СВТУ Росрыболовства), а также данные Международной комиссии по анадромным рыбам северной части Тихого океана – NPAFC (North Pacific Anadromous Fish Commission, NPAFC, www.npafc.org).

Данные о заполнении нерестилищ бассейна р. Камчатка получены из отчетов учета численности и оценки степени заполнения нерестилищ производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 1981–2019 гг. (Остроумов, Непомнящий, 1981, 1983 1985–1995; Остроумов, 1982–1984, 1996; Маслов, Полинцев, 1997; Маслов, 1998–2010; Шубкин, Киреев, 2011–2017; Шубкин и др., 2018, 2019).

Для оценки численности производителей тихоокеанских лососей в реках Камчатки был применён гидроакустический научно-исследовательский комплекс с использованием высокочастотной многолучевой сканирующей системы и возможностью горизонтального зондирования «NetCor» (ООО «Промгидроакустика», Россия). Гидролокатор этого комплекса позволяет регистрировать рыбу в условиях мелководий с глубинами до 0,5 м. Основным назначением комплекса является количественная оценка рыб, проходящих через сканируемое сечение водотока (Дегтев, 2004; Дегтев и др., 2007; Павлов и др., 2008, 2009; Борисенко и др., 2011).

Комплекс состоит из сети пространственно разнесенных высокочастотных гидроакустических плавучих станций, передающих по радиоканалу информацию о подводной обстановке в виде цифрового представления огибающей эхосигнала на береговую контрольно-измерительную компьютеризированную станцию. Радиопередача ведется в нелицензируемом диапазоне радиочастот ISM 2,4 ГГц с использованием трансиверов NanoLoc (стандарт IEEE 802.15.4a). Акустическое зондирование может осуществляться в горизонтальной или вертикальной

плоскости под любым заданным углом к поверхности воды. Набор эхолотов образует неподвижную зону регистрации в выбранном для наблюдения сечении реки. Рыба в своем естественном движении пересекает эту зону, и происходит её гидроакустическая регистрация.

Основные характеристики комплекса «NetCor»:

- рабочая частота – 455 КГц;
- электрическая мощность на антенне – 40–80 Вт;
- частота следования посылок – до 12 Гц;
- длительность зондируемых импульсов – от 0,1 до 1,0 мс;
- ширина характеристики направленности одного луча на уровне 6 дБ – 10 град.;
- ширина многолучевого сектора на одной станции – до 80 град. в плоскости веера лучей;
- максимальная дальность регистрации в горизонтальном режиме одиночной рыбы с силой цели –50 дБ – 20 м;
- минимальная дальность регистрации объекта – 0,5 м;
- дистанция устойчивой радиосвязи – до 200 м;
- дистанция предельной радиосвязи – до 600 м (в зависимости от уровня помех);
- число плавучих гидроакустических высокочастотных многолучевых станций в сети – до 8 шт. (Дегтев, 2010).

Плавучая гидроакустическая станция (рис. 2.1) состоит из плавучей платформы, поворотно-выдвижного устройства (ПВУ), гидроакустической антенны, модуля «slave», осуществляющего гидроакустическое сканирование подводной обстановки и передачу данных по радиоканалу, ненаправленной радиоантенны, аккумулятора.

Электроснабжение модуля осуществляется с помощью свинцово-кислотного аккумулятора. Модуль «master», компьютер, антенна и элементы питания размещаются во влагозащищенном корпусе и образуют береговую контрольно-измерительную станцию (рис. 2.2).

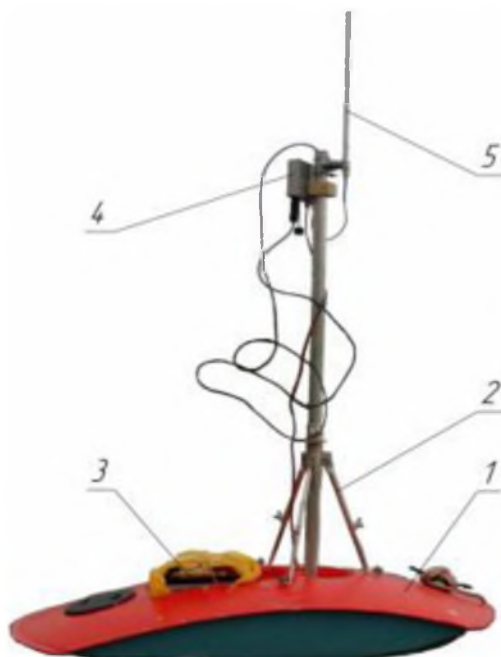


Рис. 2.1. Гидроакустическая станция комплекса «NetCor»:
 1 – плавучая платформа, 2 – поворотное-выдвижное устройство,
 3 – аккумулятор, 4 – модуль «slave», 5 – ненаправленная антенна

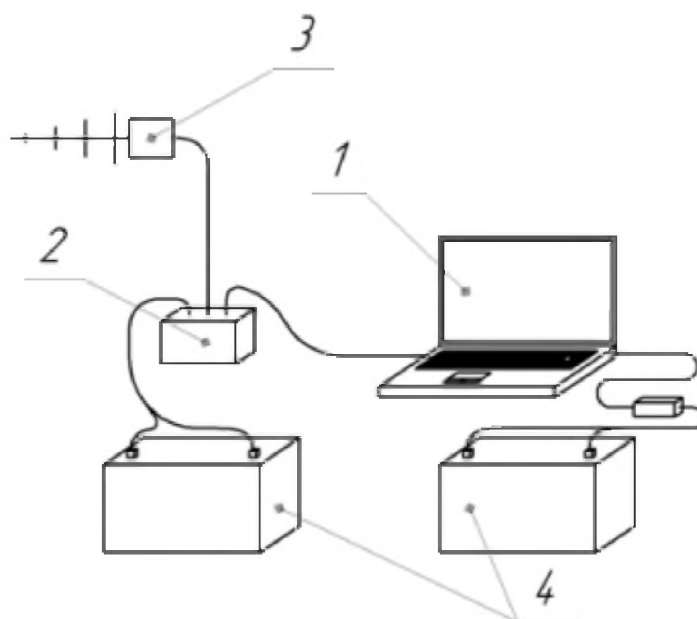


Рис. 2.2. Береговая контрольно-измерительная система:
 1 – ноутбук; 2 – модуль «master»; 3 – направленная радиоантенна;
 4 – аккумулятор

Математическое обеспечение системы состоит из компьютеров под управлением ОС «Windows» (Microsoft Corporation, США) и программного обеспечения: программы сбора данных и управления комплексом «NetCor.

Экспедиция», программы обработки данных в отложенном времени «NetCor. Обработка» (ООО «Промгидроакустика», Россия) и пакета программ Microsoft Office (Microsoft Corporation, США), включающего редактор электронных таблиц Excel.

Программа комплекса «NetCorIP. Экспедиция» позволяет удалённо с компьютера-ноутбука осуществлять управление режимами работы комплекса по радиоканалу через специальное внешнее устройство – модуль «master». Визуализация подводной обстановки осуществляется в виде движущейся эхограммы – интегральной и по каналам. Режимы встроенного осциллографа и секторного обзора позволяют выделять отдельные цели и проводить контрольные измерения силы цели рыб. Вся информация и массив получаемых гидроакустических данных непрерывно записываются в память модуля «master» в виде файлов с расширением *.rnd.

Анализ данных осуществляли с помощью программы «NetCor. Обработка». Производилась фильтрация помех и кластерный анализ для выделения полезного сигнала от рыбы на фоне реверберации акустического сигнала от поверхности воды, дна и неоднородностей водной среды (Дегтев, 2009).

В файлы данных гидроакустической системы «NetCor» записывается цифровое представление огибающей эхосигнала по всем лучам антенны. При открытии файла в программе обработки его делят на страницы и обработку проводят постранично. Общий вид окна программы обработки эхограмм «NetCor. Process» представлен на рис. 2.3.

Калибровка комплекса «NetCor» осуществлялась в непосредственной близости от рыбоучетного заграждения (РУЗ) в бассейне р. Озерной посредством сопоставления счета на РУЗ с результатами счета комплекса. Одновременно с калибровкой отрабатывалось программное обеспечение. Выявленные недостатки работы комплекса устранялись разработчиком (Дегтев, 2010; Малых, 2011).

Работы по гидроакустической регистрации нерки в бассейне р. Озерной проводились на полигоне, расположенном в 3,5 км ниже по течению от заграждения, на постоянной основе (рис. 2.4). Необходимость смены

местоположения от места первоначальной установки вблизи рыбоучётного заграждения была обусловлена тем, что наличие РУЗ нарушало естественный ход рыбы и влияло на результаты исследований. Также в процессе исследований программное обеспечение комплекса с учетом выявленных замечаний постоянно подверглось значительным доработкам.

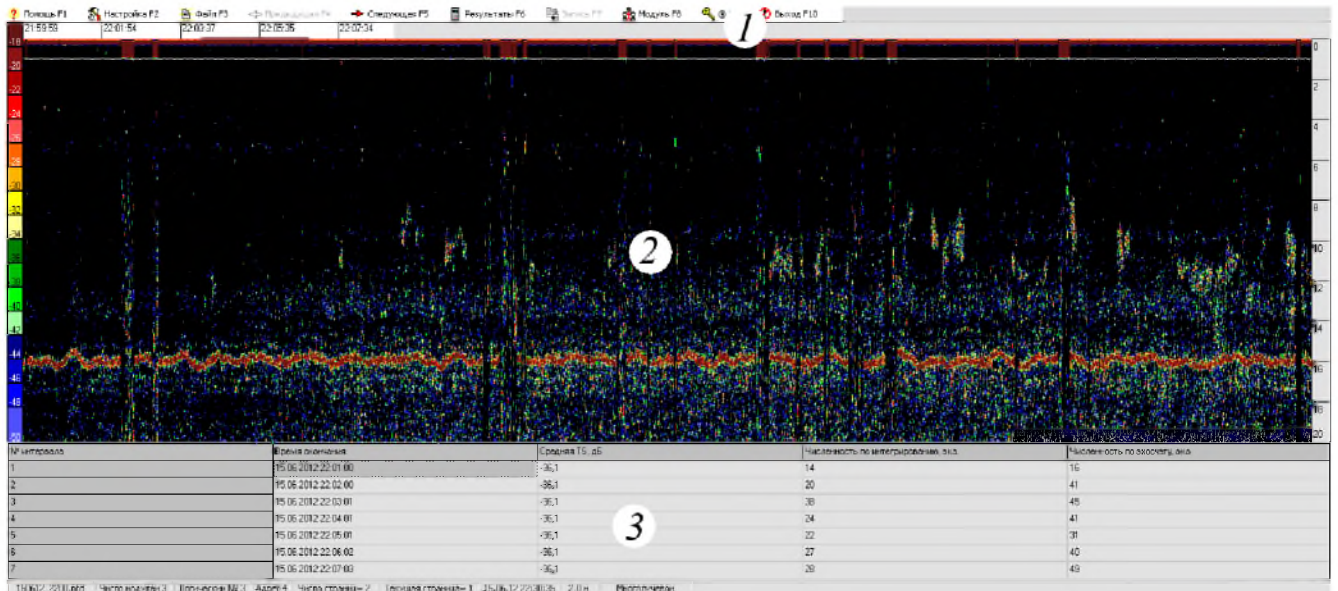


Рис. 2.3. Общий вид окна программы обработки эхограмм «NetCor. Process» (ООО «Промгидроакустика», Россия): 1 – панель меню; 2 – панель эхограмм; 3 – панель результатов эхосчета и эхоинтегрирования

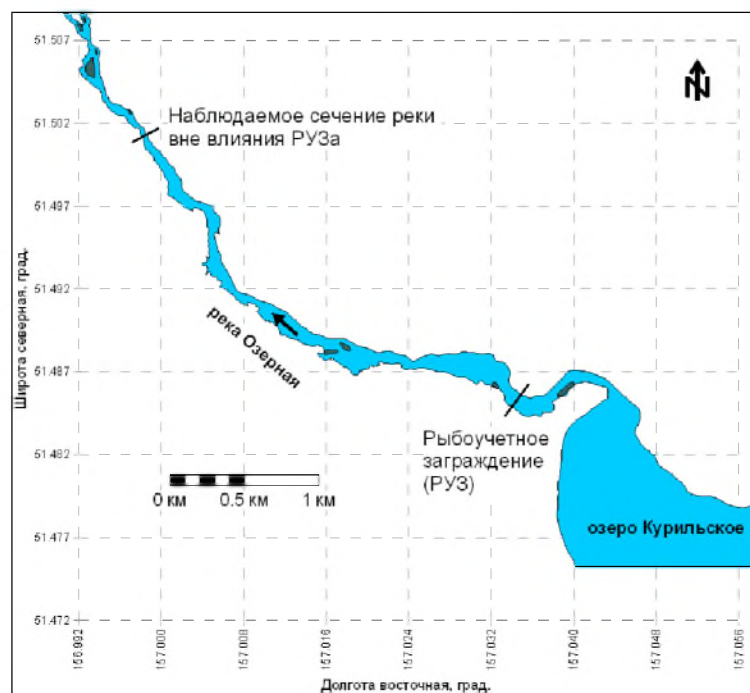


Рис. 2.4. Расположение гидроакустического створа в бассейне р. Озерной (2011 г.)

На выбранном полигоне установили плавучие платформы с излучателями, на берегу реки оборудовали контрольно-измерительную станцию (рис. 2.5).

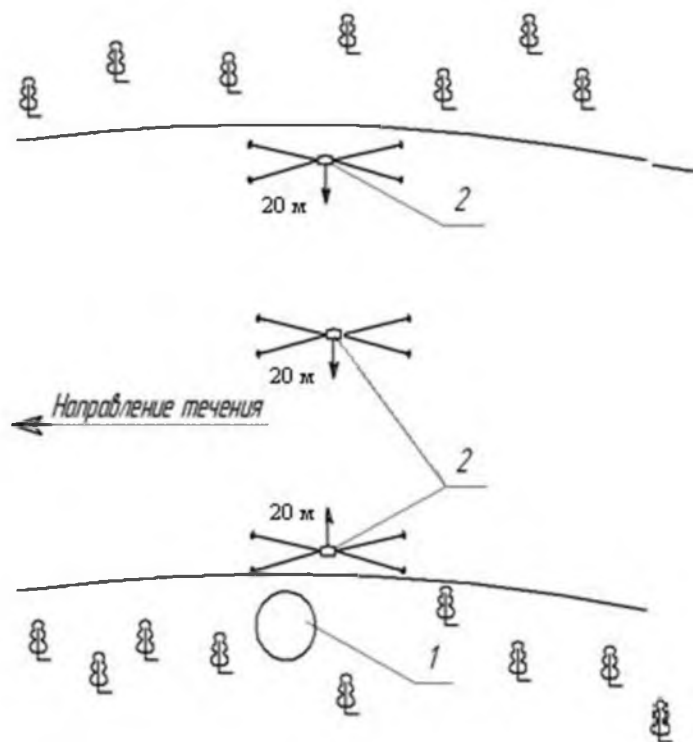


Рис. 2.5. Схема установки гидроакустических станций комплекса «NetCor» в р. Озерной: 1 – береговая контрольно-измерительная станция; 2 – плавучие гидроакустические станции

При установке экспериментальным путём определяли оптимальное положение плавучих платформ, направление и угол атаки акустических антенн.

Работы с гидроакустическим комплексом «NetCor» на другом значимом водотоке – бассейне р. Камчатка – проводили в озерной протоке Азабачьей (Фадеев, 2014). После проведения рекогносцировочных работ в протоке, соединяющей озеро с основным руслом р. Камчатка, исследования осуществляли на рыбоучетном створе в 3 км от впадения протоки в реку, в непосредственной близости от биостанции «Радуга» (структурное подразделение ФГБУН «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» ДВО РАН) (рис. 2.6).

Схема установки комплекса «NetCor» в протоке Азабачьей была аналогична установке в р. Озерной (рис. 2.7).

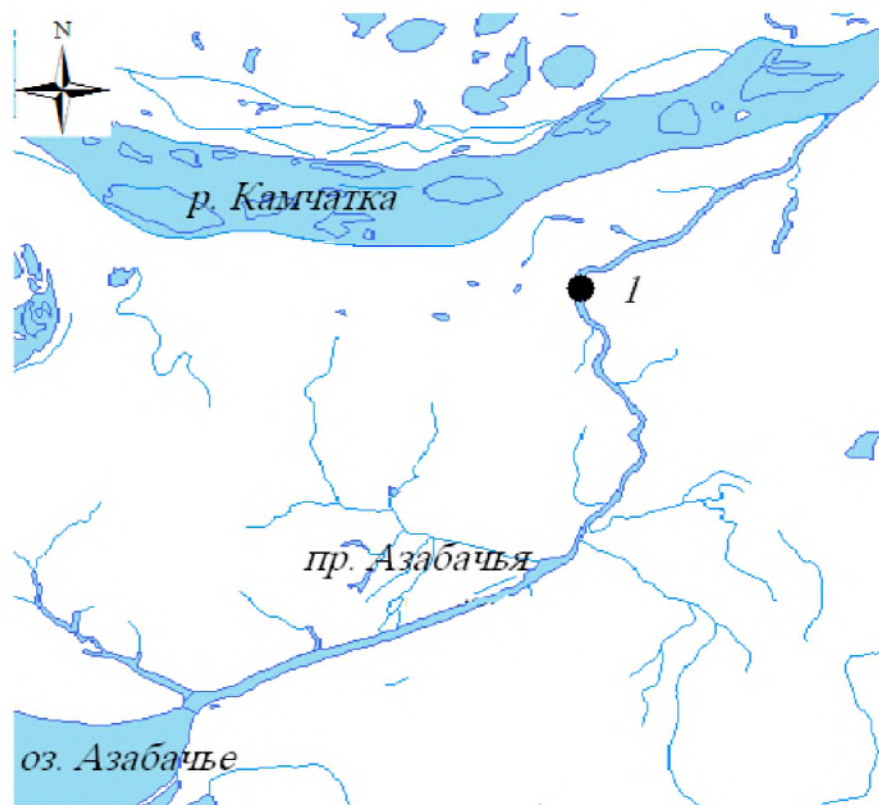


Рис. 2.6. Расположение полигона для проведения исследований количественного учета производителей нерки гидроакустическим методом в протоке Азабачьей



Рис. 2.7. Полигон для установки гидроакустических станций комплекса «NetCor» в протоке Азабачьей

В 2017 г. для исследования динамики пропуска производителей на нерестилища был внедрён ещё один гидроакустический комплекс – «DT-X» от производителя BioSonics Inc. (США). В оригинальном исполнении комплекс представляет собой разработку военного назначения, предназначенную для охраны военных судов от диверсантов на стоянках в порту. В США до настоящего времени накоплен опыт применения «DT-X» как составной части комплексного мониторинга захода лососей в устьевой части крупной р. Фрейзер, а также в условиях малой реки Квинаулт, берущей начало из одноименного озера, где нерестится крупная популяция нерки (Conrad et al., 2019).

Гидроакустический комплекс «DT-X» является цифровым однолучевым эхолотом с технологией расщеплённого луча, что при рабочей частоте 120 кГц позволяет регистрировать перемещение одиночных подводных целей на расстоянии до 248 м. Комплекс состоит из излучателя, располагаемого в водотоке и связанного по каналу пакетной передачи данных с береговой компьютеризированной контрольно-измерительной системой (рис. 2.13). Акустическое зондирование может осуществляться в горизонтальной плоскости под любым заданным углом к поверхности воды и в вертикальной плоскости в направлении дна или поверхности воды.

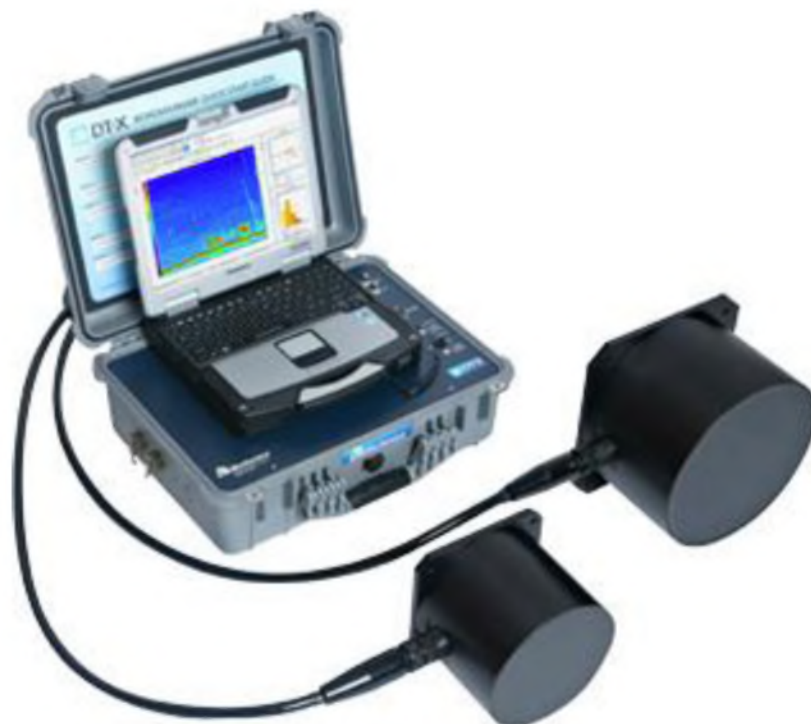


Рис. 2.13. Цифровой однолучевой эхолот «DT-X»

Технические характеристики системы следующие:

- рабочая частота – 120 кГц;
- частота следования посылок – 0,01–30,0 Гц;
- длительность посылки – 0,1–1,0 мс;
- дальность регистрации одиночной рыбы – 248 м;
- электрическая мощность на антенне – 100–1000 Вт;
- интегрированный датчик ориентации (направление, крен, дифферент);
- напряжение электропитания – 85–264 ~ В или 10–14 – В;
- потребляемая мощность – 30 Вт.

Программное обеспечение комплекса состоит из штатной программы управления и сбора данных в реальном времени «Visual Acquisition» (BioSonics Inc., США) и программы камеральной обработки данных в отложенном времени «Echoview» (Echoview Software Pty Ltd, Австралия), устанавливаемых на компьютерах платформы x86–x64 под управлением ОС «Windows» (Microsoft Corporation, США).

Научно-исследовательские работы в бассейне р. Озерной были проведены в 13 км от устья на полигоне, который располагался на левом берегу реки, на территории Южно-Камчатского заказника. Работы проводили в период 2017–2019 гг. сотрудники лаборатории промышленного рыболовства Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО».

Исследования осуществляли путем установки гидроакустического комплекса на пути миграции производителей на нерест. Ширина реки в выбранном месте составляет 45 м с пологим уклоном дна, что является наиболее подходящим условием для размещения гидроакустических устройств. На берегу реки был оборудован автономный наблюдательный пункт с компьютеризированной системой сбора и обработки информации. Излучатели приборов установлены в 0,5 м от реки (Малых и др., 2017, 2020).

Гидроакустический комплекс «DT-X» в протоке Азабачьей был установлен в 2018 г. Для калибровки комплекс установлен в гидроакустическом створе в непосредственной близости от ранее внедрённого и откалиброванного комплекса

«NetCor» (рис. 2.14). Если датчики гидроакустического комплекса «NetCor» устанавливались на две оригинальные плавучие платформы и каждый зондировал сектор сечения протоки, то датчик комплекса «DT-X» был установлен на платформе рыбацкой лодки и зондировал все её сечение. Обработка информации осуществлялась независимо для каждого комплекса, в соответствии с оригинальным программным обеспечением. Всего было записано 70 сут непрерывных регистрационных записей.

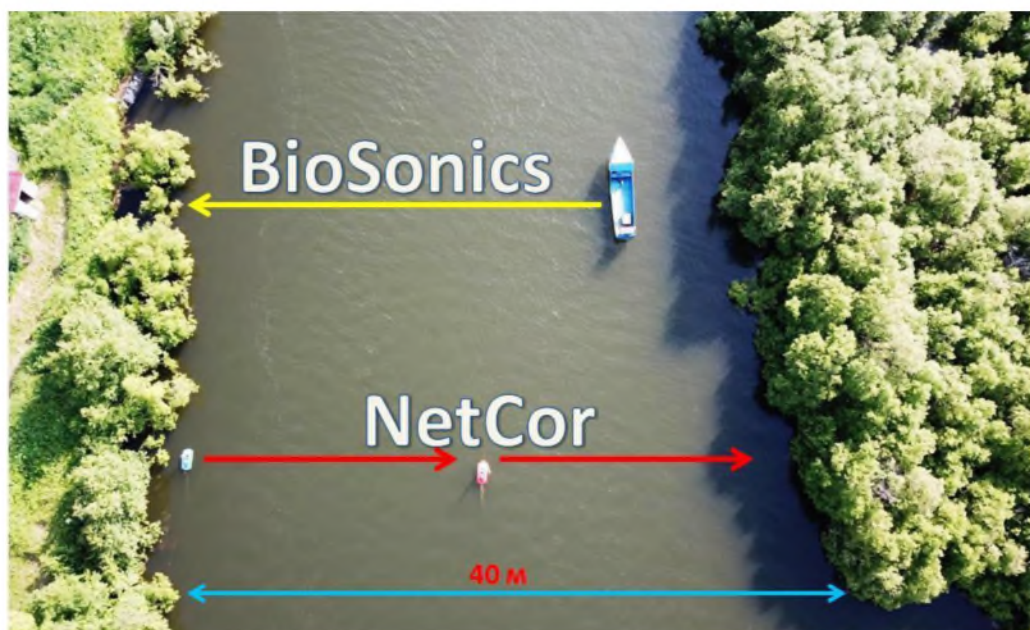


Рис. 2.14. Гидроакустический полигон в протоке Азабачьей (2018 г.)

Исследования проводили на выбранных гидроакустических створах. Наблюдения охватывали весь период хода производителей тихоокеанских лососей к местам нереста. Всего непрерывных записей – 780 сут. Количество непрерывных наблюдений в сутках на различных водоёмах представлено в табл. 2.1.

Для сравнения оценок численности мигрирующих рыб использовали информацию, полученную с помощью выборочных и сплошных учетов – пеших, с использованием беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и вертолетов.

Пешие учёты проводили методом выборочного учёта (Шевляков и др., 2013). Совершали обход наиболее значимых нерестилищ в бассейне оз. Азабачье.

Аэрофотосъёмку осуществляли с помощью квадрокоптера DJI «Mavic PRO» (Dajiang Innovation Technology Co, КНР). Фотографирование нерестилищ и

скоплений рыб в озере проводили с высоты 20–30 м, затем снимки были проанализированы в стандартных программах просмотра изображений Windows XP (Microsoft Corporation, США) и свободно распространяемой программе «ImageJ» (National Institutes of Health, США) (Kudo et al., 2012; Whitehead et al., 2014; Christie et al., 2016; Groves et al., 2016; Запорожец, Запорожец, 2017).

Таблица 2.1

Применение гидроакустического комплекса «NetCor» и «DT-X», сут

Год	Исследуемый водоток	
	Р. Озерная	Пр. Азабачья
2011	40	—
2012	64	—
2013	—	53
2014	—	58
2015	—	62
2016	—	78
2017	56	63
2018	79	80
2019	65	82

Для проведения авиаучетов использовали вертолеты МИ-8, Ми-2, AS350 В2, BELL 429. Учеты осуществляла группа авианаблюдателей Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО». Методика подразумевает использование вертолѐта для подсѐтов производителей на нерестилищах на небольших скоростях (100–120 км/ч) и малой высоте (50–150 м). Нерестилища осматривали в период массового нереста или несколько позднее, чтобы определить максимальное количество рыб (Остроумов, 1975; Шевляков и др., 2013).

Контрольный лов осуществляли в основном русле бассейна р. Камчатка на рыболовном участке (РЛУ) промышленного лова № 832 «Хваленка» (рис. 2.15). В периоды, определенные Комиссией по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб в Камчатском крае (далее Комиссия) как проходные, производилось до двух контрольных обловов в день плавной сетью длиной 450 м и высотой стенки 6 м с размером ячеи 65–70 мм. По мере интегрирования работ в качестве практического инструмента в систему оперативного регулирования

промысла в 2017 г. по решению Комиссии было рекомендовано проводить до четырёх контрольных обловов. В 2018 г. количество контрольных обловов решением Комиссии увеличили до шести.



Рис. 2.15. Расположение контрольного РЛУ № 832 в бассейне р. Камчатка

Сплавы проводили силами и средствами представителей промысловой бригады. Это были стандартные промысловые операции. Интервал между операциями составлял 2 часа. Данные обловов усредняли и в расчетах принимали как средний показатель улова на усилие, или «catch per unit effort» (CPUE) за день. В промысловые дни статистику уловов собирали из отчетов промысловых журналов.

Параметры тони РЛУ № 832 «Хваленка» позволяют осуществлять эффективное рыболовство в едином русле. Створ реки в пространстве тони относительно узок, не имеет ветвлений, и позволяет исключить обход лососями сетей даже в период паводка. Участок располагался в 8 км ниже по течению от места слияния протоки Азабачьей с р. Камчатка. Является наиболее эффективным участком, так как на период работ являлся и наиболее удаленным (последним) от устья. Также удаление участка на 30 км от устья реки исключает временную привязку хода рыбы к морским приливным циклам (Фадеев и др., 2016).

Всего за четыре года (2016–2019) было проведено 842 контрольных сплава в течение 259 сут. Количество контрольных сплавов и трудодней по годам представлено в табл. 2.2.

Контрольный лов на РЛУ № 832 «Хваленка»

Год	Количество сплавов, ед.	Трудодни, ед.
2016	112	56
2017	170	65
2018	350	79
2019	210	59

В 2018 г. контрольный лов проводили ещё на двух участках – устьевом № 827 и новом, максимально удаленном от устья РЛУ № 1136 (тоня «Верхние Щеки»). РЛУ № 1136 расположен выше по течению от впадения в реку протоки Азабачьей и от контрольного № 832 на 15 км.

Использование устьевой тони позволяет проводить оперативный мониторинг заходов производителей из морского побережья в реку. Расположение максимально удаленного от устья РЛУ № 1136 дает возможность оценивать пропуск производителей в среднее и верхнее течения бассейна р. Камчатка, исключая популяции, воспроизводящиеся в оз. Азабачьем. Данное обстоятельство позволяет оценивать пропуск рыб, воспроизводящихся выше по течению, не только как разницу между общим числом зашедших в реку и пропущенных в протоку, но и в качестве независимой оценки, которую можно использовать при анализе суммарного пропуска производителей в совокупности используемых методов.

По результатам проведения комплексных работ были разработаны модели оценки пропуска нерки по всему бассейну р. Камчатка. Данные модели разрабатывали совместно с заведующим лабораторией динамики численности лососевых рыб КамчатНИРО к.б.н. Е.А. Шевляковым и ведущим научным сотрудником этого же учреждения к.б.н. М.Г. Фельдманом (Фадеев и др., 2019).

В процессе исследований привлекали данные биологической характеристики рыб из промысловых уловов предприятий Усть-Камчатского района. Биологический анализ включал измерение массы, длины тела, определение пола, взятие чешуи и отолитов, определение массы гонад, навески икры (Правдин, 1966).

Обозначение возраста представляет собой европейскую систему, используемую для атлантического лосося, которая в настоящее время применяется и для тихоокеанских лососей. Данная методика определения возраста принята международной Комиссией по анадромным рыбам северной части Тихого океана (North Pacific Anadromous Fish Commission, NPAFC, www.npafc.org).

В основу материалов, обосновывающих прогнозируемый объем добычи (вылова) нерки в водных объектах Петропавловско-Командорской подзоны, положены следующие данные:

– статистика биологических показателей нерки, собранная сотрудниками КамчатНИРО в бассейне р. Камчатка и рек юго-востока Камчатки на рыбодобывающих предприятиях и контрольно-наблюдательных пунктах в период промысла лососей;

– промысловая статистика 1989–2020 гг., предоставленная Северо-Восточным территориальным управлением Росрыболовства;

– ежегодная статистика вылова нерки морским дрейфтерным промыслом (1995–2015 гг.) по районам в экономической зоне Российской Федерации (Бугаев, 2015);

– оценки пропуска производителей нерки на нерестилища в р. Камчатка и в группы рек юго-восточного побережья Камчатки, полученные сотрудниками КамчатНИРО, на основе следующей информации:

а) аэровизуальные оценки численности производителей ранней и поздней нерки, пропущенных в бассейн р. Камчатка за 1991–2019 гг., а также данные о результатах работ на контрольном створе в нижнем течении основного русла реки на рыболовном участке (РЛУ) № 832 (тоня «Хваленка»);

б) учетные оценки численности нерки обеих временных форм, пропущенной в бассейн оз. Азабачье в 2016–2019 гг., полученные с помощью гидроакустических комплексов «NetCor» и «DT-X» в протоке Азабачьей.

Оценку величины запаса нерки р. Камчатка осуществляли на основе данных промысловой статистики, информации по заполнению нерестилищ, биостатистических материалов и регистрирующих возраст структур (чешуи).

Расчет численности поколений нерки р. Камчатка проведен по связи «родители–потомки» (Beverton, Holt, 1957), ежегодно обновляемой с привлечением данных терминального года. Кроме того, использован метод оценки численности поколений, основанный на остаточном принципе (метод сиблингов) (Peterman, 1982).

Источником для оценки численности подходов и величины прогнозируемого вылова нерки в Камчатско-Курильской подзоне (в границах Камчатского края) послужили данные:

а) промысловой статистики с 2011 по 2019 г., полученные из Северо-Восточного территориального управления Росрыболовства (СВТУ);

б) о численности производителей, пропущенных на нерестилища, собранные сотрудниками КамчатНИРО в ходе авиамониторинга и учета на рыбоучетном заграждении (РУЗ), расположенном в истоке р. Озерной за 1995–2019 гг.;

в) биологической статистики, собранные сотрудниками КамчатНИРО.

Объем пропуска производителей, соответствующий максимальному устойчивому вылову (MSY), оценивался с помощью моделирования в системе отношений между производителями лососей S и вернувшимися потомками. В качестве модели, определяющей количество R от имеющегося числа S , была выбрана резонансная модель (1) (Фельдман, Шевляков, 2015):

$$R = \frac{aS^2}{\sqrt{(S_0^2 - S^2)^2 + b^2 S^2}}, \quad (1)$$

где a – предел пополнения R при неограниченном нерестовом запасе S ; b – нерестовый запас, необходимый для продуцирования пополнения a при максимальной выживаемости; S_0 – нерестовый запас, обеспечивающий максимальную выживаемость потомков.

Параметр a измеряется в тех же единицах, что и пополнение R , а параметры b и S_0 имеет ту же размерность, что и родительский запас S . Эти особенности модели дают возможность разбивать общую для нескольких популяций модель на частные случаи согласно среднеголетним уровням пропуска производителей и пополнения, и наоборот, складывая параметры моделей для отдельных популяций, получать общую для какого-либо региона модель.

ГЛАВА 3. МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НЕРКИ РЕК КАМЧАТКА И ОЗЕРНАЯ

3.1. Промысел

Освоение запасов тихоокеанских лососей, в частности нерки, осуществляется различными видами промысла: дрефтерным, прибрежным и речным. Первая статистика уловов тихоокеанских лососей была получена начиная с 1910 г. (Уловы тихоокеанских лососей..., 1989). По данным различных авторов, которые не раз представляли динамику вылова азиатской нерки, предыдущий исторический максимум периода 1920–1930-х гг. составлял от 15 до 40 тыс. т (Бугаев, 1995; Бугаев, Дубынин, 2002; Бугаев, Бугаев, 2003). Позднее, в 1960–1980-х гг., наблюдалось снижение уловов этого вида до 5–10 тыс. т, а в 1990–2000-х гг., наоборот, их рост — до 30–40 тыс. т.

Дрефтерный промысел начал активно развиваться в начале 1950-х гг. В основном его вели японские рыбодобывающие компании. Максимальные уловы азиатской нерки в этот период достигали порядка 15–20 тыс. т (Бугаев, 2015). После введения в 1977 г. исключительных экономических зон (ИЭЗ) дрефтерный промысел начал постепенно сокращаться. С 1 января 2016 г. данный вид лова запрещен в ИЭЗ РФ в связи с вышедшим приказом Президента Российской Федерации. Основными видами промысла нерки в настоящее время являются прибрежное и речное рыболовство. Многолетняя динамика уловов нерки Камчатки представлена на рис. 3.1.

Во второе десятилетие XXI века уловы нерки Камчатки достигли исторического максимума за весь период наблюдений. Основной вклад в развитие их динамики внесли стада рек Камчатка и Озерная (рис. 3.2).

На рис. 3.2 видно, что максимальный уровень добычи нерки прибрежно-речным промыслом был отмечен начиная с 2000-х гг. В 2013 г. отмечен рекордный суммарный вылов нерки рек Камчатка и Озерная — 49 тыс. т. При этом стало заметно преобладание по уровню запасов стада р. Озерной. Рассмотрим более подробно динамику прибрежно-речного промысла обоих стад.

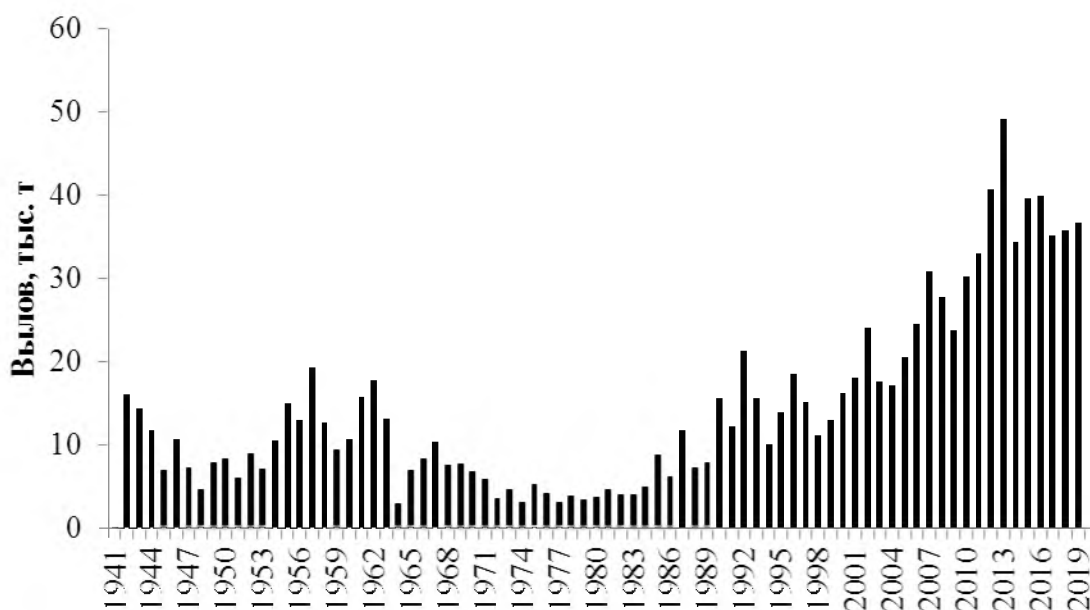


Рис. 3.1. Динамика уловов камчатской нерки по данным 1941–2019 гг.

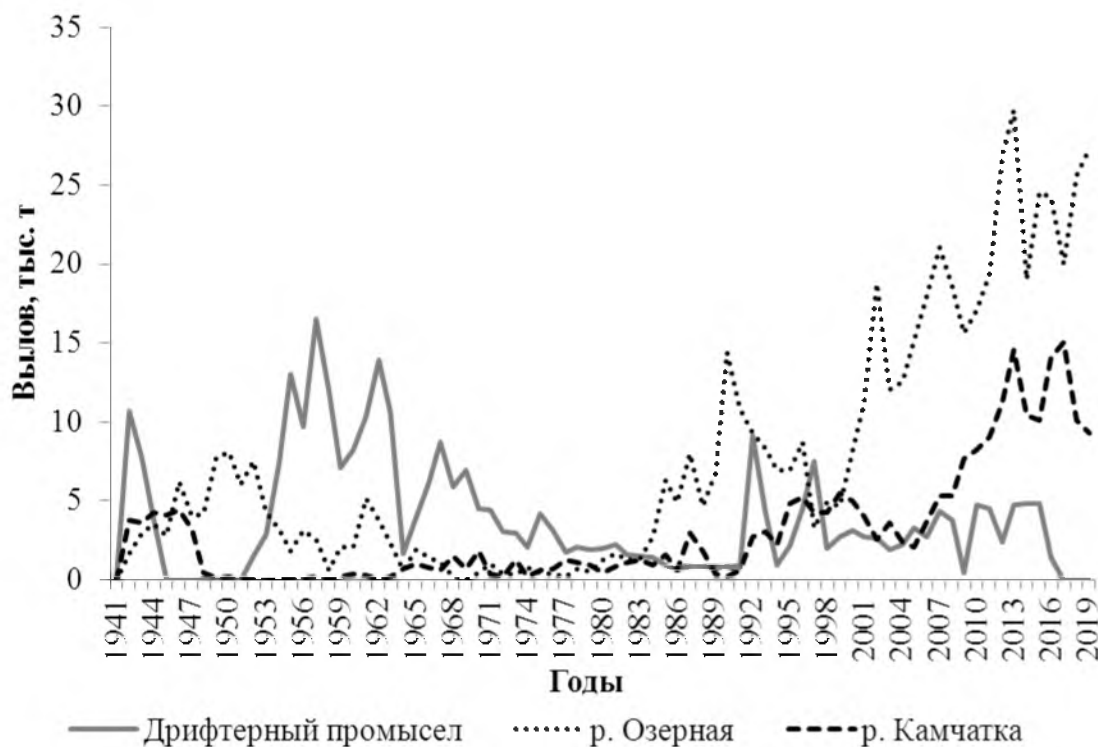


Рис. 3.2. Динамика береговых (бассейн рек Камчатка и Озерная) и дрифтерных уловов нерки

Обращаем внимание, что в дальнейшем в работе рассматриваются ряды наблюдений с 1971 г. Это обусловлено ограничениями официальной промысловой статистики, которая утверждена на международном уровне Комиссией по анадромным рыбам северной части Тихого океана (NPAFC, www.npafc.org). Более ранние данные не отражают точно динамику запасов

дальневосточных лососей из-за значительного влияния японского дрейфтерного промысла.

Динамика вылова нерки рек Озерная и Камчатка имеет тренд на увеличение с начала 1980-х гг. (рис. 3.3). В среднем доля изъятия нерки этих двух стад составляет 80 % от всей добытой в регионе. С начала 90-х гг. XX века эта доля колеблется в небольших пределах (от 79 до 93 %).

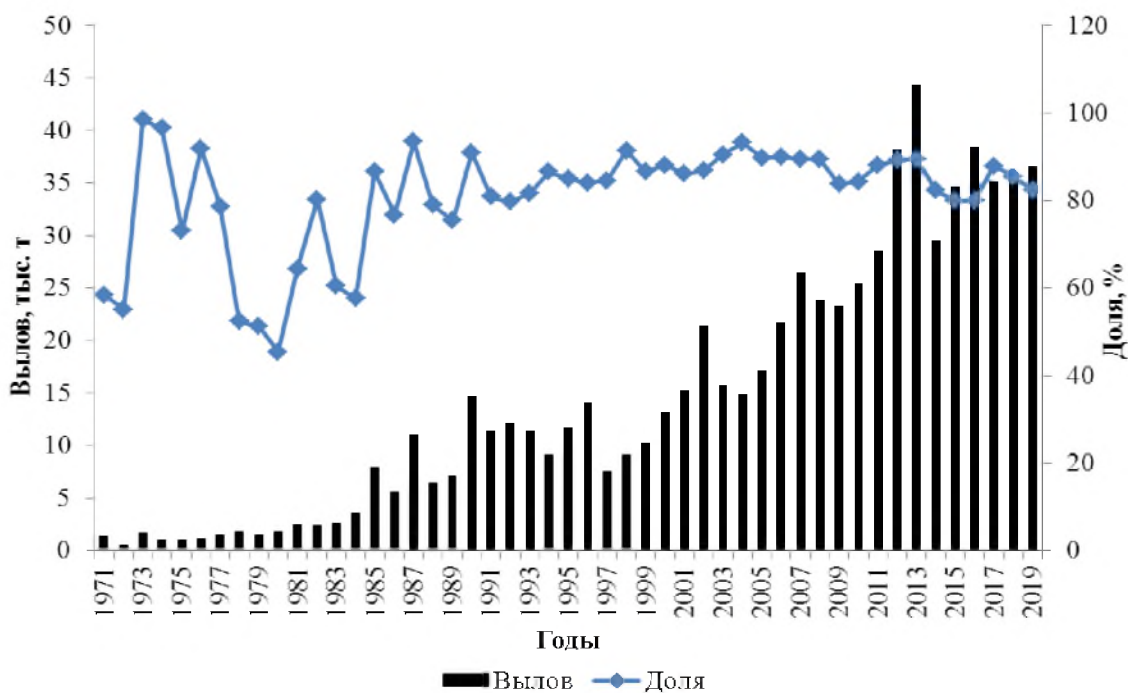


Рис. 3.3. Доля береговых уловов нерки рек Озерная и Камчатка

В современном периоде вылов стад нерки рек Камчатка и Озерная находится на высоком уровне. Исторические рекорды, высокая доля вклада вылова нерки прибрежного и речного промысла ещё раз подчеркивают значимость этих стад, что подтверждает практическую актуальность современных исследований в данной работе. Факторы, повлиявшие на высокую численность, судя по литературным данным, — климатические условия, экосистемные перестройки биологических сообществ, пищевая конкуренция, а также промысловый прессинг различных уровней (Радченко, Рассадников, 1997; Шунтов и др., 1997; Klyashtorin, Rukhlov, 1998; Кляшторин, 2000; Бугаев, Дубынин, 2002). В настоящей работе подробно проведен анализ промысловой нагрузки отдельно для стада рек Камчатка и Озерная.

Промысел в бассейне р. Озерной. Среднегодовой береговой вылов нерки р. Озерной за период наблюдений 1932–2019 гг. составлял 7 тыс. т. В 1940–1947 гг. вылов в данном водоёме доходил до 8,0 тыс. т, в 1980–1996 гг. – до 14,4 тыс. т. В современный период, с 2000 до 2019 г., вылов находился на максимальном уровне за весь период наблюдений и в среднем составлял 19 тыс. т с максимальным исторически зафиксированным выловом в 2013 г. – 29,7 тыс. т (рис. 3.4).

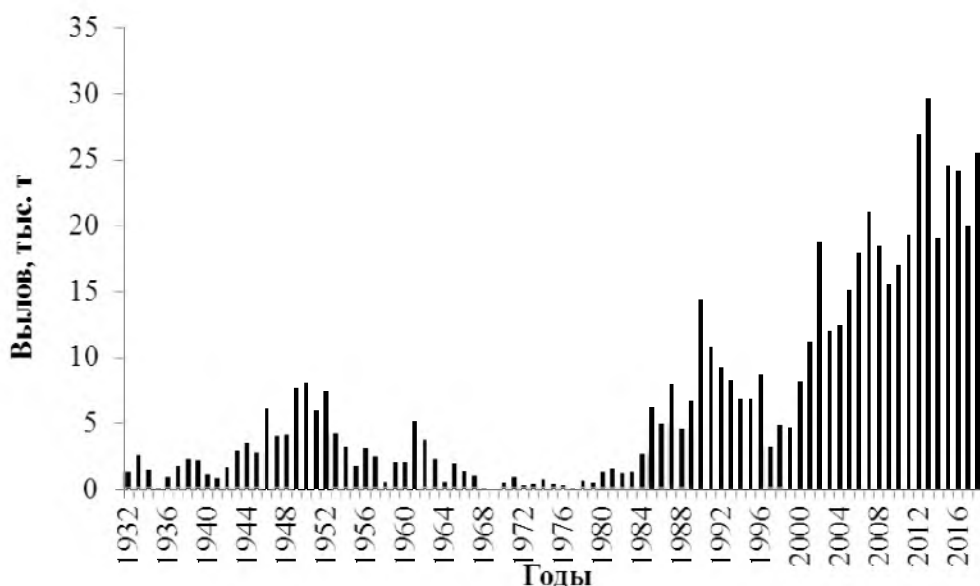


Рис. 3.4. Динамика береговых уловов нерки бассейна р. Озерной по данным 1932–2019 гг.

Промысел озерновской нерки ведется морскими ставными неводами в районе устья р. Озерной и на юго-западном побережье Камчатки, закидными неводами – на речных РЛУ, расположенных в нижнем течении реки. Также до 2016 г. велся дрейфтерный промысел в море

Прибрежный промысел морскими ставными неводами является наиболее оптимальным методом добычи нерки в районе бассейна р. Озерной. Однако в связи с высокой численностью в отдельные годы западнокамчатской горбуши основной вылов озерновской нерки иногда рациональнее проводить закидными неводами в нижнем течении реки. Следовательно, вылов нерки р. Озерной ставными неводами колеблется по четным и нечетным годам и зачастую зависит от ожидаемой численности горбуши. В годы высокой численности горбуши

выставляют большее число ставных неводов, соответственно, доля вылова нерки морскими ставными неводами в совокупности становится выше (Дубынин и др., 2007). Промысел закидными неводами в нижнем течении р. Озерной является главным методом добычи нерки, исторически сложившимся в этом районе с самого начала промышленного освоения ее запасов в 1900-х гг. Он сохранился и в настоящее время. Основной вылов ведется на 5 нижних речных РЛУ.

По данным NPAFC, имеющимся в нашем распоряжении с 1971 г., доля вылова нерки береговым промыслом в бассейне р. Озерной была всегда высокой и составляла в разные годы от 72 до 99 % общего вылова на западном побережье Камчатки, в среднем – 90 % (рис. 3.5).

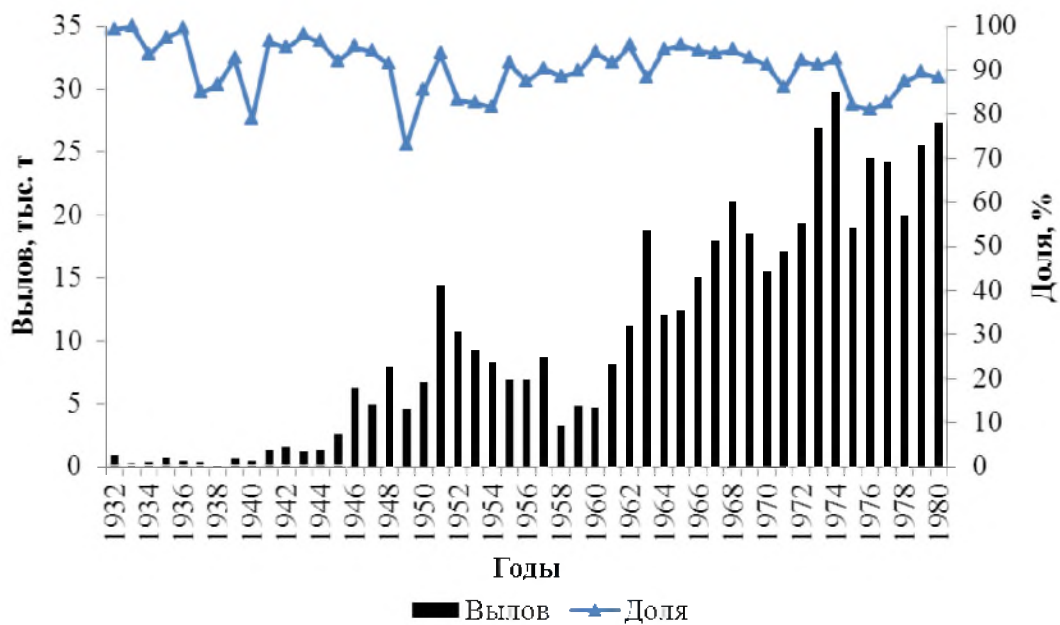


Рис. 3.5. Доля береговых уловов нерки р. Озерной

Промысел в бассейне р. Камчатка. Среднегодовой береговой вылов нерки р. Камчатка с 1932 по 2019 г. составлял 2,8 тыс. т (рис. 3.6). В 1944–1947 гг. вылов здесь доходил до 4,0 тыс. т, в 1995–2001 гг. – до 5,5 тыс. т. В последнее десятилетие вылов в среднем составил 7,5 тыс. т с максимальным исторически зафиксированным показателем в 2017 г. – 15,1 тыс. т.

Промысел нерки в бассейне р. Камчатка ведется как ставными неводами в заливе, так и плавными сетями на речных РЛУ. По данным NPAFC, имеющимся в нашем распоряжении с 1971 г., доля вылова нерки береговым промыслом в

бассейне р. Камчатка составляла в разные годы от 18 до 100 % общего вылова на восточном побережье Камчатки, в среднем – 69 %. В последние два десятилетия эта доля варьировала в менее широких пределах – от 71 до 89 % – и в среднем составляла 79 % (рис. 3.7).

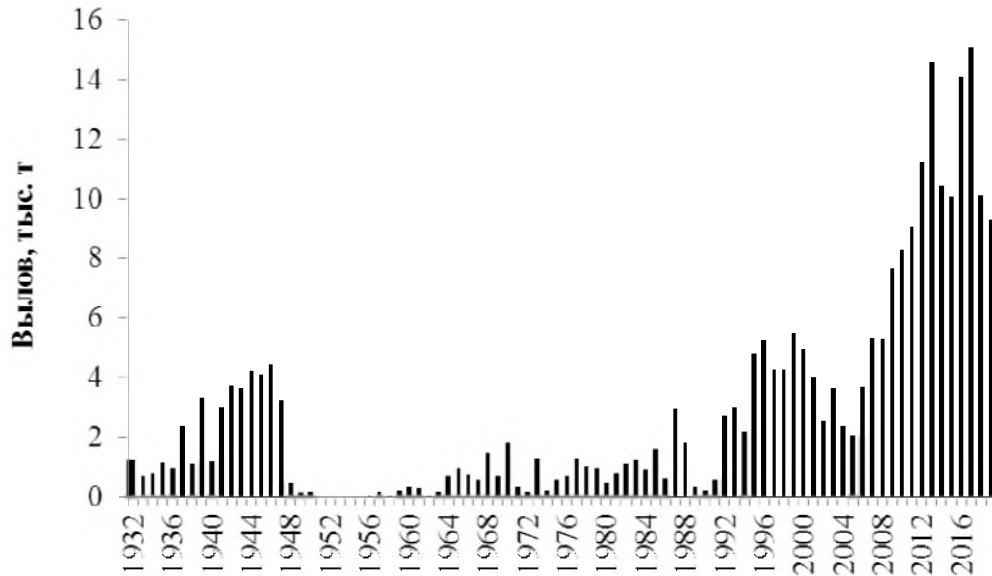


Рис. 3.6. Динамика береговых уловов нерки бассейна р. Камчатка по данным 1932–2019 гг.

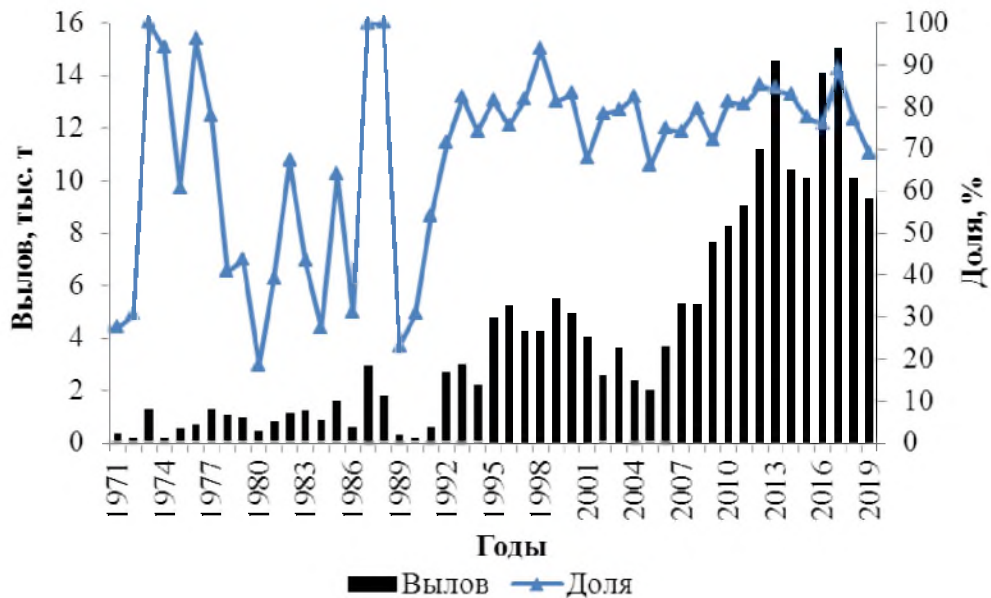


Рис. 3.7. Доля береговых уловов нерки р. Камчатка

Исторически промысел нерки в р. Камчатка осуществлялся непосредственно в реке с помощью плавных сетей. Впервые ставные невода начали использовать японские промышленники в начале XX века. В постреволюционный период рыбу добывали в реке товарищества, впоследствии

рыбодобывающие колхозы. При этом небольшое количество неводов выставлялось в заливе. В конце 1980-х – начале 1990-х годов начался рост числа морских ставных неводов в Камчатском заливе. Увеличение количества ставных морских неводов связано с экономической выгодой. До 1995 г. из рыбы изготавливали в основном консервы, поставляемые на внутренний рынок, и поэтому предъявляемые требования к качеству сырья были менее строгие. С 1996 г. рыба с уловов морских неводов в свежемороженом виде в основном реализуется на внешних рынках по более высокой цене. Нерка, выловленная на речных РЛУ, как правило, из-за нерестовых изменений или в результате обьячеивания сетными орудиями лова, менее качественная, чем та, которая поступила с уловов в море (Бугаев, 2011; Шевляков, Фадеев, 2015). Число речных РЛУ в разные годы увеличивалось до 36, морских — до 12 (рис. 3.8). В начале 2000-х гг. установился круг пользователей, которые в дальнейшем закрепились и действуют в современном периоде, выиграв в конкурсах в 2008 г. В настоящее время число морских участков в заливе 11, а речных – 15 (Шевляков, Фадеев, 2015).

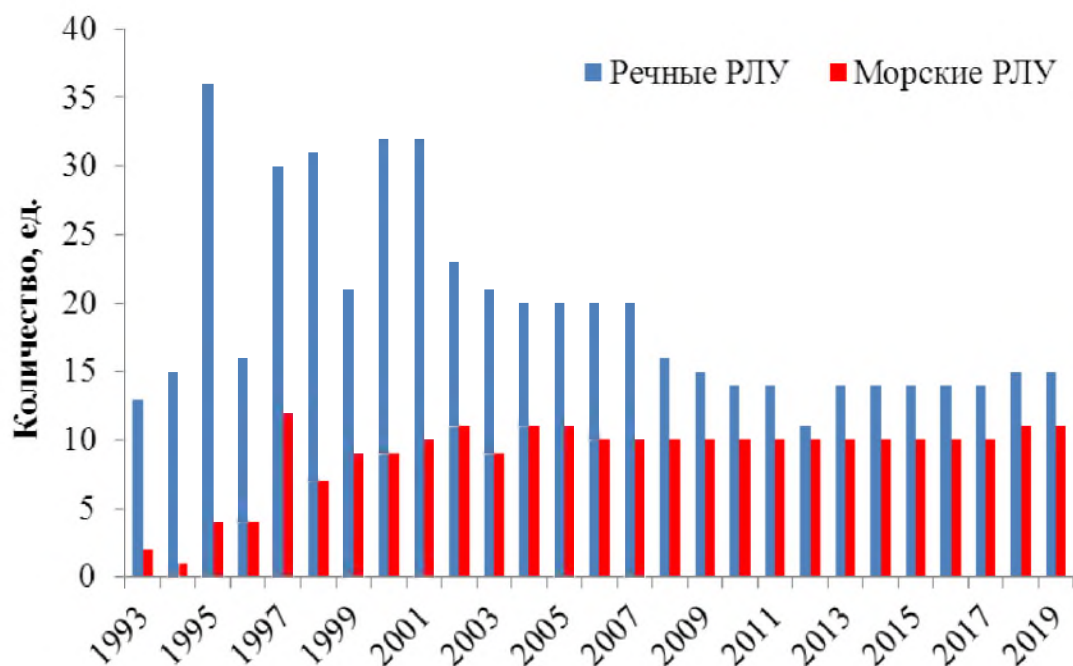


Рис. 3.8. Количество морских и речных РЛУ в бассейне р. Камчатка с 1932 по 2019 г. Промышленный речной и прибрежный лов нерки р. Камчатка в последние десятилетия обычно начинается с конца мая и заканчивается в конце первой

декады августа. Массовый лов приходится на 10–12 июня, и за вторую декаду месяца обычно осваивалось около 50 %, до конца месяца – до 70 % общего объема вылова за путину. Таким образом, ранняя форма нерки традиционно составляет основу промышленных уловов (около 70 %) в бассейне р. Камчатка. Лишь в среднем 30 % вылова ежегодно приходилось на рыб позднего хода (Коваль и др., 2020). В структуре лососевого промысла в бассейне р. Камчатка абсолютно преобладает промышленное рыболовство. Оно составляет в среднем около 97 % (Бугаев, 1995, 2011; Шевляков, Фадеев, 2015).

С периода 90-х гг. XX века прослеживаются тенденция нарастания доли морского вылова ставными неводами в Камчатском заливе от 35 % в 1993 г. до 89 % в 2019 г. (максимум в 2018 г. – 92 %) и соответствующее снижение значения речного промысла в освоении запасов нерки (рис. 3.9).

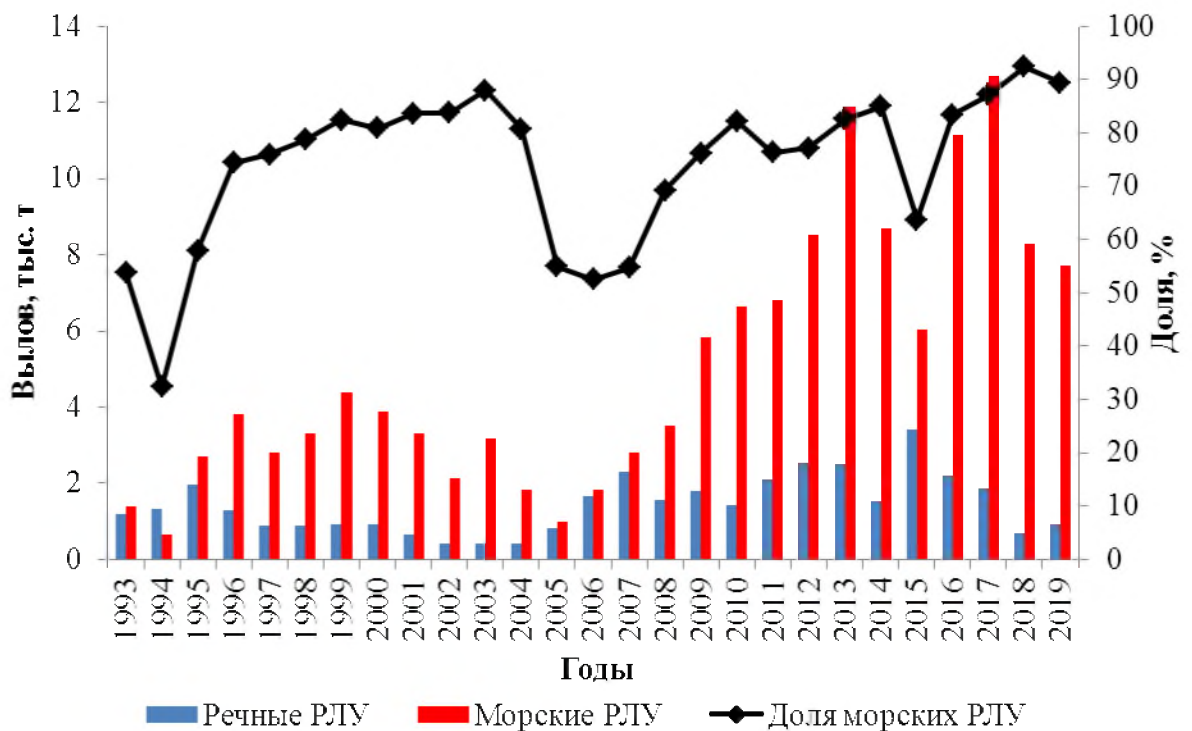


Рис. 3.9. Доля уловов нерки морскими РЛУ в бассейне р. Камчатка

3.2. Нерестовый запас

По наблюдениям многих исследователей было установлено, что у нерки р. Озерной существует четко выраженная взаимосвязь между количеством прошедших на нерест производителей и численностью взрослых рыб соответствующих поколений (Егорова и др., 1961; Семко, 1961; Селифонов, 1975, 1988б; Бугаев, Дубынин, 2002).

На основе построенной Р.С. Семко (1961) связи «родители-потомство» для озерновской нерки по первым десяти учетным циклам воспроизводства впервые была обоснована оптимальная численность производителей для данного стада.

Исследования показали, что при сравнительно малых заходах производителей на нерестилища (500–1100 тыс. экз.) существует наиболее высокий кратный возврат. Он, как правило, в четыре–пять раз, а иногда и в восемь раз выше, чем отнерестившееся количество родителей. Однако такой возврат не обеспечивает абсолютную площадную (2700–4600 тыс. рыб) и промысловую возможность (2200–3600 тыс. рыб). Р.С. Семко (1961) рассчитал, что максимальный подход и, соответственно, промысловое изъятие могут обеспечить от 2,5 до 3,5 (в среднем 3,0) млн производителей.

Таким образом, установлено, что для обеспечения максимальной продуктивности стада оз. Курильское необходимо пропускать на нерест не менее 2500–3000 тыс. производителей нерки. Такие же рекомендации давали и другие исследователи (Егорова и др., 1961).

С тех пор накопленные ряды наблюдений за динамикой численности озерновской нерки позволили уточнить связь между численностью родителей и потомков озерновского стада нерки. В настоящее время рациональная оптимальная численность производителей нерки оз. Курильское находится в пределах от 1350–1900 тыс. экз. (Селифонов, 1988б) до 2000 тыс. экз. (Бугаев, Дубынин, 2002). Также существует мнение об оптимальном пропуске в бассейн озера в отдельные годы менее 1000 тыс. рыб (Milovskaya et al., 1998; Миловская, 2006, 2007). Однако такое предположение, по мнению многих авторов, может негативно сказаться на популяции при многолетних пропусках на нерест в озеро (Бугаев, Дубынин, 2002; Антонов и др., 2007; Бугаев и др., 2009).

За весь период исследований с 1940 г. и по настоящее время численность нерки, пропущенной для нереста в оз. Курильское, варьировала в пределах 260–6000 тыс. экз. (рис. 3.10) (Селифонов, 1975; Бугаев, 1995; Бугаев, Дубынин, 2002; Антонов и др., 2007; Бугаев и др., 2009).

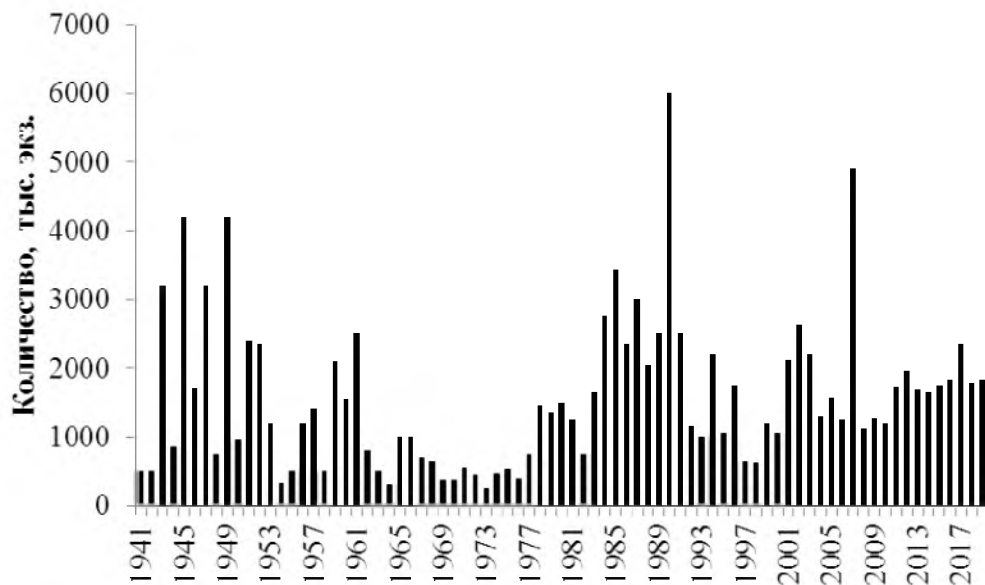


Рис. 3.10. Динамика численности пропуска производителей нерки бассейна р. Озерной

Как видно на рис. 3.10, высокое заполнение нерестилищ неркой в бассейне оз. Курильского в 1990 и 2007 гг., когда был значительно превышен целевой ориентир пропуска, в последующем не привел к кратным возвратам, что еще раз подтверждает значение оптимального пропуска. Давно известно, что чем выше заполнение нерестилищ по отношению к оптимуму, тем меньше кратность возвратов. Исследователи, применяя этот показатель, как правило, предварительно выделяют несколько градаций численности родителей (низкую, среднюю и высокую) (Бугаев, 1995).

Бассейн р. Камчатка является обширным водоёмом с сетью различных притоков. Динамика численности нерки р. Камчатка, в отличие от нерки р. Озерной, изучается на уровне отдельных локальных стад и группировок 2-го порядка. В настоящее время этот метод считается базовым (Бугаев, 1983, 1995; Бугаев, Остроумов, 1986; Бугаев, Дубынин, 2002). Численность поколений нерки всего бассейна р. Камчатки складывается из суммы всех слагающих ее элементов (Бугаев В.Ф., 2010).

Основная численность производителей нерки бассейна реки складывается из наиболее значимого стада «А» (оз. Азабачье) и группировки «Е» (р. Еловка). Другие отдельные локальные стада и группировки 2-го порядка играют значительную роль только в отдельные годы.

В.Ф. Бугаев на основании анализа численности поколений 1957–1996 гг. и изучения связей «родители-потомство» установил, что в качестве ориентировочного оптимального заполнения необходимо пропускать в бассейн оз. Азабачьего от 50 до 100 тыс. экз. Оптимальное значение пропуска для группировки «Е» – 300 тыс. экз., группировки «С» – 100 тыс. экз., группировки «В» – 50 тыс. экз., стада «Д» – 30 тыс. экз. в четные годы и 100 тыс. экз. в нечетные годы (Бугаев, 1995, 2003а, б; Бугаев, Дубынин, 2002). В зависимости от ситуации конкретного года суммарный оптимум пропуска для нерки р. Камчатка равняется от 530 (Бугаев, Дубынин, 2002) до 580–650 тыс. экз. (Бугаев, 2003б). Максимальные пределы связаны с увеличением в последних поколениях величин оптимумов для нерки стада «А» и «Д» (в нечетные годы).

По результатам других исследований для нерки р. Камчатка среднее значение оптимального пропуска, наиболее подходящее под условия современного периода, составляет 460 тыс. экз. Из них отдельно по основным локальным стадам и группировкам 2-го порядка (Фельдман и др., 2016):

- для стада нерки оз. Азабачьего – 108,5 тыс. экз.;
- для стада оз. Двухюрточного – 61,0 тыс. экз.;
- для группировки «Е» – 187,5 тыс. экз.;
- для группировки «В» – 40,0 тыс. экз.;
- для группировки «С» – 55,0 тыс. экз.

За период с 1981 по 2019 г. численность нерестовой части нерки в бассейне р. Камчатка варьировала от 139 до 1516 тыс. экз. (рис. 3.11).

Как видно на рис. 3.11, максимальный пропуск нерки в бассейн р. Камчатка был в 1995 г. и составил 1516 тыс. экз. При этом доля рыб раннего хода — около 80 % от всей пропущенной нерки, что является среднемноголетним значением за весь период наблюдений. Численность ранней нерки практически всегда имеет

определяющее значение в общем нерестовом запасе в бассейне реки. В отдельные годы её доля составляла 91 % от всех пропущенных рыб этого вида. Однако в 2018 г. доля поздней нерки была выше и составила 54 %. При этом общий пропуск в этот год был ниже среднееголетнего значения и оптимальных ориентиров пропуска в целом. Основу возврата поздней нерки составляли рыбы притока оз. Азабачьего (р. Бушуйка).

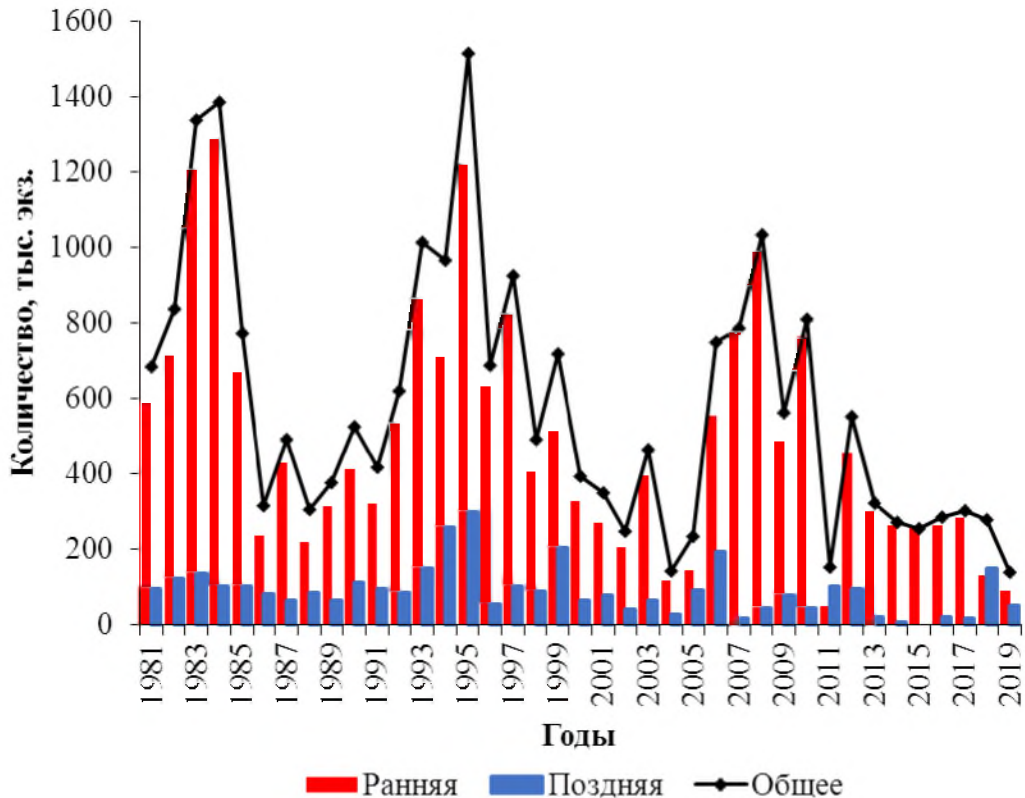


Рис. 3.11. Динамика численности пропуска производителей нерки бассейна р. Камчатка

Общая численность нерки на нерестилищах бассейна р. Камчатка снижается с 2009 г. В 2019 г. зафиксирован самый низкий пропуск за весь исследуемый период (138 тыс. экз.). Важно, что это снижение происходит на фоне роста общего вылова в последнее десятилетие. В год, когда был зафиксирован исторический рекорд освоения нерки (2017 г. – 15,1 тыс. т), пропуск составил около 300 тыс. рыб, что примерно на 160 тыс. экз. ниже ориентира оптимального пропуска в современный период.

Кроме того, ввиду сложной популяционной структуры нерки р. Камчатка основным условием стабильности ее воспроизводства и промышленной

эксплуатации является обеспечение пропуски на нерест всех группировок различного популяционного уровня и сезонных форм.

Заполнение нерестилищ производителями ранней нерки было проанализировано относительно верхнего, среднего и нижнего течения реки (рис. 3.12). К нижнему течению отнесли реки от р. Большая Кимитина до р. Озерная Камчатка, включая такие притоки, как реки Адриановка, Кавыча, Кирганик, Правая Камчатка. К среднему – от р. Белой до р. Китильгина, включая реки Николка, Щапина, Быстрая, р. Козыревка, оз. Ушковское, реки Толбачик, Крерук, Крюки. К нижнему течению отнесли бассейны р. Еловка и оз. Азабачьего, а также реки Радуга, Большая Хапица, Малая Хапица.

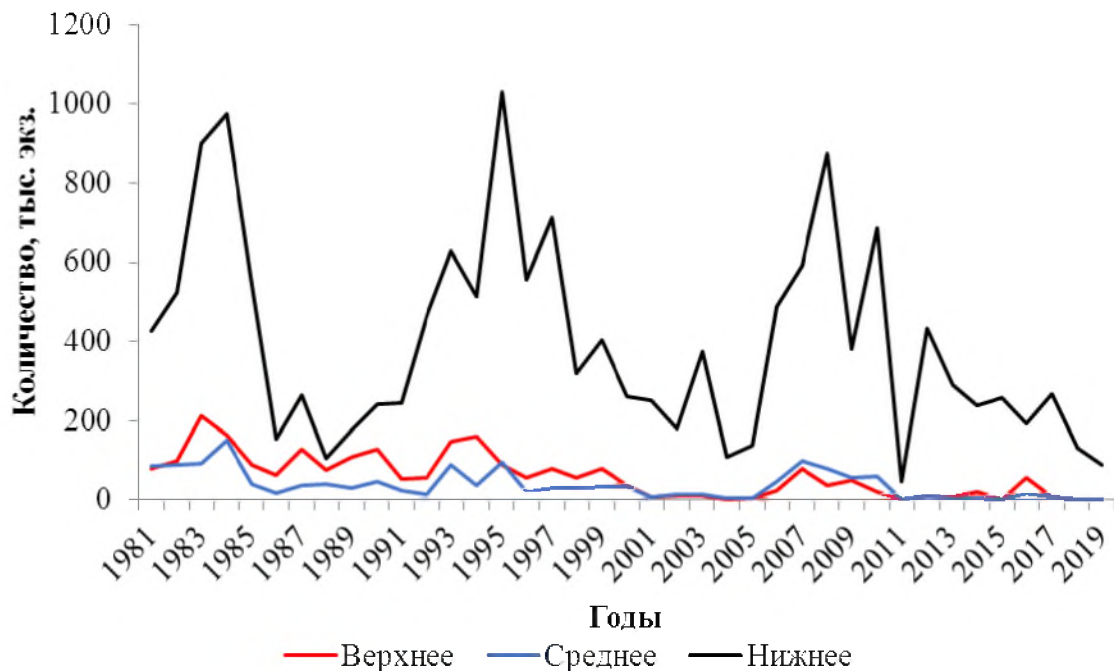


Рис. 3.12. Динамика заполнения нерестилищ производителями ранней нерки нижнего, верхнего и среднего течения р. Камчатка

Доля нерестующих производителей верхнего и среднего течения реки за последние четыре десятилетия в среднем составляет 7,5 % общего числа всей пропущенной ранней нерки. С начала 1980-х и до конца 1990-х гг. эта доля составляла в среднем 11,0 %, а в последнее десятилетие она снизилась до 3,5 %. При оптимальном заполнении бассейна реки всеми локальными стадами и группировками ранней нерки доля рыб верхнего и среднего течений должна составлять минимум 12 % общего числа всех нерестующих рыб.

Нижнее течение включает в себя рыб двух крупных локальных стад озер Азабачье и Двухюрточное, а также группировки бассейна р. Еловка. Нерестовая численность ранней нерки этого течения в разные годы варьировала от 89 тыс. до 1032 тыс. экз. В среднем доля этих рыб составляла 67 % общего числа производителей, пропущенных в бассейн реки. В последнее десятилетие она находится даже выше среднегодовалого (73 %), однако численность производителей в среднем составляет 273 тыс. экз., что примерно на 30 % ниже оптимального заполнения. На рис. 3.13 видно, что в 1980–1990-е гг. численность рыб локального стада оз. Азабачье и группировки бассейна р. Еловка была примерно одинакова, однако с 2005 г. численность локального стада «А» значительно ниже численности нерестующих рыб группировки «Е». При этом, как уже отмечалось выше, суммарное количество ранней нерки нижнего течения реки в последнее десятилетие крайне низкое.



Рис. 3.13. Динамика заполнения нерестилищ производителями ранней нерки нижнего течения р. Камчатка

Нерестующая часть поздней формы нерки по сравнению с ранней значительно меньше. Её численность за ряд исследуемых лет не превышала 300 тыс. особей (рис 3.14.). Основу поздней нерки составляли рыбы нижнего течения реки. Здесь её значительная часть приходилась на нерку оз. Азабачьего (локальное стадо «А») (рис. 3.15).

Численность производителей поздней формы нерки на нерестилищах среднего и верхнего течения реки снижается в последние 40 лет. Если в 1980-х гг. в среднем её численность составляла на этих нерестилищах около 31,0 тыс., в 1990-х гг. – 21,0 тыс., в 2000-х гг. – 9,5 тыс., то в последнее десятилетие – менее 1,5 тыс. особей.

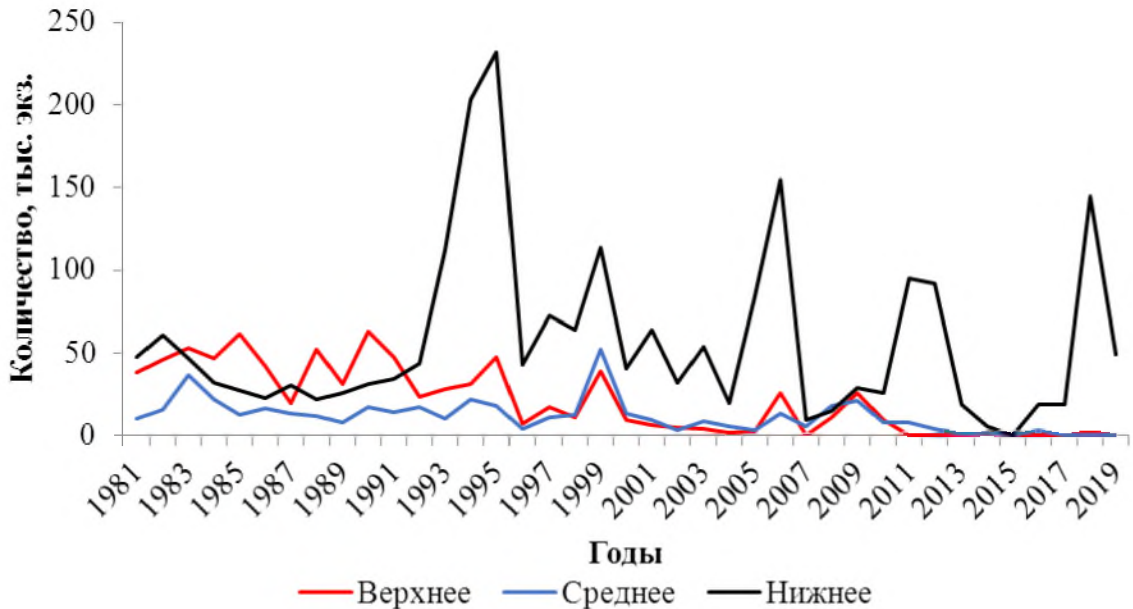


Рис. 3.14. Динамика заполнения нерестилищ производителями поздней нерки нижнего, верхнего и среднего течения р. Камчатка

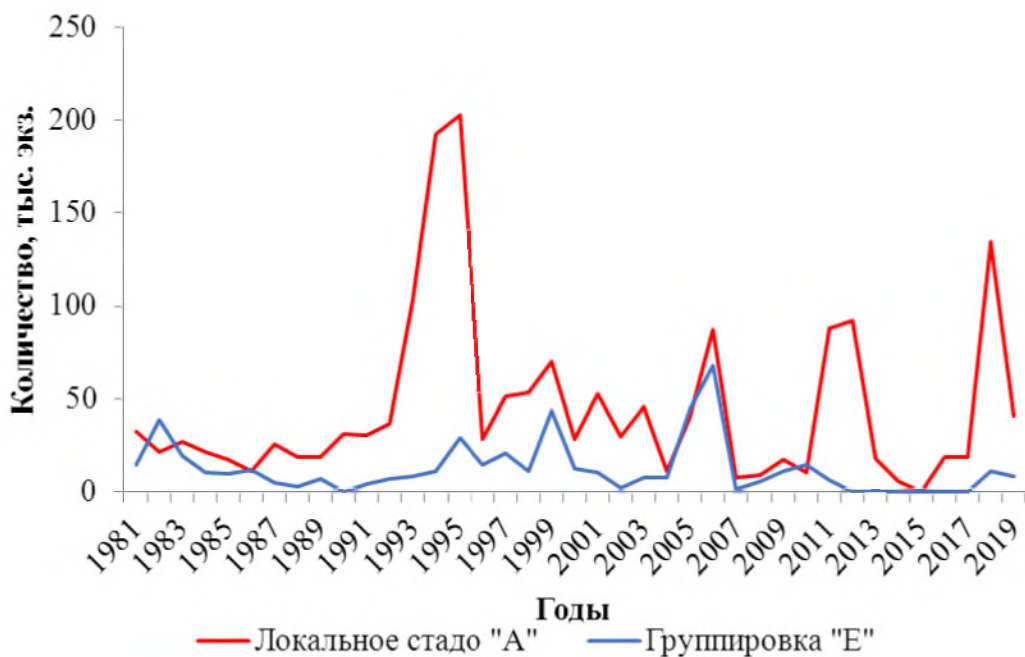


Рис. 3.15. Динамика заполнения нерестилищ производителями поздней нерки нижнего течения р. Камчатка

3.3. Подходы к устьям рек

Поскольку тихоокеанские лососи относятся к моноциклическим видам, анализ мощности подходов производителей к устьям нерестовых рек является заключительным этапом оценки состояния их запасов. Динамика подходов нерки бассейнов рек Камчатка и Озерная представлена на рис. 3.16 и 3.17. Подход является суммой данных берегового вылова и заполнения нерестилищ.

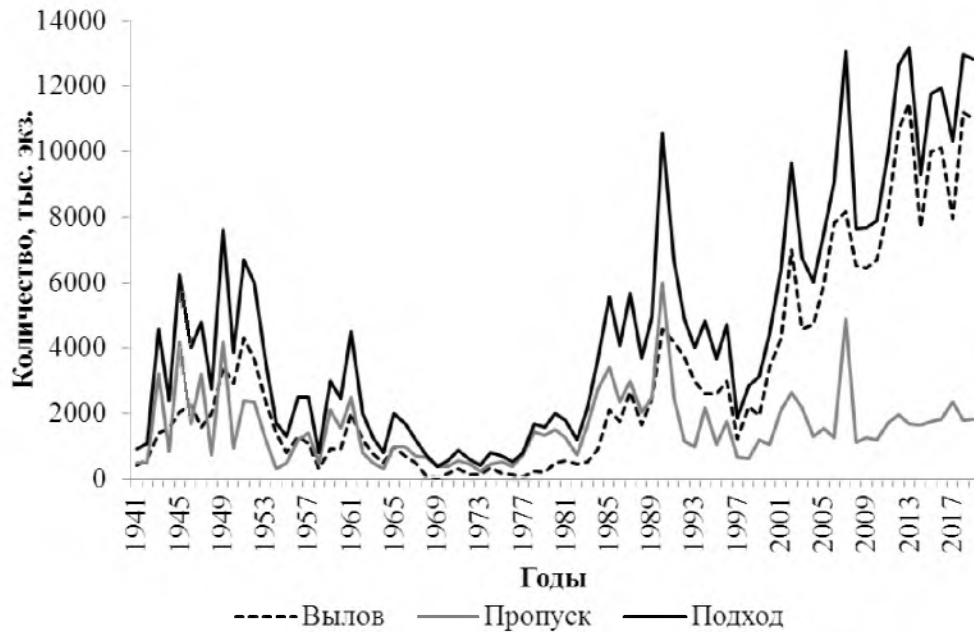


Рис. 3.16. Динамика подходов нерки к бассейну р. Озерной

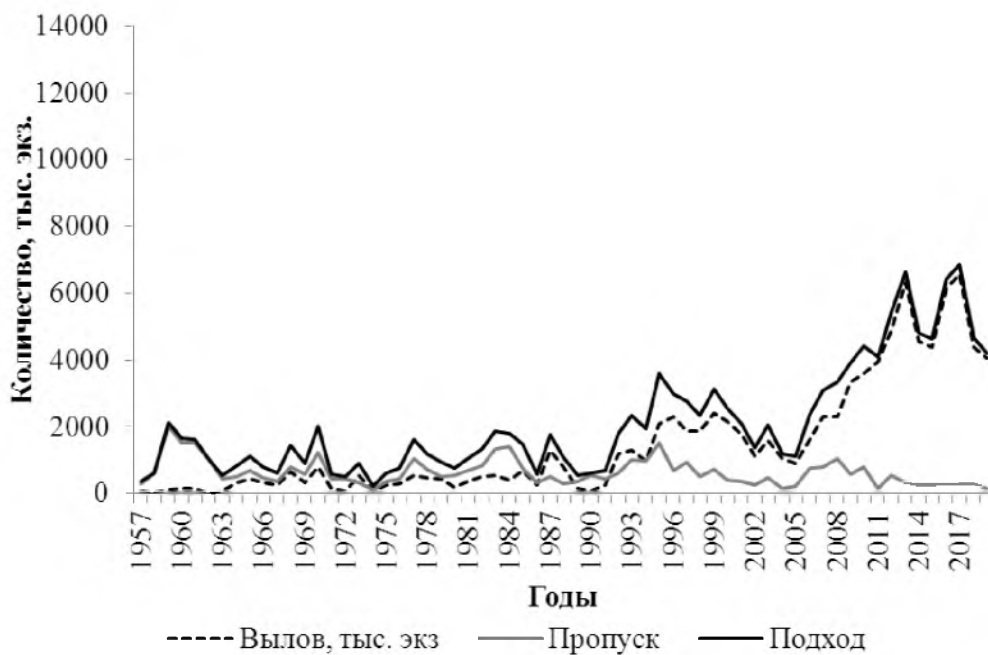


Рис. 3.17. Динамика подходов нерки к бассейну р. Камчатка

Общая численность подходов нерки к устью р. Озерной в последнее десятилетие возрастает. В 1950–1970-х гг. снижение подходов было связано с активным освоением этого стада в море дрефтерным промыслом. В среднем за ряд исследуемых лет подход нерки р. Озерной составил 4620 тыс. особей. В период 1940–1950-х гг. он был равен в среднем 3500 тыс. экз.; в период активного освоения нерки дрефтерным промыслом – около 1300 тыс. экз.; в 1980–1990-х гг. – 4100 тыс. экз.; в последние 20 лет – более 9500 тыс. экз.

Подход нерки к бассейну р. Камчатка в среднем с 1957 г. составил 2100 тыс. экз. В последнее десятилетие он находится на максимальном уровне за период исследуемых лет и составляет в среднем 5100 тыс. экз.

Подходы нерки к берегам Камчатки в последние 20 лет были на высоком уровне. Соответственно, это также привело к высоким уловам. Они обеспечены в основном высоким изъятием нерки у берегов двух крупнейших центров воспроизводства – бассейнов рек Озерная и Камчатка, которое составляет более 80 % от нерки, добываемой в целом у берегов Камчатки. За последнее десятилетие был отмечен максимальный исторический береговой вылов нерки в обоих бассейнах.

Однако если увеличение подхода и вылова нерки в последнее десятилетие в р. Озерной сопровождается регулярным пропуском производителей на нерестилища в пределах оптимального количества, необходимого для эффективного воспроизводства, то в р. Камчатка с увеличением промыслового изъятия наблюдается резкое сокращение нерестовой части популяции. Так, в последние 10 лет в среднем численность нерки на нерестилищах бассейна р. Камчатка составила 370 тыс. особей, что на 25–30 % ниже оптимального уровня заполнения.

Проанализировав динамику численности производителей основных группировок и локальных стад нерки бассейна этой реки, выяснили, что нерестующая часть производителей ранней и поздней формы среднего и верхнего течения реки (группировки «В» и «С») резко уменьшилась и рыбы этих группировок практически исключились из процесса воспроизводства в последние

годы. Численность производителей нижнего течения реки, которые составляют основу нерестовой части популяции бассейна р. Камчатка (локальное стадо «А» и «Д» и группировка «Е»), также за последние 10 лет значительно сократилась.

Все это происходит на фоне возросшего пресса промысла в Камчатском заливе. Увеличение экономически выгодной доли морского промысла осуществляется за счет увеличения количества неводов в заливе, их эффективности и возрастания мощностей береговых перерабатывающих предприятий.

ГЛАВА 4. КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПРОПУСКА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НЕРКИ НА НЕРЕСТИЛИЩА В ПЕРИОД АНАДРОМНЫХ МИГРАЦИЙ

Мониторинг пропуска производителей тихоокеанских лососей на нерестилища нерестовых рек рассматривается как основной элемент управления запасами этих рыб. Он является информационной основой для обеспечения требуемого уровня воспроизводства популяций через оперативное регулирование их промысла. Информация о численности пропуска производителей и эффективности их нереста является базовым компонентом разработки перспективных прогнозов подходов и уловов лососей. Поэтому качество оценок пропуска остается основой при регулировании лососевого рыболовства. Учитывая высокую промысловую значимость тихоокеанских лососей, формирование системы мониторинга учета пропущенных производителей на нерест относится к важнейшей задаче рыбохозяйственного комплекса Камчатского края.

В последнее десятилетие в практику учета производителей тихоокеанских лососей в реках внедряется новый способ – гидроакустический, который позволяет проводить количественный учет производителей без вмешательства в среду их обитания и нарушения поведенческих реакций.

На Камчатке этот метод был впервые применен в 2010 г. в бассейне р. Озерной на путях миграции одного из крупнейших стад азиатской нерки в оз. Курильское. Эти работы продолжили начиная с 2013 г. в другом крупном бассейне полуострова – р. Камчатка. В обоих случаях данные работы проводятся на регулярной основе по настоящее время. Подчеркнем, что технически и организационно этот способ учёта имеет большое преимущество по сравнению со стационарными РУЗ, так как не требует наличия большого обслуживающего персонала. Информация записывается на съемные информационные носители, в последующем обрабатывается одним оператором. Гидроакустические установки мобильны, могут использоваться на разных водоёмах.

Кроме того, гидроакустические съемки позволяют оперативно оценивать состояние водных биоресурсов в определенный момент времени. С их помощью

можно более тщательно изучать особенности миграционной активности гидробионтов, часто недоступные для наблюдения с применением традиционных методик, при этом не оказывая существенного влияния на жизнь исследуемых объектов (горизонтальное и вертикальное распределение в реальном времени, суточные вертикальные миграции и др.) (Коваль и др., 2013). Материалы по распределению рыб – информация для формирования стратегии природопользования в рыбном хозяйстве (Борисенко, 2013). Гидроакустический метод позволил изучить особенности миграции половозрелых тихоокеанских лососей, мигрирующих по реке, которые часто невозможно исследовать с помощью других методов.

4.1. Стадо нерки р. Озерной

От устья реки до истока озера (43 км) нерка мигрирует за 2–7 сут, основная часть — за 3–4 сут (Егорова и др., 1961; Егорова, 1967, 1970, 1977; Селифонова, 1978; Бугаев, 1995).

Наши исследования, проведённые в р. Озерной с помощью гидроакустического комплекса, показали, что основная часть нерки мигрирует в зоне, где скорость течения ниже. Распределение производителей в зонах регистрации трёх гидроакустических станций представлено на рис. 4.1.

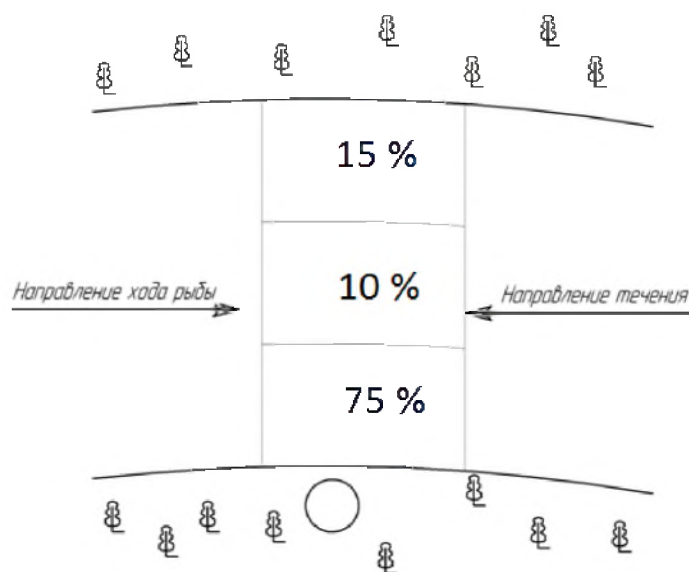


Рис. 4.1. Распределение производителей нерки, прошедших через зону регистрации комплекса «NetCor» р. Озерной в 2012 г.

В бассейне оз. Курильское воспроизводится самое крупное азиатское стадо нерки. Здесь также воспроизводятся кета, кижуч и чавыча. Однако численность их по сравнению с численностью нерки крайне незначительна (Бугаев и др., 2010). Поэтому регистрация других видов тихоокеанских лососей не могла существенно сказаться на итоговых данных учета численности производителей нерки.

Настройки сопутствующего программного обеспечения гидроакустического комплекса задавались с учётом определения размеров целей, соответствующих размерам нерки, полученным по результатам проведения биологического анализа (Дегтев, 2010, 2011; Малых, 2011; Малых, Фадеев, 2013).

Имея представление о сроках прохождения производителями различных участков этой реки, их распределение в створе и соотношения численности сезонных форм нерки в 2012 г., был произведён учёт производителей на рыбоучётном заграждении в истоке реки и гидроакустическим способом на полигоне, расположенном в 3,5 км ниже по течению от заграждения.

По результатам проведенных исследований определили, что в год контрольной установки гидроакустического комплекса максимальное количество производителей нерки, мигрирующее на нерест через контролируемое комплексом сечение реки, наблюдалось 25 июля и составило более 570 тыс. особей. С 24 по 26 июля был зарегистрирован максимальный ход производителей на нерест. За эти дни к нерестилищам прошло более 1,1 млн особей нерки. Пропуск по результатам гидроакустической оценки за весь период составил 1,953 млн производителей нерки. На рыбоучётном створе при этом было отмечено 1,895 млн. Полученные данные гидроакустической регистрации нерки р. Озерной сопоставимы с данными, полученными с помощью РУЗ, и находятся в пределах допустимых погрешностей. Исследования показали эффективность применения комплекса в условиях плотных скоплений рыб, пересекающих рыбоучётный створ (рис. 4.2, 4.3).

С 2017 г., с подтверждением корректности оценок, получаемых при использовании гидроакустических комплексов, а также не в последнюю очередь с переориентацией акцентов на оперативность регулирования промысла, работы по

гидроакустической регистрации производителей нерки проводятся на новом учётном створе. Новый учётный створ расположен выше места последних рыболовных участков в нижнем течении реки, и оценку производят с помощью гидроакустического комплекса «DT-X» (рис. 4.4) (Малых и др., 2017). Незначительное в масштабе протяженности реки удаление от устья позволяет в оперативном режиме получать данные о заходе производителей нерки в ее бассейн из моря. Учитывая временной лаг, требуемый для прохождения производителями расстояния от места гидроакустического створа до рыбоучётного заграждения в истоке реки (3–4 сут), полученная оперативная информация с гидроакустического створа позволяет более оперативно решать задачи по регулированию промысла в период массового хода нерки.

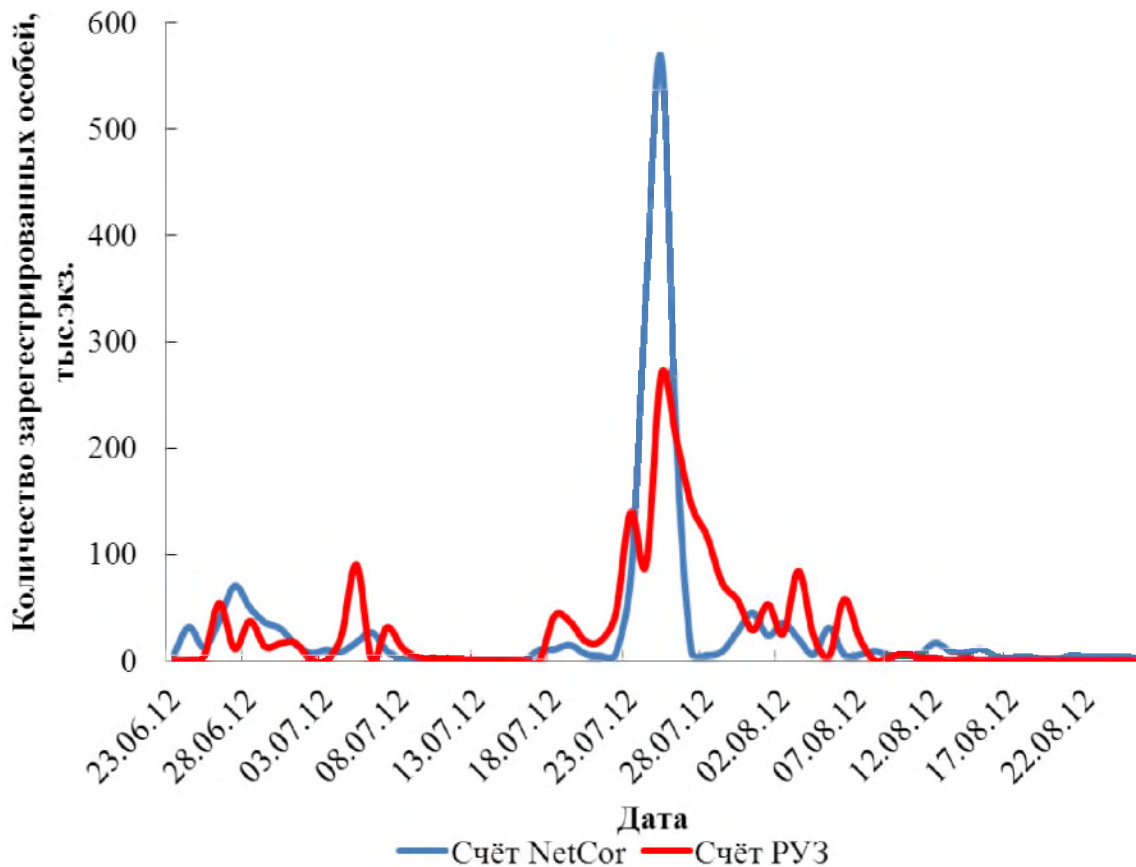


Рис. 4.2. Результаты количественного учета производителей нерки гидроакустическим методом и данные визуального подсчета с рыбоучетного заграждения р. Озерной (суточные)

Сравнительная оценка численности производителей нерки, мигрировавшей через гидроакустический створ на полигоне в нижнем течении р. Озерной, и

численности рыб, учтённых на рыбоучетном заграждении в истоке реки, показывает, что разница между этими двумя методами варьирует от 3 до 29 %. Всего за период исследований с 2017 до 2019 г. гидроакустическим комплексом было зарегистрировано от 1413 до 2288 тыс. рыб (табл. 4.1).

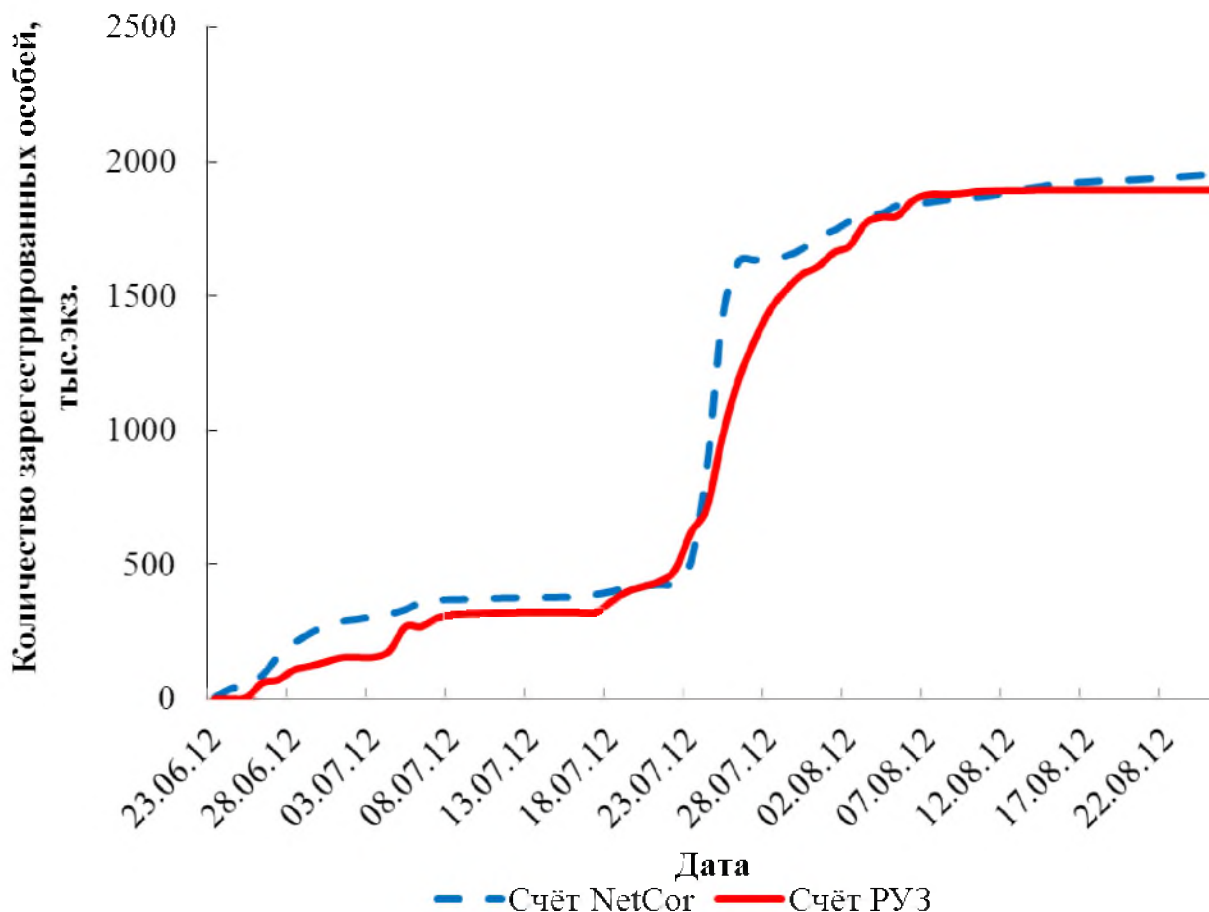


Рис. 4.3. Результаты сравнительного анализа гидроакустического учета производителей нерки и данные визуального подсчета производителей с рыбоучетного заграждения р. Озерной (накопленные ряды)

Проведенные исследования показали, что применение гидроакустического метода для учета численности производителей тихоокеанских лососей возможно в условиях гидрологического режима данной реки.

Таблица 4.1

Сравнительная оценка пропуска производителей нерки в р. Озерной гидроакустическим комплексом «DT-X» и РУЗ в 2017–2019 гг., тыс. экз.

Год	Гидроакустический метод	РУЗ	Δ , %
2017	2288	2350	3
2018	1778	1511	17
2019	1413	1824	29

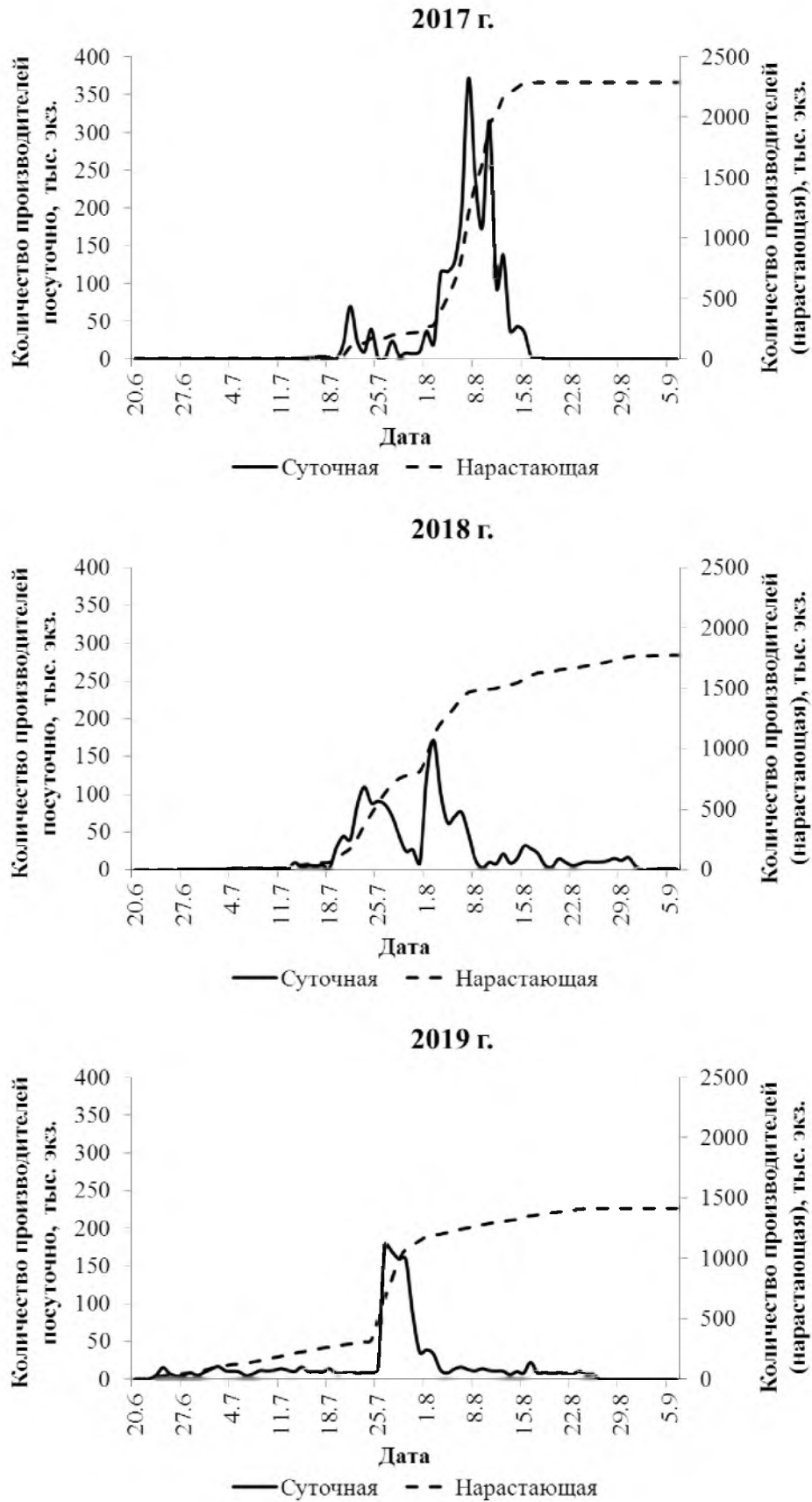


Рис. 4.4. Динамика величины пропуска нерки в бассейне р. Озерной по данным гидроакустического комплекса в 2017–2019 гг.

4.2. Стадо нерки р. Камчатка

Бассейн р. Камчатка является сложными по своей структуре в отношении как количества, размера притоков разного рангового уровня, густоты речной сети, так и сложности структуры и популяционной организации тихоокеанских лососей, в них воспроизводящихся. Ранее В.Ф. Бугаевым (1995) в этом водном бассейне было выделено 5 пространственных группировок нерки (локальных стад 2-го порядка). Основные группировки ранней нерки относятся к притокам р. Камчатка – р. Еловка и оз. Азабачье. При этом не менее значимы, по его мнению, группировки верхнего течения реки, включающие в себя отдельно раннюю и позднюю форму, а также группировка оз. Двухюрточного.

Гидроакустический метод в качестве основного инструмента контроля пропуска производителей через сечение русла может применяться либо на основных створах отдельных рек (в этом случае количественные оценки пропуска суммируются, так как включают особей различных популяций/субпопуляций), либо на значимых притоках крупных речных бассейнов (тогда оценки пропуска будут дискретными для отдельных популяций/субпопуляций). Организация гидроакустического учёта в основном створе крупной реки сопряжена с большими техническими трудностями. В настоящее время имеющееся гидроакустическое оборудование не позволяет проводить полноценный учет рыб на значительном по ширине и глубине водотоке. В этой связи, учитывая ограничения по ширине сканируемого створа, комплексы «NetCor» и «DT-X» были установлены в протоке Азабачьей, а не в основном русле р. Камчатка. Установка гидроакустического оборудования в бассейне крупного притока р. Еловка оказалась технически сложной задачей и на данном этапе не принесла результатов.

Недостатком метода при учёте производителей тихоокеанских лососей с помощью гидроакустических комплексов является отсутствие возможности дистанционно идентифицировать конкретный вид, мигрирующий в смешанном скоплении. В основе гидроакустического метода лежит принцип идентификации объекта по силе отраженного от него сигнала (силе цели, или TS), который, в свою очередь, зависит от размера объекта. Размеры тихоокеанских лососей, в

особенности средние размеры нерки, кижуча и кеты, имеют незначительную разницу (рис. 4.5) (Берг, 1948; Лебедев и др., 1969; Бугаев и др., 2007). Поэтому гидроакустические учеты в условиях рек с совместным воспроизводством разных видов рыб и сезонных форм лососей должны сопровождаться мониторингом качественного состава уловов и дифференцирующих сезонные формы биологических признаков (морфометрические, ГСИ и т.д.).

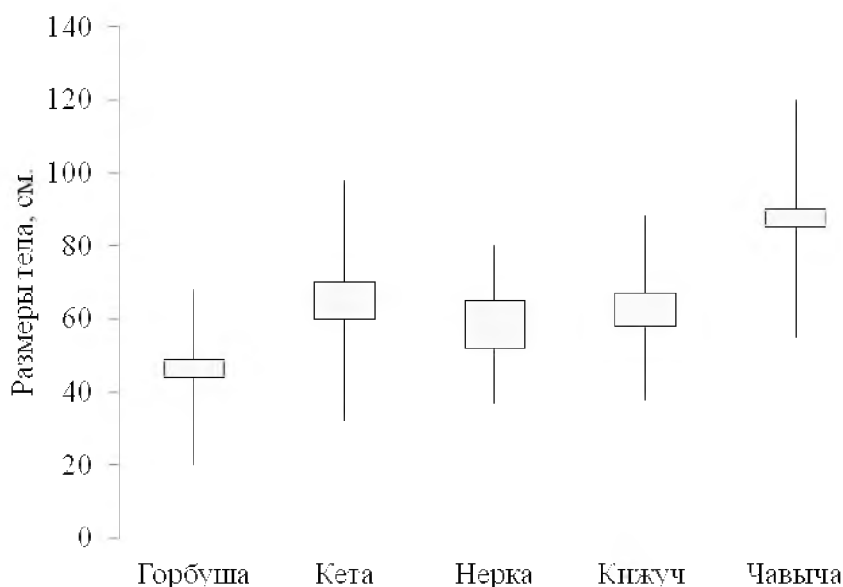


Рис. 4.5. Размеры тела некоторых видов тихоокеанских лососей (отмечены средние, минимальные и максимальные)

По результатам проведённого анализа был разработан метод оценки заполнения производителями всех тихоокеанских лососей бассейна реки Камчатка, включающий в себя в качестве структурных компонентов:

- оценку численности производителей нерки гидроакустическим способом в значимом притоке р. Камчатка;
- анализ суточной динамики и распределения рыб в створе реки;
- анализ сроков прохождения производителями нерки различных участков реки от устья до гидроакустического створа в протоке Азабачьей;
- разделение сезонных форм производителей нерки;
- проведение контрольных обловов на контрольном РЛУ в основном русле реки и получение модельных оценок пропуска производителей нерки по всему бассейну р. Камчатка.

Учёт численности производителей нерки. В 2013 г. работы по гидроакустической регистрации производителей нерки были начаты на крупном водотоке – бассейне р. Камчатка. Комплекс «NetCor» был установлен на значимом в промышленном отношении притоки реки – протоке, вытекающей из оз. Азабачьего. Выбор протоки Азабачьей как места для установки гидроакустического комплекса был основан на том, что в озеро мигрирует в основном нерка (Бугаев, 1995). Внедрение, апробация и калибровка комплекса в р. Озерной позволили использовать «NetCor» как инструмент самостоятельной и корректной оценки пропуска в водоемах, где РУЗ-отсутствует либо его установка затруднительна.

Учеты ранней нерки с помощью вертолѐта на нерестилищах в первый год исследований показали существенно меньше лососей, чем было зарегистрировано гидроакустическим методом (табл. 4.1). В связи со спецификой работ в озерной протоке и наличием сопутствующих объектов гидроакустической регистрации (караси, гольцы и т.д.) по результатам исследований 2013 г. был выявлен и впоследствии устранен ряд причин, препятствующих либо затрудняющих учет производителей нерки. Так, была скорректирована сила цели (TS), исключаящая учет малоразмерных по отношению к производителям нерки рыб, т.е. карасей всех размерных групп, подавляющей части гольцов, а также и немногочисленных «каюрок» нерки (самцов с одним морским годом нагула). Кроме того, низкая скорость течения и прогрев воды обуславливают развитие водной растительности, длинные стебли которой способны создавать сильные помехи на эхограммах. Решением этой проблемы в протоке Азабачьей в 2014 г. был перенос места установки несколько ниже по течению. В новом контрольном сечении реки дно в основном выложено мелкой галькой, препятствующей зарастанию (Фадеев и др., 2016).

В последующие годы, после проведения всех рекогносцировочных работ, учѐт гидроакустическим методом стал одним из рутинных инструментов оперативного регулирования промысла в бассейн р. Камчатка. Результаты оценок пропуска в протоке Азабачьей представлены в табл. 4.1.

В 2018 г., в том числе и с целью калибровки с результатами работы комплекса «NetCor» на гидроакустическом створе протоки, был внедрён ещё один гидроакустический комплекс «DT-X» (BioSonics Inc., США). Этот комплекс ранее был впервые апробирован в нижнем течении р. Озерной (Малых и др., 2017), в истоке которой, как ранее уже упоминалось, оборудован рыбоучётный створ визуального учёта рыб.

Внедрённый комплекс «DT-X», испытанный годом ранее в бассейне р. Озерной, вполне соответствовал задачам учёта производителей нерки в протоке Азабачьей. В условиях оптимальной гидрологической обстановки новый комплекс «DT-X» даёт сопоставимые с ранее внедрённым комплексом «NetCor» данные (рис. 4.6) (Фадеев и др., 2019).

Полученные оценки сравнивали с оценками авиаучётных исследований, данные имели сопоставимые результаты (табл. 4.2) (Фадеев, 2014; Фадеев и др., 2016; Фадеев, Шевляков, 2017, 2018; Шевляков и др., 2018). Также для получения информации о распределении производителей на нерестилищах и для последующего проведения авиаучёта регулярно проводилась аэрофотосъёмка с помощью квадрокоптера (рис. 4.7).

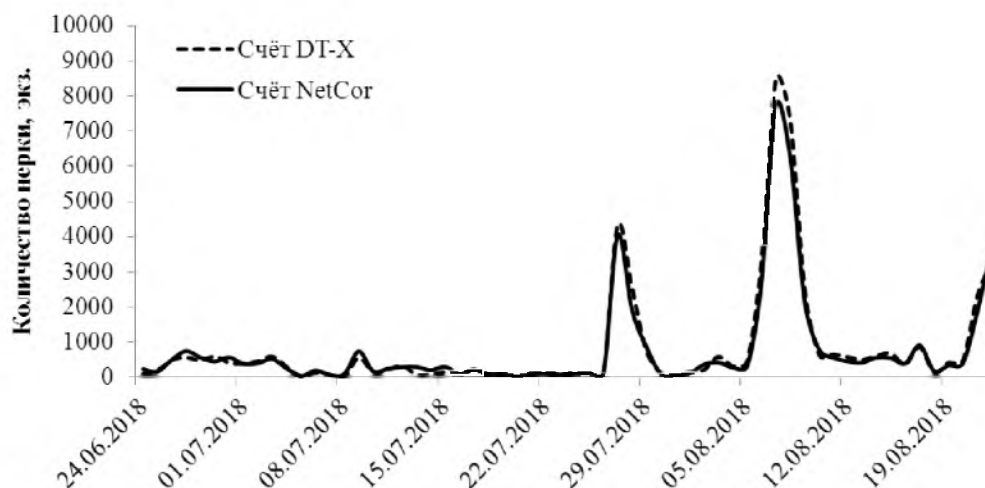


Рис. 4.6. Динамика пропуска производителей нерки в протоке Азабачьей гидроакустическими комплексами «NetCor» и «DT-X» в условиях оптимальной гидрологической обстановки

Различие между учётом численности разными методами после проведения всех калибровочных работ начиная с 2014 г. (табл. 4.2) вполне допустимо и не превышает ошибки определений каждого из методов.

Сравнительная оценка пропуска производителей нерки в протоке Азабачьей разными методами в 2013–2016, 2018, 2019 гг., тыс. экз.

Год	Гидроакустический метод	Авиаучет	Δ , %
2013	53	20	63
2014	65	69	6
2015	138	128	8
2016	121	118	3
2017	40	33	20
2018	120	136	12
2019	106	110	3



Рис. 4.7. Производители нерки на нерестилище «Вторая Тимофеевская чаша» (лимнокрен притока оз. Азабачьего) (фото квадрокоптера) в 2018 г.

Суточная динамика и распределение рыб в створе реки. С помощью гидроакустического комплекса «ДТ-Х» в протоке Азабачьей были выявлены особенности миграции производителей нерки на нерестилища.

Анализ распределения мигрирующей рыбы в русле реки показал, что в зоне исследовательского полигона нерка мигрировала в большей части по фарватеру реки (рис. 4.8). В диапазоне 31–35 м от левого берега (на рис. 4.8 – справа) протоки мигрирует около 70 % производителей. В остальном диапазоне доля рыб плавно уменьшалась к противоположному берегу и в совокупности составляла 30 % от всех производителей нерки, мигрирующих вверх по течению.

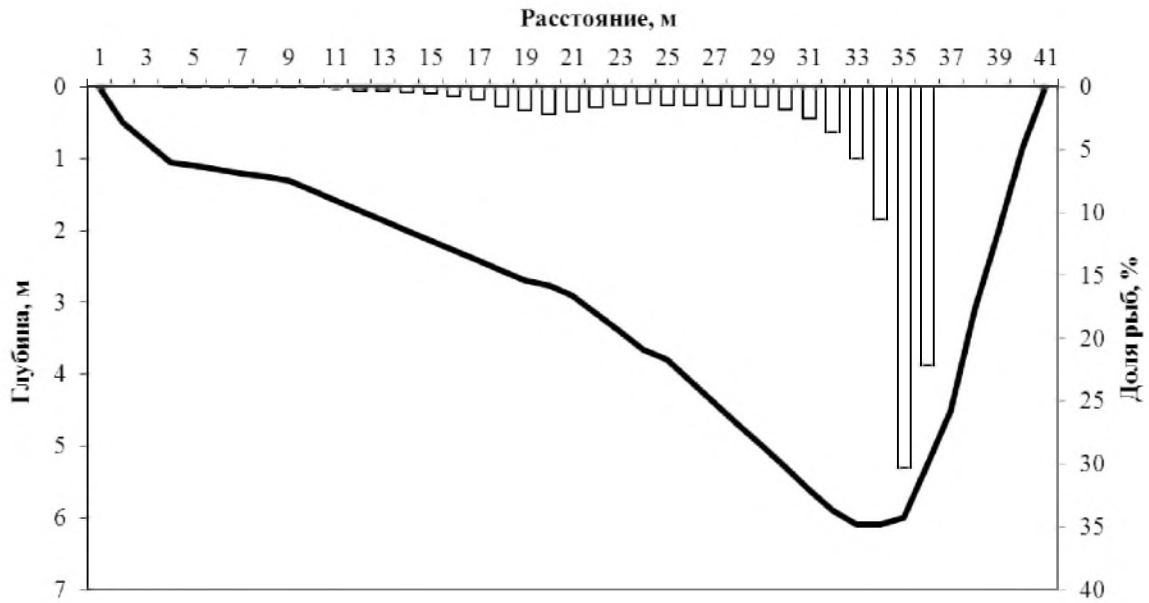


Рис. 4.8. Распределение нерки в створе протоки в 2018 г.

По результатам данных, полученных с помощью гидроакустического комплекса, выяснили, что наиболее активная суточная миграция проходила в темное время суток (рис. 4.9). В среднем за период, составляющий третью часть суток, было отмечено около 43 % рыб. Максимальную активность наблюдали в первые часы после заката, сам пик миграции длился порядка 4–5 часов. Ближе к восходу солнца миграционная активность падала, достигая своего минимума, когда солнце находилось в зените. При этом следует обратить внимание, что как такового прекращения хода нерки в светлое время суток не происходило, в сумме до 2/3 всех мигрантов проходило зону регистрации именно в этот период.

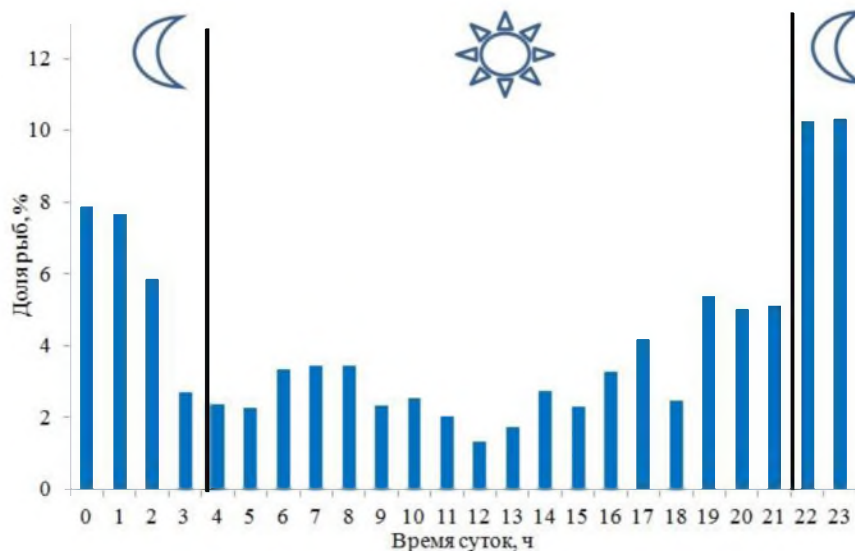


Рис. 4.9. Суточная динамика миграции нерки вверх по течению протоки Азабачьей (отмечен сумеречно-ночной и дневной период суток) в период хода ранней нерки

В целом же миграция нерки в протоке осуществлялась непрерывно в течение суток, однако наиболее интенсивный ход наблюдался в темное время суток, когда за 4–6 часов вверх по течению может проходить до половины всех производителей.

Сроки прохождения производителями разных участков реки. Для анализа скорости миграции и времени прохождения нерки различных участков реки от Камчатского залива до нерестилищ озера был взят период с 6 июня по 2 июля 2016 г., который характерен для хода ранней нерки (Бугаев, 1995). Кроме того, промысел в этот период осуществлялся бесперебойно как на речных участках, так и на морских. Данное обстоятельство даёт возможность провести анализ захода производителей нерки в условиях постоянного воздействия промысла.

В 2016 г. вылов в Камчатском заливе осуществляли с помощью 10 морских ставных неводов: 9 из них находились южнее от устья реки, а один – севернее. Суммарный вылов каждого ставного невода (рис. 4.10) показывает, что основная часть половозрелой нерки из открытых вод океана подходит сначала в южную и в центральную части Камчатского залива, а затем мигрирует на север вдоль побережья до устья р. Камчатка, образуя своеобразный клин, острый конец которого располагается у устья реки. Такая миграция рыб в Камчатском заливе подтверждается также многими другими исследователями (Ясухара, 1932; Миядзаки, 1938; Николаев, 1974, 1977; и др.). С этим связан и максимальный вылов за весь период путины на участках № 271 и 274.

Расстояние от морского рыбопромыслового участка № 269, наиболее удаленного от устья реки, до устьевоего участка № 268 составляет около 20 км. С учетом этого расстояния можно предположить, что тихоокеанские лососи, подошедшие к самому отдаленному от устья реки морскому неводу, преодолеют расстояние от него до устья менее чем за одни сутки. В действительности же, исходя из их крейсерских скоростей, лососи могут преодолевать расстояния значительно быстрее (Путивкин, 1999; Ерохин, Кожевников, 2010), однако суточная дистанция в приустьевом участке будет приурочена непосредственно к устью реки и не в последнюю очередь будет определяться фазой приливно-

отливного цикла или течений, ориентируя рыбу на заход в реку. Исходя из этого полагаем, что время от момента подхода первых производителей к наиболее удаленным ставным неводам до захода их в устье реки составляет одни сутки.

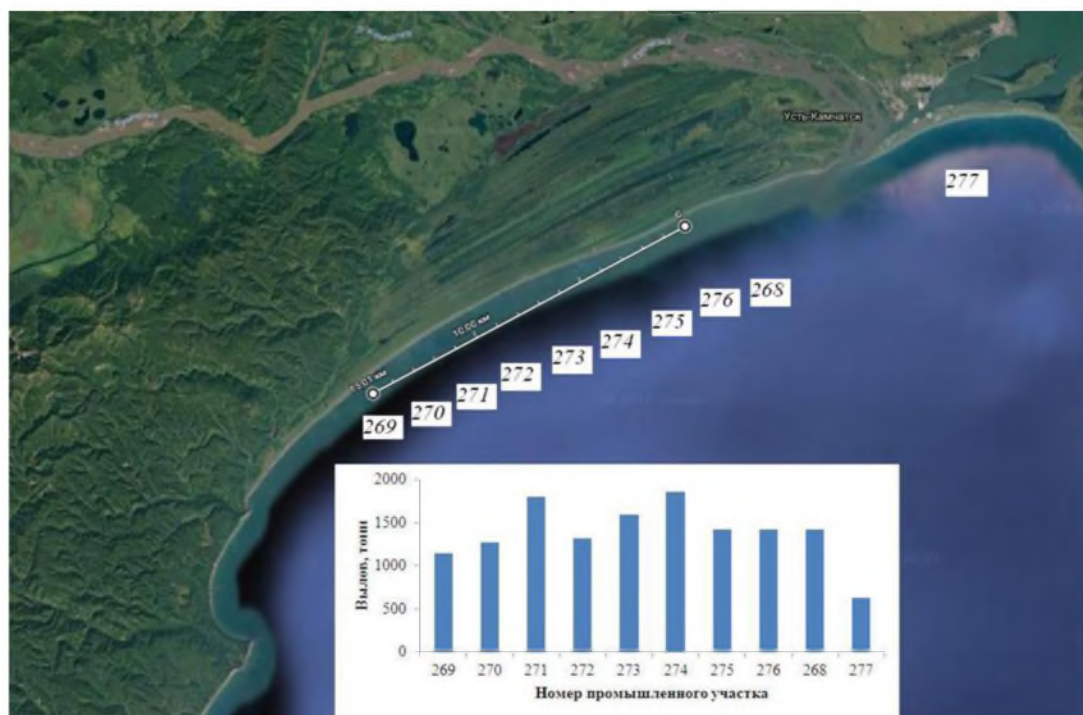


Рис. 4.10. Суммарный вылов нерки каждым ставным неводом в 2016 г.

Расстояние от устья реки до контрольного речного промышленного участка № 832 «Хваленка» составляет около 30 км. Динамика уловов ранней нерки ставным неводом на участке № 268, в период до 2017 г. – устьевым, имеет сопряженность в период пиковых заходов со средним суточным уловом на участке «Хваленка» с лагом в одни сутки (рис. 4.11). Исходя из крейсерских скоростей лососей и учитывая то, что заход в реку зависит от фазы прилива, время, за которое производители могут преодолеть расстояние от устья реки до контрольного речного промышленного участка, также составляет одни сутки.

Сравнение данных вылова на речном РЛУ № 832 и динамики пропуска нерки в оз. Азабачье от начала промысла и до 20 июня с лагом в одни сутки (рис. 4.12) демонстрирует хорошую сопряженность. Именно в этот период наблюдается массовый ход ранней формы нерки. При уже реализованном на рис. 4.12 суточном лаге на максимумах пропуска и вылова (2 пика) возникает задержка пропуска продолжительностью до 2 сут, т.е. в целом период прохода участка «Хваленка» –

гидроакустический створ в протоке Азабачьей может занимать до 3 сут. Действительно, за весь период наблюдений в месте впадения протоки Азабачьей в р. Камчатка неоднократно отмечали накопление («отстой») в течение нескольких дней производителей нерки, после чего рыба заходила в протоку. Рыбакам это явление хорошо известно, в 1990–2000-х гг. на этих скоплениях осуществляла работу одна из речных рыбалок (Шевляков, Фадеев, 2015). При этом основная масса производителей достигает гидроакустического створа через сутки.



Рис. 4.11. Динамика уловов нерки на усилии на морском РЛУ № 268 и промысловых (контрольных) уловов на усилии (РЛУ № 832)

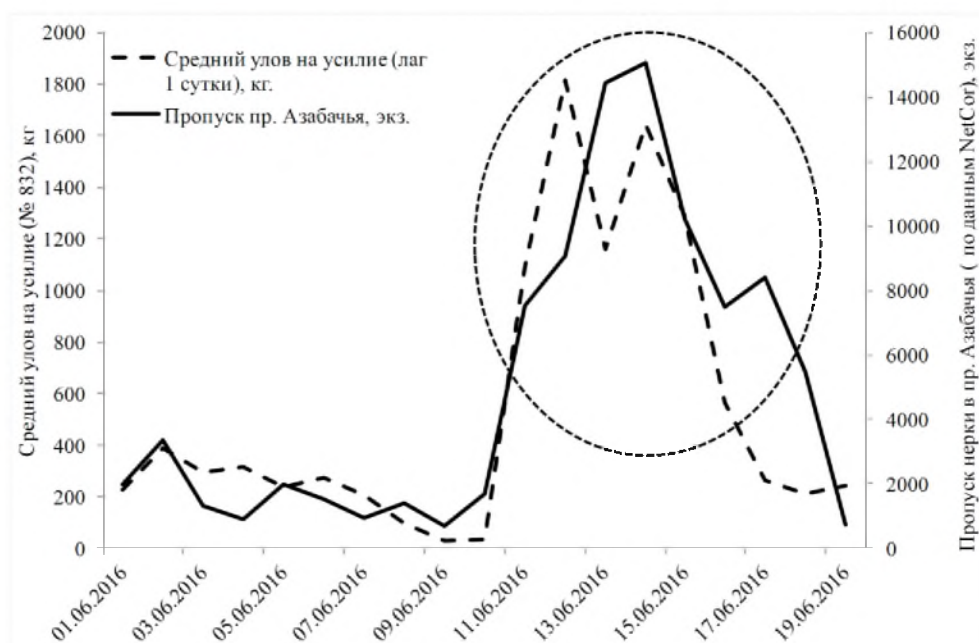


Рис. 4.12. Динамика промысловых (контрольных) уловов на усилии РЛУ № 832 и пропуска производителей в оз. Азабачье по данным «NetCor» с лагом в 1 сут (на рисунке отмечен рассматриваемый период)

Соответственно, расстояние от первых морских РЛУ до РУЗ производители нерки преодолевают от двух до четырех суток. Основная масса производителей от момента подхода к неводам достигает рыбоучетного створа, удалённого от них на расстояние 40–50 км, в течение 3 сут.

Разделение сезонных форм. Нерка бассейн р. Камчатка традиционно делится на две сезонные формы: раннюю и позднюю (Лагунов, 1940; Крогиус, 1951, 1970; Бугаев, 1995). Зная степень зрелости её гонад (ГСИ) и, соответственно, сроки подхода нерки поздней сезонной формы, а также время прохождения производителями различных участков реки от Камчатского залива до нерестилищ, можно с достаточной уверенностью определить время появления поздней формы нерки и на рыбоучетном створе. Таким образом, решается задача дифференциации производителей нерки двух темпоральных форм.

С конца июня в уловах начинает попадаться поздняя форма нерки, характеризующаяся значительно более низким уровнем зрелости половых продуктов (в значениях гонадосоматического индекса – рис. 4.13, на примере 2016 г.).

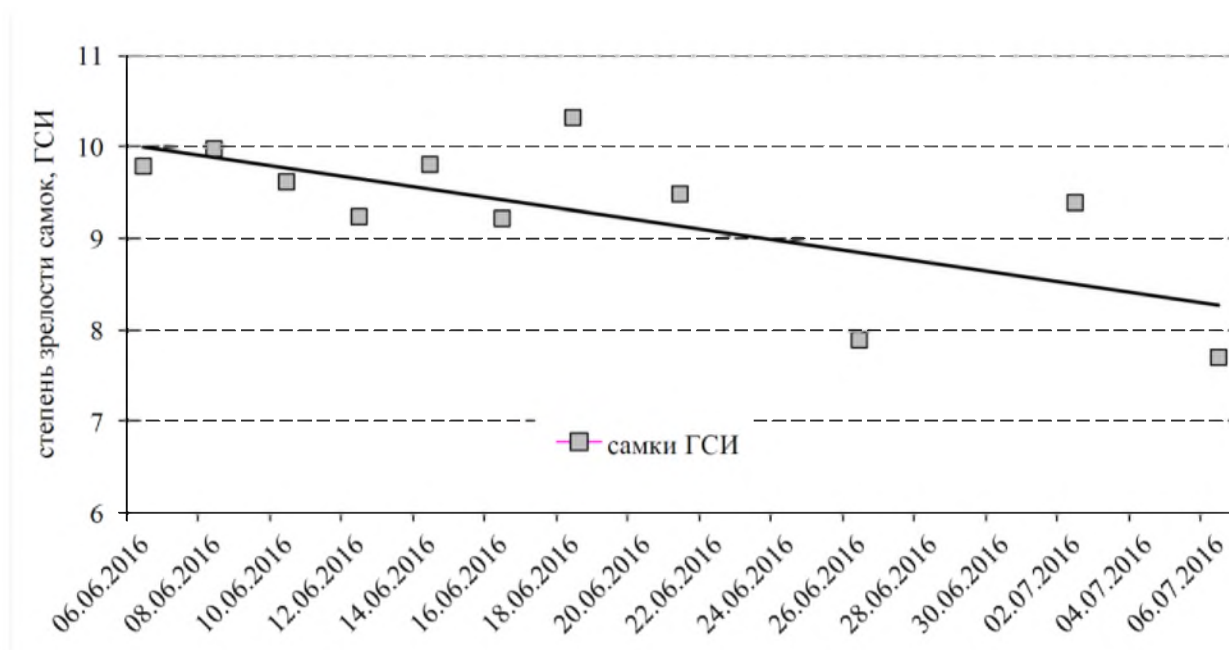


Рис. 4.13. Динамика зрелости самок нерки в уловах ставных неводов в период 06.06–06.07.2016 г.

Обычно с первой пятидневки июля на рыбоучетном створе начинается учет поздней формы нерки. За период исследований с 2013 по 2019 г. доля ранней

нерки варьировала по отношению к поздней от 19 % (2013 г.) до 89 % (2015 г.) (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Оценка величины пропуска производителей нерки (по сезонным формам) в протоке Азабачьей в 2013–2018 гг., тыс. экз. (%)

Год	Ранняя форма	Поздняя форма
2013	10 (19)	43 (81)
2014	43 (66)	22 (34)
2015	123 (89)	15 (11)
2016	104 (86)	17 (14)
2017	11 (27)	29 (73)
2018	35 (29)	85 (71)
2019	73 (69)	33 (31)

Моделирование пропуска производителей нерки в бассейн р. Камчатка. Анализ данных о пропуске производителей лососей по всему бассейну реки на основе данных о пропуске, полученных только с одного из основных её притоков, может иметь определенные погрешности, так как многообразие популяционных комплексов и сезонных форм не предполагает выделение специализированного хода одной из них при отсутствии сопутствующих.

Однако такое событие за весь период исследований было отмечено в ходе проведения работ в 2016 г., и оно само по себе уникально, так как позволяет провести прямые параллели или аналогии между уловом на усилие и прямыми оценками пропуска. В период с 1 по 16 июня было определено, что средний улов на усилие на верхнем контрольном речном РЛУ р. Камчатка имел хорошую сопряженность с пропуском в протоке Азабачьей, полученным с помощью гидроакустического комплекса «NetCor» (рис. 4.14) (Шевляков, Фадеев, 2015).

Поскольку в случае с неркой основу возвратов составляют 2 сезонные формы, время нерестового хода которых в реке частично перекрывается, то первой задачей стало формирование отдельных для двух форм рядов данных уловов на контрольном рыбопромысловом створе (тоня «Хваленка»). Для этого были привлечены данные биологического анализа нерки из промышленных уловов, в частности, использованы коэффициенты зрелости производителей (ГСИ) и масса икринок.



Рис. 4.14. Динамика промысловых (контрольных) уловов на усилие (РЛУ № 832) и пропуска производителей в оз. Азабачье в период 01–16.06.2016 г. (по данным «NetCor», лаг 1 сут)

Снижение показателя ГСИ указывает на появление в уловах поздней формы нерки. Соотношение накопленного среднего улова на усилие на контрольном РЛУ (средний CPUE в сутки × количество суток) с данными авиаучетов отдельно по сезонным формам нерки позволило получить первые индексы соответствия. Данное соотношение составляло 30–35 раз.

Информация о том, что накопленный улов на контрольном участке и количество мигрирующих на нерест производителей находятся в прямой пропорциональной зависимости, позволила разработать модели, оценивающие пропуск нерки. Всего было разработано три математические модели, методически использующие различные алгоритмы оценок, но использующие одни и те же входные данные. Эти модели были разработаны и применены впервые (Фадеев и др., 2019).

Первая модель основана на оценке коэффициентов изъятия в рабочие и проходные дни в реперный период, определении трендов зависимости доли изъятия от показателя улова на усилие (CPUE) (рис. 4.15). Далее были рассчитаны коэффициенты изъятия отдельно в промысловые сутки, а также в проходные дни.

В качестве моделей трендов использованы полиномы 2-й степени, которые предполагали, что при росте улова на усилие происходит одновременный рост коэффициента изъятия вплоть до некоего максимума, после которого корреляция между этими величинами становится отрицательной, так как улов используемых сетей имеет ограничение максимумом в 1200–1300 экз. за сплав.

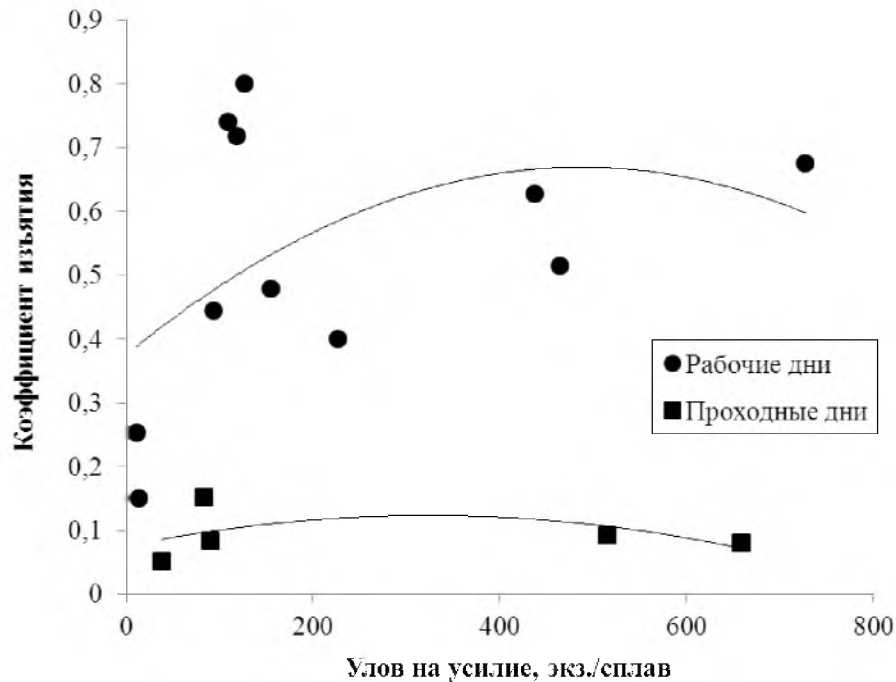


Рис. 4.15. Моделирование коэффициентов изъятия в проходные и рабочие дни

Вторая модель основана на высокой корреляции между уловом на усилие и пропуском рыбы на нерест в реперный период (рис. 4.16). Пропуск на контрольном РЛУ примерно в 20 раз больше, чем показатель улова на усилие, вне зависимости от того, в какой день (рабочий или проходной) производились обловы, поскольку лишь фиксирует фактическую плотность объекта в сечении реки независимо от предыдущих воздействий на объект.

Третья модель основана на линейной регрессии, однако отличается от предыдущей тем, что тренды проведены не для данных по пропуску, а по вылову по отдельности – в рабочие и проходные дни (рис. 4.17). Пропуск по ней вычисляли как разницу между подходом рыбы к РЛУ и промышленным выловом в рабочие дни (или уловами контрольных обловов в проходные дни). Подход рыбы к РЛУ, оцененный в реперный период, представляет собой сумму вылова на участке в отдельно взятый день и учтенного пропуска в протоке Азабачьей на

день позже. Между полученными оценками подхода и данными улова на усилие, в свою очередь, также наблюдается линейная зависимость.

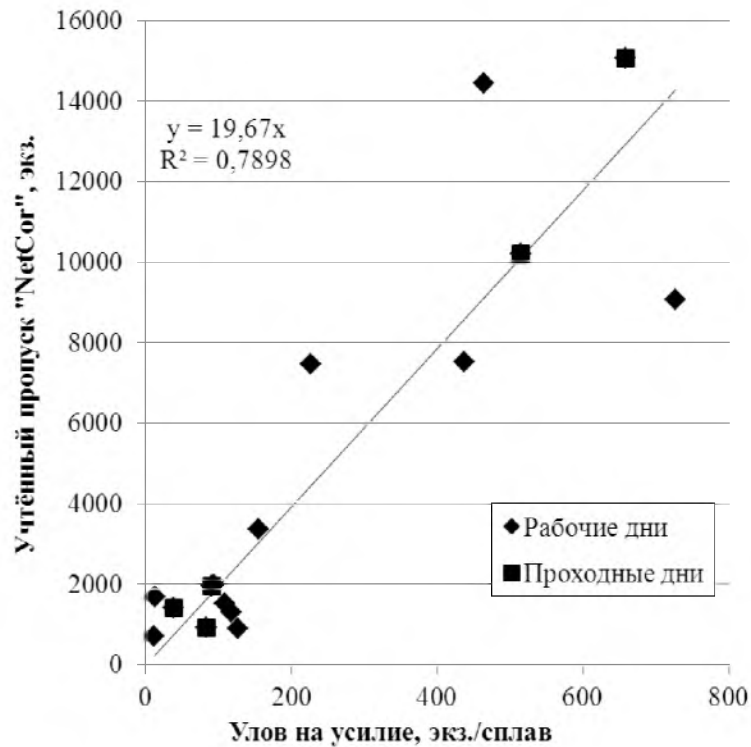


Рис. 4.16. Корреляция между показателем улова на усилие (РЛУ № 832) и учтенным с помощью гидроакустического комплекса «NetCor» числом лососей, пропущенных на нерестилища

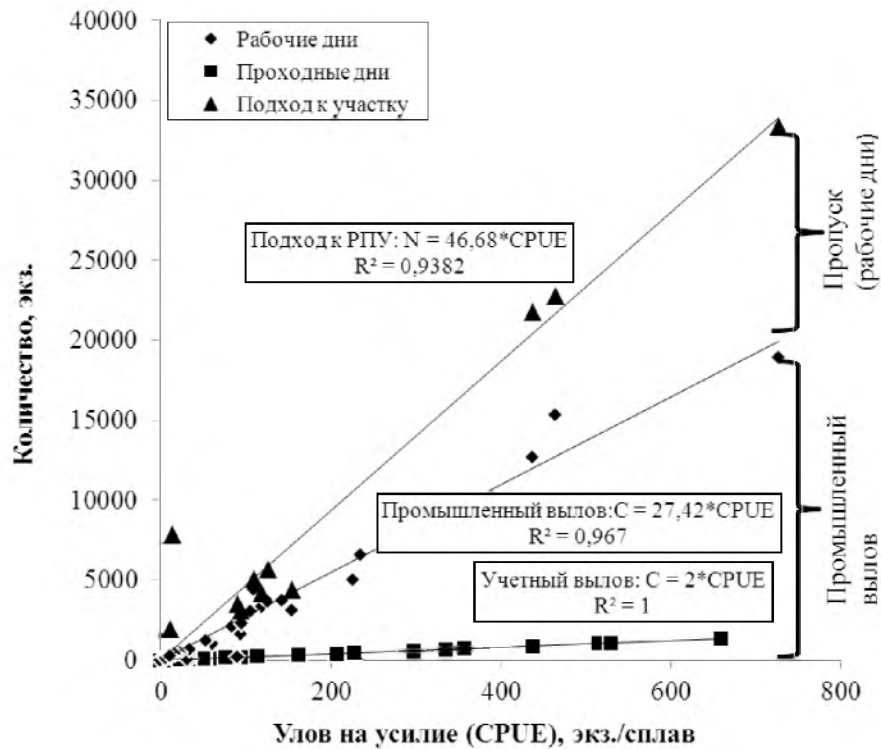


Рис. 4.17. Оценка пропуска производителей как разности между смоделированной величиной подхода и фактическим выловом

Разработка математического аппарата оценки пропуска и сравнительный анализ его динамики в реперный период (01–16.06.2016 г.) по трем моделям позволили сделать заключение, что оценка пропуска моделями 1 и 2 в среднем ниже гидроакустической в протоке Азабачьей, а оценка пропуска с помощью модели 3 выше (табл. 4.4). Рыбоучетный комплекс «NetCor», принятый нами как эталонный, в реперный период (01–16.06.2016 г.) учитывал рыбу, идущую на нерест исключительно в оз. Азабачье. Между тем допускаем, что некоторая часть рыбы могла проходить мимо в верхнее течение р. Камчатка, соответственно, общий пропуск производителей мог быть выше, чем учтенный на гидроакустическом створе, но не намного, так как корреляционная связь между уловами на усилии и пропуском в протоке Азабачьей в реперный период была достаточно сильная ($R = 0,79$). Ниже приводится описание и обсуждение корректности и области применения оценок пропуска производителей через речной створ, полученных тремя моделями в зависимости от принятой в каждой из них методологии.

Ограничения модели 1 определяются максимальным количеством рыб, пойманных сплавной сетью на контрольном РЛУ. В дни пиковых подходов производителей при производстве сплава рыбакам зачастую приходилось притоняться без полного прохода стандартной дистанции. В связи с этим существует вероятность занижения данной моделью пропуска, в особенности при пиковых заходах производителей.

Таблица 4.4

Величина пропуска производителей нерки на контрольном участке и результат гидроакустических наблюдений (01–16.06.2016 г.), тыс. экз.

Модель	Оцененный пропуск в реперный период	«NetCor»
1	73,38	79,85
2	76,07	
3	109,7	

Результаты оценки пропуска, полученные с использованием модели 2, зависят только от улова на усилии вне зависимости от применяемого режима

промысла (проходной, промысловый). Предполагается, что такая модель не может быть достаточно адекватной реальному пропуску, но в данном случае в модели реализуется другое предположение: улов на усилие на последнем речном промысловом створе указывает на обилие производителей, проходящих через него, являясь производной от мощности изначального захода в реку и числа произведенных промысловых усилий.

Модель 3 достаточно хорошо адаптирована в качестве инструмента оперативного контроля пропуска для целей быстрого реагирования при регулировании промысла. Данная модель учитывает пропуск отдельно для проходных и промысловых дней. В течение всего промыслового периода режим проходных дней не постоянен. Кроме того, он может применяться отдельно для морских и речных орудий лова. По результатам работ данная модель, как правило, дает наибольшие оценки, но «чувствительность» к изменению применяемого режима промысла делает ее востребованной в процессе оперативного управления промыслом.

Хорошую результативность применённой модели показывают динамика пропуска производителей на контрольном РЛУ № 832 и динамика пропуска в протоке Азабачьей. Наиболее выраженное сходство между ними наблюдали в 2018 г., когда на контрольном участке производили от 4 до 6 сплавов, а в протоке учёт вели с помощью двух гидроакустических установок. Кривая модельного пропуска по уловам соответствует совокупной миграции стад нерки р. Камчатка, между тем на гидроакустическом створе регистрируется только ее часть – азабачинская нерка (рис. 4.18).

Проанализированные данные о сроках прохождения производителями различных участков реки, суточной динамике в устье реки и в зоне, где не оказывают влияние приливно-отливные явления, а также данные по дифференциации различных темпоральных форм позволили разработать методический подход для оценки пропуска производителей на нерест, в частности, нерки. Подход основан на установленной нами взаимосвязи накопленного среднего улова с количеством производителей, мигрировавших

через учётный створ выше по течению. Вычисление отношения между этими двумя параметрами произведено в результате исследования отдельного периода, при котором производители мигрировали одной отдельной группировкой.



Рис. 4.18. Динамика пропуска производителей на контрольном РЛУ № 832 и в протоке Азабачьей (2018 г.)

Этот оригинальный комплексный метод контроля методологически включает в себя в качестве структурных компонентов: авиаучетные работы, гидроакустический учет в створе контрольного, значимого для воспроизводства нерки притока, оценку динамики уловов на усилии в основном речном створе и биологических показателей производителей.

ГЛАВА 5. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ВИДА

Основным элементом перспективной стратегии управления лососевым промыслом в Дальневосточном регионе в условиях жизненного цикла тихоокеанских лососей и лимитирования воспроизводства пригодными нерестовыми площадями является достижение оптимального уровня пропуска производителей на нерест в реки для каждого конкретного водоема. Учитывая специфику промысла, неопределенность содержания ряда экологических параметров, традиционно рассматриваемых как показатели воспроизводства лососей, возникает необходимость получения оценок, адекватно характеризующих эффективность воспроизводства популяций при разных уровнях обилия нерестующих производителей.

Для бассейнов рек Камчатка и Озерная существуют продолжительные временные ряды по численности отнерестившихся производителей нерки и величине произведенного ими потомства. Для этих рек существует определенный оптимум пропуска, при ежегодном обеспечении которого гарантированно происходит эффективное воспроизводство.

Мониторинг пропуска производителей является важным элементом управления лососевым хозяйством. При этом он включает в себя две принципиально различающиеся по смыслу и выполнению задачи: оперативный контроль пропуска и контроль осуществленного пропуска.

Первый решает задачи оперативного регулирования промысла, т.е. является инструментом, направленным на оперативное включение в промысел возможного избытка пропуска производителей, если в ходе проведения оперативных мероприятий этот избыток подтвержден. В этом случае на основании оперативных оценок пропуска и фазы хода прогнозируется дальнейшая его динамика и далее принимаются управленческие решения. Достоверный контроль захода в реки избежавших промыслового пресса производителей в условиях обширных водоемов, таких как бассейны рек Камчатка и Озерная, достаточно

сложная задача. Разработанный нами оригинальный комплексный метод контроля пропуска в бассейнах этих рек позволил получать такие оценки для решения оперативных комиссионных задач управления промыслом.

Вторая задача заключается в оценке числа непосредственно нерестующих в этот год рыб как репродуктивной основы, обеспечивающей следующую генерацию потомков. Кроме непосредственно прогностической функции данная информация, наряду с величиной вылова, используется для описания общей величины подхода лососей в конкретный год. Впоследствии, после определения возрастной структуры подходов, данная информация используется в прогностических целях уже как величина вернувшихся потомков в смежных поколениях. Учеты численности нерки, полученные с помощью гидроакустических комплексов «NetCor» и «DT-X» в протоке Азабачьей (бассейн р. Камчатка) и в р. Озерной, являются одним из компонентов для решения этой задачи.

5.1. Стадо нерки р. Камчатка

5.1.1. Прогнозирование динамики численности

В основе прогнозирования промыслового состава нерки стада р. Камчатка лежит расчет численности поколений по связи «родители–потомки» (Beverton, Holt, 1957). Оценка величины родителей рассчитывается как сумма выловленных и пропущенных на нерест рыб. Расчёт численности выловленных рыб осуществляется с учетом всех видов промысла – промышленного, традиционного и любительского. При этом данные промысловой статистики, которые отражаются в весовом выражении, переводятся в численность в экземплярах рыб. Для этого привлекаются данные биостатистики, собранной из уловов ставных морских неводов в Камчатском заливе, а также РЛУ р. Камчатка (Лососи–2019 (путинный прогноз), 2019).

Численность пропущенных на нерест рыб определяется аэровизуальным методом. С 2014 г. стали привлекать данные по оценке численности нерки с одного из крупнейших центров воспроизводства бассейна р. Камчатка

(оз. Азабачье), полученные с помощью гидроакустических комплексов «NetCor» и «DT-X», подробно описанных в главе 4. Также в результате внедрения комплексного метода, разработанного на основе данных гидроакустических комплексов, с 2016 г. были получены оценки пропуска производителей нерки по всему бассейну реки (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Модельная оценка пропуска производителей нерки в бассейне р. Камчатка в 2016–2019 гг., тыс. экз.

Год	Оценка пропуска
2016	300
2017	493
2018	275
2019	187

Расчёт численности последних десяти полностью вернувшихся поколений родителей дает возможность использовать модель Бивертон-Холта как базовую при расчетах численности потомков по формуле:

$$R = a \times \frac{s}{b+s}.$$

В качестве вспомогательного определения численности в возвратах рыб старших возрастных групп применен метод, основанный на расчетах по остаточному принципу (метод сиблингов) (Peterman, 1982). Он подразумевает, что при сохранении более или менее стабильного распределения рыб по возрастным группам созревания и, следовательно, возврата, зная количество уже вернувшихся производителей и их долю в поколении, можно с достаточной степенью достоверности оценить оставшуюся численность поколения, учитывая время подхода рыб разного возраста созревания. Доля численности каждой возрастной группы подхода нерки определяется по чешуе, взятой из проб биоанализа (Лососи–2019 (путинный прогноз), 2019).

После того как определена общая численность возврата нерки в конкретный год, на основании целевого пропуска определяли биологические ориентиры управления промыслом.

Средний целевой ориентир пропуска нерки на нерест в данный водный объект, полученный с помощью математического моделирования, определен на уровне 460 тыс. экз. (Фельдман и др., 2016) (рис. 5.1). При пересчете с учетом данных последних лет целевой ориентир равен 557 тыс. рыб (Лососи–2019 (путинный прогноз), 2019).

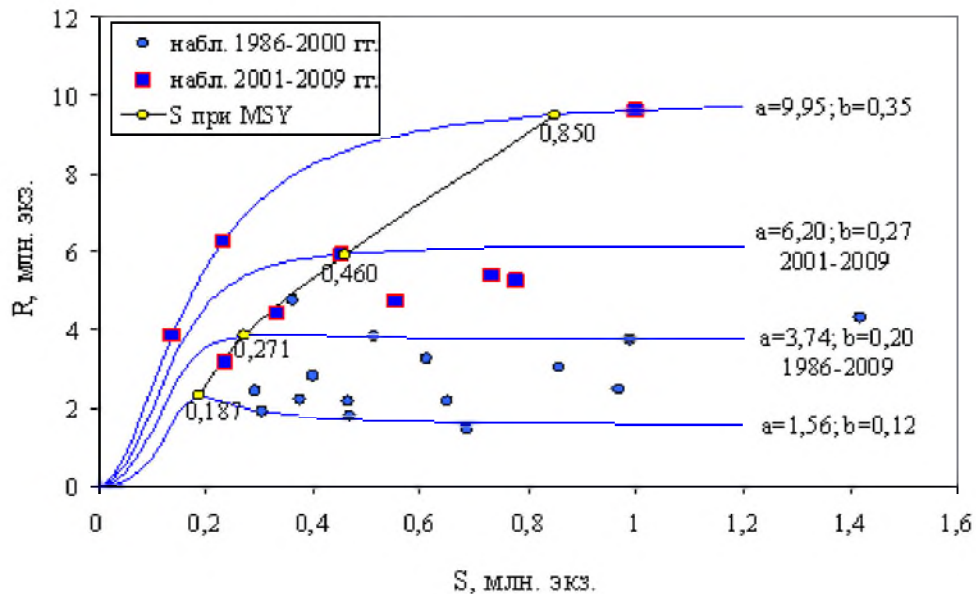


Рис. 5.1. Изменение величины S_{MSY} при различных уровнях кривой «запас-пополнение» для общей популяции нерки р. Камчатка (Фельдман и др., 2016)

На рис. 5.1 видно, что в идеальной ситуации при регулировании промысла следует ориентироваться на уровень 850 тыс. производителей. Однако подобный уровень заполнения можно достичь, обеспечивая оптимальный пропуск всех внутривидовых структурных компонент, слагающих общий нерестовый фонд реки, а не только нескольких самых крупных, как это происходит в настоящее время. Более того, в 2000-х гг. даже основные нерестилища заполнялись не в полной мере. Таким образом, можно констатировать, что, заполняя нерестилища на уровне средней страты, можно рассчитывать со временем выйти на верхний, наиболее благоприятный уровень воспроизводства нерки в бассейне р. Камчатка. При этом следует уточнить, что приблизительно $2/3$ пропуска необходимо обеспечивать для ранней расы нерки и $1/3$ для поздней.

Предосторожный подход управления рыбными запасами предполагает наличие не только целевых, но и граничных ориентиров (Бабаян, 2000).

Используемые правила регулирования промысла (ПРП) определены предосторожными оценками граничных ориентиров (иначе буферными ориентирами) по промысловому запасу и эксплуатации.

Использование нелинейного ПРП основано на буферных ориентирах, таких как минимальный пропуск производителей (S_{buf}) и максимальная эксплуатация (E_{buf}), и для нерки р. Камчатка формулируется следующим образом (Лососи–2019 (путинный прогноз), 2019):

– при численности подхода нерки ниже буферного ориентира по пропуску, равного 170 тыс. рыб, вылов возможен только в научных целях;

– при промысловом запасе выше буферного ориентира (S_{buf}) уровень эксплуатации возрастает согласно правилу

$$E_t = E_{buf} \times \frac{(N_t - N_{buf})}{(N_t + N_{buf})};$$

– граничный ориентир по эксплуатации (E_{buf}) определяется в результате тестирования ПРП для каждого конкретного года исходя из прогнозируемого подхода.

Тестирование ориентира управления по эксплуатации проводится в пределах от 75 до 95 % с шагом в 5 % методом бутстреп-оценок (100 выборок для каждого шага). Аналогично тестируется и буферный ориентир по промысловому запасу в пределах 140–180 тыс. рыб с шагом 10 тыс. При этом оцениваются такие показатели, как среднемноголетний подход, пропуск, вылов, эксплуатация, а также риски появления низкочисленных поколений (Лососи–2019 (путинный прогноз), 2019).

5.1.2. Регулирование промысла

Основным инструментом оценки пропуска производителей лососей на нерестилища, расположенные в бассейне р. Камчатка, долгие годы являлись авиаучетные работы. Однако общее сокращение полетных часов из-за снижения финансирования, а также протяженный временной лаг между заходом рыб в реку и подходом их на нерестилища (который для такой крупной реки, как р. Камчатка, может составлять от двух до трех недель) не позволяет использовать

результаты авиаучетов в качестве оперативного инструмента регулирования лососевого промысла непосредственно в ходе путины (Шевляков, Фадеев, 2015). После прогнозирования подхода нерки и определения биологических ориентиров пропуска возникает необходимость в получении оперативных оценок пропуска для их достижения.

Разработка и внедрение новой комплексной методики на основе данных промышленных и контрольных уловов, а также методов гидроакустического учета дают возможность получать оценки пропуска производителей лососей в бассейн р. Камчатка в режиме реального времени (Шевляков, Фадеев, 2015; Фадеев и др., 2019).

В результате наших работ с 2016 г. были получены данные о динамике численности пропуска нерки в течение всего периода нерестового хода (с конца мая по конец августа), а также появилась возможность принимать оперативные решения по регулированию промысла непосредственно в ходе путины (рис. 5.2).

Проведенный анализ промысловой обстановки в период лососевых путин в Камчатском заливе и бассейне р. Камчатка показал, что основную промысловую нагрузку на наиболее значимый объект промысла — нерку — оказывают ставные невода, расположенные на морских РЛУ. Их вклад в общем изъятии этого вида составляет около 80–90 %. При этом современная среднемноголетняя (2011–2019 гг.) интенсивность промысла относительно уровня подходов (промысел + пропуск на нерест) нерки достигает 95 %. Подобный уровень промыслового воздействия негативно отражается на воспроизводстве лососевых ресурсов бассейна р. Камчатка. Это указывает на то, что в первую очередь ограничительные меры при регулировании промысла необходимо вводить на добычу (вылов) в Камчатском заливе.

Эффективным инструментом обеспечения пропуска производителей в количестве, обеспечивающем расширенное воспроизводство, является введение проходных дней на основе регулярной, обычно еженедельной периодичности, на время которых промысел не проводят, а орудия лова или навесное сетное вооружение либо снимают, либо приводят в нерабочее состояние.

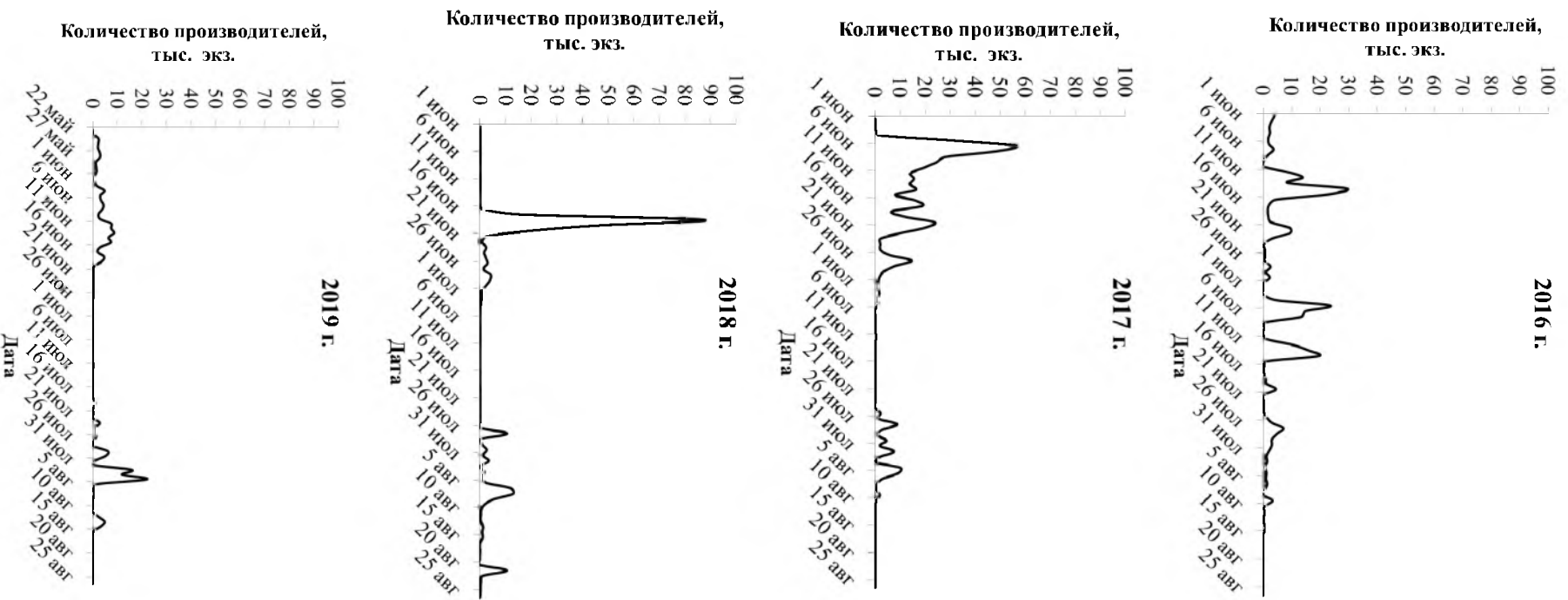


Рис. 5.2. Динамика величины пропускной способности в бассейне р. Камчатка в 2016–2019 гг.

Введение комплексного метода оценки пропуска производителей нерки на нерестилища в нижнем течении реки позволило разработать стратегию управления промыслом в бассейне р. Камчатка. Согласно этой стратегии мониторинг пропуска нерки осуществляется со второй декады мая, в период начала хода ранней формы нерки. Осуществления промышленного вылова в Камчатском заливе и на речных РЛУ происходит только после пропуска ранней формы нерки в количестве 120–150 тыс. экз., рассчитанном по результатам проведения контрольных сплавов в основном русле реки, или при пропуске 30–60 тыс. экз. в оз. Азабачье, зарегистрированном на гидроакустическом створе в протоке. Такой пропуск соответствует 30–35 % оптимального количества ранней формы нерки и, как правило, приходится на начало её рунного хода.

Далее, для достижения оптимальных ориентиров пропуска вводятся три проходных дня в неделю как на морских, так и на речных РЛУ одновременно до завершения хода ранней нерки.

Для достижения оптимальных пропусков поздней формы нерки в начале её хода (первая декада июля) устанавливаются временные запреты на промысел (промышленное, традиционное рыболовство) в Камчатском заливе и в бассейне р. Камчатка до достижения по данным оперативного мониторинга пропуска поздней формы нерки в пределах 70–100 тыс. экз. Эта численность соответствует 40–50 % оптимального количества для этой формы.

Также для достижения оптимальных пропусков поздней формы нерки вводятся три проходных дня в неделю на морских и речных РЛУ. Осуществление ежедневного мониторинга позволяет принимать комиссионные решения отмены проходных дней в случае активного хода производителей и достижения оптимальных пропусков до полного запрета промысла в обратном случае.

5.2. Стадо нерки р. Озерной

5.2.1. Прогнозирование динамики численности

В основе прогнозирования возвратов нерки стада р. Озерной лежит также расчет численности поколений по связи «родители–потомки». Эффективность

воспроизводства поколений в возрасте 3+, 4+ и 5+ лет, обеспечивающих возврат нерки, оценивается при помощи уравнения, предложенного В.А. Дубыниным с соавторами (2007):

$$K = \frac{a}{Eb\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\frac{-(\ln E - c)^2}{2b^2}},$$

где K — кратность воспроизводства поколений от данной численности производителей (родителей); E — численность производителей (родителей); a , b и c — коэффициенты уравнения (Лососи–2019 (путинный прогноз), 2019).

В качестве интегрального показателя, характеризующего связь «родители–потомство», используют коэффициент кратности возврата, который рассчитывается как отношение численности поколения к численности родителей, генерировавших это поколение нерки. Уравнение адекватно описывает современный уровень динамики численности нерки р. Озерной. Оно применялось для расчета численности поколений нерки в прогнозах с 2007 г. Численность старших поколений нерки возраста 6+ и 7+ рассчитывается по остаточному принципу (метод сиблингов) (Peterman, 1982; Лососи–2019 (путинный прогноз), 2019).

После определения численности возврата нерки р. Озерной устанавливаются биологические ориентиры управления запасом. Для их выбора используют данные численности пропуска производителей на нерест и рассчитанное соответствующее количество потомков для каждого года наблюдений в период с 1991 г. до года полностью вернувшегося поколения (Лососи–2019 (путинный прогноз), 2019).

Ежегодный вклад стада р. Озерной в формирование уловов нерки Западной Камчатки составляет порядка 20–30 тыс. т, что превышает 90–95 % общего регионального вылова. Интенсивность вылова нерки этого стада составляет 85–89 %. Стоит отметить, что стадо нерки р. Озерной в пределах Камчатского края является единственным примером единицы запаса, где допускается повышение промыслового изъятия до 90 %, так как она воспроизводится в замкнутой озерно-речной системе, для которой имеется модель регулирования пропуска и

определен оптимум необходимого количества производителей для эффективного нереста. Данные по учету пропущенных на нерест производителей здесь одни из самых достоверных. В соответствии с моделями установлены биологические ориентиры. Целевой ориентир пропуска нерки находится в диапазоне 1,1–1,9 млн рыб (в среднем 1,5 млн рыб). При численности подхода нерки ниже буферного ориентира по пропуску, равного 0,6 млн рыб, вылов здесь возможен только в научных целях (Дубынин, 2012; Фельдман и др., 2019) (рис. 5.3).

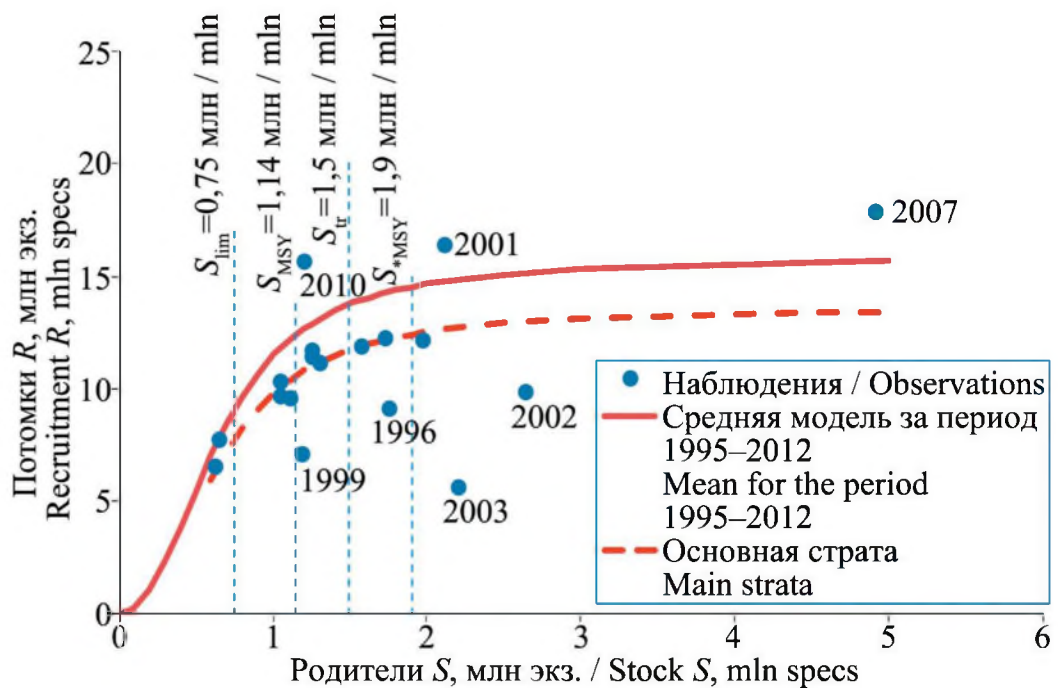


Рис. 5.3. Оценка ориентиров управления для нерки р. Озерной (Фельдман и др., 2019)

Система регулирования пропуска здесь, как отмечено выше, представлена рыбоучетным заграждением у истока озера. Наличие нового учетного гидроакустического створа, расположенного выше места последних рыбопромысловых участков в нижнем течении реки, позволяет получать данные о пропуске раньше РУЗ. Временной лаг, требуемый для прохождения производителями расстояния от места гидроакустического створа до рыбоучётного заграждения в истоке реки, составляет 3–4 сут (Бугаев и др., 2009). Получение оперативной информации с гидроакустического створа дает возможность более оперативно решать задачи по регулированию промысла в период массового хода нерки.

5.2.2. Регулирование промысла

Регулирование промысла необходимо осуществлять дифференцированно, так как р. Озерной – основной центр воспроизводства вида не только западного побережья Камчатки, но и всего Дальнего Востока России.

С учетом рассчитанных оптимальных ориентиров пропуска нерки на нерестилища оз. Курильского основой рационального промысла является обеспечение достаточного уровня заполнения и изъятия всего остального количества рыб промыслом. При этом насыщение нерестилищ не должно быть разовым явлением в одну из фаз захода, а осуществляться в процессе всего подхода, обеспечивая пропуск на нерестилища всех эпигенетических групп производителей, составляющих их внутривидовое разнообразие. По мере продвижения лососей к нерестилищам они последовательно преодолевают морские прибрежные пространства, устьевые участки реки и лишь потом добираются на нерестилища. Таким образом, достижение производителями нерестилищ должно обеспечиваться последовательным установлением ограничений промысла сначала в прибрежной зоне на морских РЛУ, а затем на речных промысловых участках. Таким инструментом является установление проходных дней.

Внедрение гидроакустического комплекса для учёта численности производителей нерки, установленного в нижнем течении реки выше всех рыболовных участков, позволило разработать стратегию оперативного управления промыслом. Как упоминалось выше, с помощью комплекса появилась возможность получать данные в реальном времени. Также оценка численности нерки на гидроакустическом створе происходит раньше, чем на рыбоучётном в истоке озера, на 3–4 сут.

Так, в современном периоде для РЛУ р. Озерной и группы морских РЛУ (№ 187–209), расположенных на путях миграции нерки к реке, действуют специальные меры регулирования. В частности, в прибрежье р. Озерной на морских РЛУ промысел начинается только после пропуска производителей поздней нерки – 500 тыс. производителей. Освоение запасов ранней нерки начинается с третьей декады июня в режиме двух дней промысла через два дня пропуска.

ВЫВОДЫ

1. Вылов нерки р. Камчатка в последнее десятилетие находится на высоком уровне. При этом наблюдается резкое сокращение нерестовой части популяции. В среднем численность нерки в рассматриваемый период на нерестилищах бассейна р. Камчатка составила 370 тыс. экз., что на 25–30 % ниже целевого ориентира заполнения. Основной причиной снижения численности запасов нерки р. Камчатка является возросший пресс промысла в Камчатском заливе за счет увеличения количества неводов, а также рост эффективности рыбопереработки предприятий Усть-Камчатского района.

2. Подходы озерновской нерки в современном периоде высокие. В последнее десятилетие отмечен максимальный исторический вылов. Пропуск производителей на нерестилища оз. Курильского осуществляется в пределах оптимального количества, необходимого для эффективного воспроизводства (около 1500–1600 тыс. экз.).

3. Максимальная миграционная активность нерки в реках Камчатка и Озерная наблюдалась в темное время суток. В среднем за период, который составляет третью часть суток, проходило около 43 % рыб. Анадромная миграция нерки в значительной части (до 75 %) протекала в наиболее глубоких зонах рек, где течение относительно слабое. На примере бассейна р. Камчатка выяснили, что расстояние от устья реки до гидроакустического створа (40 км) производители преодолевали в среднем за двое суток. Таким образом, скорость миграции нерки против течения составляла менее 1 км/час.

4. На основе выявленных закономерностей анадромных миграций нерки были разработаны методики мониторинга пропуска производителей в исследуемых водоёмах. Использование гидроакустической аппаратуры в р. Озерной и в протоке Азабачьей позволило получить оценку численности мигрирующих на нерест производителей в режиме реального времени. Кроме того, разработан уникальный метод оценки пропуска производителей на нерест, в основе которого лежит установленная взаимосвязь накопленного среднего улова с

количеством производителей, мигрирующих выше по течению и зарегистрированных гидроакустическим комплексом. Этот метод необходим в условиях обширного водотока, где нет возможности получить прямые оценки производителей гидроакустическими комплексами.

5. На основе разработанного комплексного метода получили информацию о динамике нерестового хода нерки в нижнем течении рек Камчатка и Озерная, которая служит для решения оперативных задач по регулированию промысла. Важнейшей из них является обеспечение целевых ориентиров пропуска производителей нерки на нерестилища обеих рек, что позволяет соблюсти баланс эффективного воспроизводства и стабильного многолетнего рыболовства данных единиц запасов.

6. Результаты представленной системы биологического мониторинга являются важнейшим информационным обеспечением при подготовке прогнозов динамики запасов нерки рек Озерная и Камчатка. В процессе подготовки прогнозов проводится сравнительный анализ полученных данных мониторинга и традиционных методов учета численности лососей на нерестилищах (р. Озерная (оз. Курильское) – РУЗ, р. Камчатка – аэровизуальный учет). Это позволяет методически дополнять информационный уровень оценок нерестовых запасов нерки в рассматриваемых водных объектах.

7. Введение комплексного метода оценки пропуска производителей нерки на нерестилища позволило разработать стратегию управления промыслом в бассейне рек Камчатка и Озерная. Эти стратегии основываются на получении данных о пропуске нерки в режиме реального времени на контрольных участках в нижних течениях рек. Промысел открывается после получения данных о пропуске 30–50 % от оптимального количества производителей каждой сезонной формы. Для обеспечения достаточного уровня заполнения нерестилищ в ходе путины осуществляется регулирование проходных дней. В случае необходимости вносятся изменения в сроки периодов остановки промысла, например, в июле-августе в бассейне р. Камчатка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абрамов В.В. Краткий оперативный отчет о командировке на нерестилища горбуши в бассейне р. Большой летом 1942 г : отчет о НИР / КамчатНИРО. – Петропавловск-Камчатский, 1942. – 2 с.

Алтухов, Ю.П. Популяционная генетика рыб / Ю.П. Алтухов. – М. : Пищ. пром-сть, 1974. – 245 с.

Алтухов, Ю.П. Генетические процессы в популяциях / Ю.П. Алтухов. – М. : Наука, 1983. – 279 с.

Алтухов, Ю.П. Популяционная генетика лососевых рыб / Ю.П. Алтухов, Е.А. Салменкова, В.Т. Омельченко. – М. : Наука, 1997. – 288 с.

Антонов, Н.П. Биологическая характеристика и динамика численности основных стад азиатской нерки – рек Озерной и Камчатки / Н.П. Антонов, В.Ф. Бугаев, В.А. Дубынин // Вопр. рыболовства. – 2007 – Т. 8, № 3 (31). – С. 418–458.

Бабаян, В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ) / В.К. Бабаян. – М. : ВНИРО, 2000. – 192 с.

Берг, Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран / Л.С. Берг. – М. ; Л. : АН СССР, 1948. – Ч. 1. – 467 с.

Бирман, И.Б. Морской период жизни и вопросы динамики стада тихоокеанских лососей / И.Б. Бирман. – М. : Агропромиздат, 1985. – 208 с.

Борисенко, Э.С. Гидроакустический метод исследования рыбных ресурсов внутренних водоемов / Э.С. Борисенко, А.Д. Мочек, Д.С. Павлов // Мат-лы I Всерос. конф. с междунар. участием «Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов». – М. : АКВАРОС, 2011. – С. 74–85.

Борисенко, Э.С. Гидроакустические исследования распределения рыб в пойменно-русловой системе Нижнего Иртыша : дис. ... канд. биол. наук : специальность 03.02.06 / Борисенко Эдуард Степанович ; Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. – М., 2013. – 158 с.

Брыков, В.А. Дивергенция митохондриальной ДНК в популяциях нерки (*Oncorhynchus nerka* Walbaum) озера Азабачьего (Камчатка) / В.А. Брыков, Н.Е. Полякова, А.В. Подлесных // Генетика. – 2002. – Т. 39, вып. 12. – С. 1687–1692.

Бугаев, А.В. Биология нерки *Oncorhynchus nerka* в период преднерестовых миграций в юго-западной части Берингова моря и сопредельных водах Тихого океана : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.06 / Бугаев Александр Викторович. – Владивосток, 2003. – 24 с.

Бугаев, А.В. Распределение и динамика дрифтерных уловов тихоокеанских лососей *Oncorhynchus spp.* в период преднерестовых миграций в экономической зоне России / А.В. Бугаев // Изв. ТИНРО. – 2010. – Т. 162. – С. 3–35.

Бугаев, А.В. Биология и функциональная структура ареалов тихоокеанских лососей в период преднерестовых миграций в исключительной экономической зоне Российской Федерации : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.06 / Бугаев Александр Викторович ; ВНИРО. – М., 2015. – 49 с.

Бугаев, А.В. Многолетние тенденции промысла и динамики численности азиатских стад нерки *Oncorhynchus nerka* / А.В. Бугаев, В.Ф. Бугаев // Изв. ТИНРО. —2003. — Т. 134. — С. 101–119.

Бугаев, А.В. Происхождение и распределение локальных стад нерки *Oncorhynchus nerka* в западной части Берингова моря в августе-октябре 2006 г. / А.В. Бугаев, И.И. Глебов, Е.В. Голубь и др. // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 153. – С. 88–108.

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

Бугаев, В.Ф. Пространственная структура популяций нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) в бассейне р. Камчатка : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.06 / Бугаев Виктор Федорович ; МГУ. – М., 1983. – 22 с.

Бугаев, В.Ф. Методика идентификации в уловах прибрежного и речного промысла особей основных локальных стад и группировок нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) бассейна р. Камчатки / В.Ф. Бугаев // Вопр. ихтиол. – 1986. – Т. 26, вып. 4. – С. 600–609.

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

Бугаев, В.Ф. Особенности динамики численности нерки *Oncorhynchus nerka* оз. Азабачье и современная стратегия рационального использования нерки р. Камчатка / В.Ф. Бугаев // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : докл. III науч. конф. (26–27 ноября 2002 г., Петропавловск-Камчатский). – Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2003а. – С. 11–23.

Бугаев, В.Ф. Уровни воспроизводства нерки *Oncorhynchus nerka* группировки «Е» (бассейн р. Камчатка) / В.Ф. Бугаев // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : материалы IV науч. конф. (18–19 ноября 2003 г., Петропавловск-Камчатский). – Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2003б. – С. 23–27.

Бугаев, В.Ф. Нерка реки Камчатки (биология, численность, промысел) / В.Ф. Бугаев. – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2010. – 232 с.

Бугаев, В.Ф. Азиатская нерка – 2 (биологическая структура и динамика численности локальных стад в конце XX – начале XXI вв.) / В.Ф. Бугаев. – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2011. – 380 с.

Бугаев, В.Ф. Сравнительная численность производителей локальных стад и группировок нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) (Salmonidae) в бассейне р. Камчатки / В.Ф. Бугаев, А.Г. Остроумов // Динамика численности промысловых животных дальневосточных морей. – Владивосток : ТИНРО, 1986. – С. 47–52.

Бугаев, В.Ф. Факторы, влияющие на биологические показатели и динамику численности нерки *Oncorhynchus nerka* рек Озерной и Камчатка / В.Ф. Бугаев, В.А. Дубынин // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130. – С. 679–757.

Бугаев, В.Ф. Рыбы реки Камчатка / В.Ф. Бугаев, Б.Б. Вронский, Л.О. Заварина и др. – Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2007. – 459 с.

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

Бугаев, В.Ф. Озерновская нерка. Биология. Численность. Промысел / В.Ф. Бугаев, А.В. Маслов, В.А. Дубынин. – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2009. – 156 с.

Варнавская, Н.В. Генетическая дифференциация популяций тихоокеанских лососей / Н.В. Варнавская. – Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2006. – 488 с.

Варнавская, Н.В. Особенности пространственной генетической дифференциации популяций нерки (*Oncorhynchus nerka* (Walbaum)) Начикинского, Двухюрточного, Дальнего и Ближнего озер (Камчатка) / Н.В. Варнавская, В.С. Варнавский, И.И. Вецлер, К.Ю. Непомнящий // Генетика. – 1988. – Т. 24, № 4. – С. 723–731.

Глубоковский, М.К. Эволюционная биология лососевых рыб / М.К. Глубоковский. – М. : Наука, 1995. – 343 с.

Горшкова, Г.В. Хромосомный полиморфизм нерки озера Азабачьего / Г.В. Горшкова // Тез. докл. II Всесоюзного совещания по биохимической генетике, кариологическому полиморфизму и мутагенезу у рыб (14–17 марта, Ленинград). – М., 1978. – С. 4–5.

Грантовских, А.В. Климат и метеорологические условия бассейна Курильского озера / А.В. Грантовских // Комплексные исследования озера Курильского. – Владивосток : ДВГУ, 1986. – С. 30–51.

Гриценко, О.Ф. Популяционный состав неполовозрелой нерки в западной части Берингова моря в осенний период / О.Ф. Гриценко, Н.В. Кловач, Д.А. Зеленина и др. // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 151. – С. 207–213.

Дегтев А.И. Количественная оценка гидроакустическим методом численности производителей нерки, прошедших через свободное от влияния РУЗа сечение реки и экспериментальные работы по определению численности покатной молоди нерки гидроакустическим методом в сопоставлении с контрольным обловом : отчет о НИР / ООО «Промгидроакустика». № 5670. – Петрозаводск, 2011. – 25 с.

Дегтев, А.И. Количественная оценка проходных рыб гидроакустическим методом на мелководных водоемах / А.И. Дегтев, А.П. Мошевикин, Э.С. Борисенко и др. // Рыб. хоз-во. – 2007. – Вып. 6. – С. 69–71.

Дегтев А.И. Осуществить поставку научного оборудования, автоматизированной системы учета проходных рыб для количественной оценки проходных рыб – гидроакустического программно-технического комплекса «NetCor» (далее комплекс, система) с беспроводной передачей данных с плавучих гидроакустических станций (устройства «slave») на береговую контрольно-измерительную систему (устройство «master») по радиоканалу с использованием стандарта «NanoLoc» в нелицензируемом диапазоне радиочастот : отчет о НИОКР / ООО «Промгидроакустика». № 4312. – Петрозаводск, 2009. – 25 с.

Дегтев А.И. Провести экспериментальные работы по количественному учету гидроакустическим методом с использованием комплекса «NetCor» хода рыбы через наблюдаемое сечение реки Озерная за время наблюдения : отчет о НИР / ООО «Промгидроакустика». № 4782. – Петрозаводск, 2010. – 25 с.

Дегтев, А.И. Программно-техническая реализация гидроакустического метода количественной оценки плотности водных биомасс: дис. ... канд. техн. наук : 05.13.10 / Дегтев Александр Игоревич. – Петрозаводск, 2004. – 124 с.

Державин, А.Н. Зимняя поездка на Курильское озеро / А.Н. Державин // Камчатская экспедиция Федора Павловича Рябушинского : Работы зоологического отдела на Камчатке в 1908–1909 гг. – 1916а. – Вып. 1. – С. 246–278.

Державин, А.Н. Осенняя поездка на Курильское озеро / А.Н. Державин // Камчатская экспедиция Федора Павловича Рябушинского : Работы зоологического отдела на Камчатке в 1908–1909 гг. – 1916б. – Вып. 1. – С. 309–343.

Дубынин, В.А. Изменчивость длины и массы смолтов нерки *Oncorhynchus nerka* стад рек Озерная и Камчатка, в зависимости от некоторых факторов среды / В.А. Дубынин, В.Ф. Бугаев // Сохранение биоразнообразия морей Камчатки и прилегающих морей : материалы науч. конф. (27–28 ноября 2002 г. Петропавловск-Камчатский). – Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2002. – С. 40–43.

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

Дубынин, В.А. К методике прогнозирования численности поколений нерки *Oncorhynchus nerka* стада р. Озерной / В.А. Дубынин, Е.А. Шевляков, О.И. Ильин // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 149. – С. 219–225.

Дубынин, В.А. Об оптимальности производителей нерки на нерестилищах бассейна р. Озерная в современный период / В.А. Дубынин // Материалы Всерос. науч. конф. «Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление», посвящ. 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО» (26–27 сентября 2012, г. Петропавловск-Камчатский). – Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2012. – С. 302–308.

Егорова, Т. В. Причины колебаний численности красной р. Озерной / Т. В. Егорова, Ф. В. Крогиус, И. И. Куренков, Р.С. Семко // Вопр. ихтиол. – 1961. – Т. 1, вып. 3. – С. 439–447.

Егорова, Т.В. Нерестовый ход и сроки нереста *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) в бассейне р. Озерной / Т.В. Егорова // Вопр. ихтиол. – 1977. – Т. 17, вып. 4. – С. 634–641.

Егорова, Т.В. Основные закономерности, определяющие динамику численности красной *Oncorhynchus nerka* (Walb.) бассейна р. Озерной : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.06 / Егорова Тамара Васильевна. – Владивосток , 1967. – 22 с.

Егорова, Т.В. Размножение и развитие красной в бассейне реки Озерной / Т.В. Егорова // Изв. ТИНРО. – 1970. – Т. 73. – С. 39–53.

Ерохин, В.Г. О скорости нерестовых миграций и оценке темпа береговых подходов горбуши восточной Камчатки на основе данных траловых съемок / В.Г. Ерохин, А.В. Кожевников // Бюл. № 5 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – Владивосток : ТИНРО-центр, 2010. – С. 110–112.

Ерохин, В.Г. Распределение и биологические показатели молоди нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) (Salmonidae) в восточной части Охотского моря / В.Г. Ерохин // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 1998. – Вып. 4. – С. 124–130.

Животовский, Л.А. Эволюционная история тихоокеанских лососей и форелей / Л.А. Животовский // Тр. ВНИРО. – 2015. – Вып. 157 (ч. 2). – С. 4–23.

Запорожец, О.М. Использование фото- и видеофиксации для оценки количества производителей тихоокеанских лососей на нерестилищах и путях их миграции: некоторые методические подходы / О.М. Запорожец, Г.В. Запорожец // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 2017. – Вып. 47. – С. 77–90.

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

Кляшторин, Л.Б. Тихоокеанские лососи: климат и динамика запасов / Л.Б. Кляшторин // Рыб. хоз-во. – 2000. – № 4. – С. 32–34.

Коваль, М.В. Опыт гидроакустических исследований лососей в пелагиали некоторых озер Камчатки / М.В. Коваль, Е.В. Лепская, В.А. Дубынин и др. // Бюл. № 8 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток : ТИПРО-центр, 2013. – С. 207–225.

Коваль, М.В. 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 и др. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 2020. – Вып. 57 – С. 5–66.

Ковалюк, А.Г., Яковлев С.Г., Путивкин С.В., Гребнев А.П. Устройство для подсчета рыб в потоке воды : Пат. РФ № 2062572. Оpubл. в Бюл. ВИНТИ. – 1996. – № 8.

Коновалов, С.М. Дифференциация локальных стад нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) / С.М. Коновалов. – Л. : Наука, 1971. – 229 с.

Коновалов, С.М. Популяционная биология тихоокеанских лососей / С.М. Коновалов. – Л. : Наука, 1980. – 238 с.

Крогиус, Ф.В. О динамике численности красной (*Oncorhynchus nerka* (Walb.)) / Ф.В. Крогиус // Изв. ТИПРО. – 1951. – Т. 35. – С. 3–16.

Крогиус, Ф.В. О различных типах чешуи красной *Oncorhynchus nerka* (Walb.) в бассейне р. Камчатка и времени образования годового кольца / Ф.В. Крогиус // Изв. ТИПРО. – 1970. – Т. 74. – С. 67–81.

Крогиус, Ф.В. О связях темпа роста и численности красной / Ф.В. Крогиус // Тр. совещ. ихтиол. комис. АН СССР. — 1961. — Вып. 13. — С. 132–146.

Крогиус, Ф.В. О строении чешуи камчатской красной разных локальных стад / Ф.В. Крогиус // Биология морского периода жизни дальневосточных лососей. — М., 1958. — С. 52–63.

Крогиус, Ф.В. Об урожайности молоди красной *Oncorhynchus nerka* (Walb.) / Ф.В. Крогиус, Е.М. Крохин // Изв. ТИНРО. — 1948. — Т. 28. — С. 3–27.

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

Крогиус, Ф.В. Результаты исследований нерки (красной), состояние её запасов и колебания численности в водах Камчатки / Ф.В. Крогиус, Е.М. Крохин // Вопр. ихтиол. — 1956. — Т. 7, вып. 5. — С. 3–20.

Крогиус, Ф.В. Сезонные расы красной *Oncorhynchus nerka* (Walb.) и ее нерестилища в водоемах Камчатки / Ф.В. Крогиус // Биологические основы развития лососевого хозяйства в водоемах СССР. — М. : Наука, 1983. — С. 18–31.

Крогиус, Ф.В. Темп роста и возрастные группировки красной *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) в море / Ф.В. Крогиус // Вопр. ихтиол. — 1960. — Т. 16. — С. 67–88.

Крогиус, Ф.В. Тихоокеанский лосось – нерка (красная) в экологической системе оз. Дальнего (Камчатка) / Ф.В. Крогиус, Е.М. Крохин, В.В. Меншуткин. — Л. : Наука, 1987. — 198 с.

Крохин, Е.М. Очерк Курильского озера и биологии красной в его бассейне / Е.М. Крохин, Ф.В. Крогиус // Тр. Тихоокеан. Комитета. — 1937. — Т. IV. — С. 3–165.

Кузнецов, И.И. Некоторые наблюдения над размножением амурских и камчатских лососей / И.И. Кузнецов // Изв. ТИНРО. — 1928. — Т. 2, вып. 3. — 196 с.

Кузнецов, М.Ю. Методы и средства гидроакустических исследований биологических ресурсов дальневосточных морей / М.Ю. Кузнецов // Материалы Всерос. науч. конф. «Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление», посвящ. 80-летнему юбилею ФГУП «КамчатНИРО» (26–27 сентября 2012, г. Петропавловск-Камчатский). — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2012. — С. 327–338.

Лагунов, И.И. Красная *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) реки Камчатка : дис. ... канд. биол. наук / Лагунов Иван Иванович. – Петропавловск-Камчатский, 1940. – 167 с.

Лебедев, В.Д. Рыбы СССР / В.Д. Лебедев, В.Д. Спановская, К.А. Савваитова и др. – М. : Мысль, 1969. – 447 с.

Леман, В.Н. Иллюстрированный определитель лососеобразных рыб Камчатки / В.Н. Леман, Е.В. Есин. – М. : ВНИРО, 2008. – 100 с.

Лепская, Е.В. Нерка Курильского озера. Справочное пособие для любителей нерки / Е.В. Лепская. – Петропавловск-Камчатский : Новая книга, 2010. – 24 с.

Лобков, Е. Г. Камчатка. Объекты всемирного природного наследия / Е.Г. Лобков. – М. : ЛОГАТА, 1999. – 152 с.

Лососи–2019 (путинный прогноз). – Владивосток : ТИПРО, 2019. – 98 с.

Малых К.М. Исследовать работу гидроакустического комплекса «NetCor» для количественного учёта молоди и производителей нерки в р. Озерная : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 1216. – Петропавловск-Камчатский, 2011. – 36 с.

Малых, К.М. Использование гидроакустических средств для количественного учета тихоокеанских лососей в период ската молоди и нерестовых миграции производителей / К.М. Малых, Е.С. Фадеев // Материалы отчётной сессии ФГУП «КамчатНИРО» по итогам научно-исследовательских работ в 2012 г. – Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2013. – С. 209–215.

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

Малых, К.М. Оценка численности мигрирующих на нерест производителей нерки (*Oncorhynchus nerka*) стада р. Озерной гидроакустическим методом / К.М. Малых, Д.В. Демченко, В.А. Дубынин, М.Н. Коваленко // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 2020. – Вып. 56. – С. 63–73.

Маслов А.В. Распределение и численность производителей лососей в нерестовых водоёмах Камчатской области и Корякского Автономного Округа в 1998 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 6251. – Петропавловск-Камчатский, 1998. – 15 с.

Маслов А.В. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 1999 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 6444. – Петропавловск-Камчатский, 1999. – 16 с.

Маслов А.В. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2000 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 6599. – Петропавловск-Камчатский, 2000. – 18 с.

Маслов А.В. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2001 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 6654. – Петропавловск-Камчатский, 2001. – 19 с.

Маслов А.В. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2002 г. // Архив КамчатНИРО. 2002. 19 с. № 6927.

Маслов А.В. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2003 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 7052. – Петропавловск-Камчатский, 2003. – 19 с.

Маслов А.В. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2004 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 7230. – Петропавловск-Камчатский, 2004. – 18 с.

Маслов А.В. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2005 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 7448. – Петропавловск-Камчатский, 2005. – 19 с.

Маслов А.В. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2006 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 7614. – Петропавловск-Камчатский, 2006. 18 с.

Маслов А.В. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2007 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 7757. – Петропавловск-Камчатский, 2007. – 19 с.

Маслов А.В. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2008 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 7947. – Петропавловск-Камчатский, 2008. – 18 с.

Маслов А.В. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2009 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 8080. – Петропавловск-Камчатский, 2009. – 17 с.

Маслов А.В. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2010 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 8316. – Петропавловск-Камчатский, 2010. – 17 с.

Маслов А.В., Полынцев Я.В. Результаты авиаобследования нерестовых водоёмов Камчатской области и КАО в 1997 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 8048. – Петропавловск-Камчатский, 1997. – 16 с.

Миловская, Л.В. Влияние условий нагула молоди нерки в озере Курильское на структуру чешуи, размеры покатников и выживаемость поколений / Л.В. Миловская // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 2006. – Вып. 8. – С. 166–187.

Миловская, Л.В. Влияние абиотических и биотических условий на формирование кормовой базы молоди нерки (*Oncorhynchus пегка* Walbaum) в пелагиали оз. Курильское (Камчатка) : автореф. ... дис. канд. биол. наук : 03.02.06 / Миловская Людмила Власовна. – Петропавловск-Камчатский, 2007. – 24 с.

Миядзаки, Т. Влияние метеорологических и океанографических условий на лососевых, приплывающих на восточный берег Камчатки : пер с яп. / Т. Миядзаки : Бюро рыболовства министерства сельского и лесного хоз-ва Японии. – 1938. – Т. 7, № 4. – 125 с.

Николаев, А.С. Применение гидроакустических приборов для изучения распределения тихоокеанских лососей в море / А.С. Николаев // Рыб. хоз-во. – 1968. – № 5. – С. 5–7.

Николаев, А.С. Изучение распределения тихоокеанских лососей в море гидроакустическими приборами / А.С. Николаев// Изв. ТИНРО. – 1970а. – Т. 73. – С. 25–38.

Николаев, А.С. Распределение скоплений лососей в Командоро-Камчатском районе Тихого океана и Охотском море летом 1968 г. (по материалам эхолотных съемок) / А.С. Николаев // Изв. ТИНРО. – 1970б. – Т. 78. – С. 3–15.

Николаев, А.С. Некоторые результаты изучения распределения и миграций лососей в Камчатском и Озерном заливах / А.С. Николаев // Изв. ТИНРО. – 1974. – Т. 90. – С. 173–197.

Николаев, А.С. Некоторые итоги изучения трасс движения взрослых лососей в Камчатском заливе / А.С. Николаев // Вопр. ихтиол. – 1977. – Т. 17, вып. 1 (102). – С. 148–158.

Николаев, А.С. Горизонтальное распределение и миграция молоди нерки *Oncorhynchus nerka* в Курильском озере (Камчатка) / А.С. Николаев // Вопр. ихтиол. – 1988. – Т. 28, № 6. – С. 961–970.

Николаев, А.С. Особенности вертикального распределения пелагической молоди нерки *Oncorhynchus nerka* в Курильском озере в летне-осенний период / А.С. Николаев // Вопр. ихтиол. – 1990. – Т. 30, № 3. – С. 392–403.

Николаев, А.С. Прогностические аспекты соотношения «скат-возврат» у стада нерки бассейна реки Озерная на Камчатке / А.С. Николаев // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 1995. – Вып. 3. – С. 12–22.

Николаев, А.С. Оценка численности трехиглой колюшки в оз. Дальнем акустико-фотограмметрическим методом / А.С. Николаев, Ф.И. Васильев, И.Н. Иванченко // Рыб. хоз-во. – 1979. – № 3. – С. 14–15.

Николаев, А.С. Эхосъемки вод озера Азабачьего / А.С. Николаев, В.Ф. Бугаев // Вопр. географ. Камчатки. – 1985. – Вып. 9. – С. 125–130.

Николаев, А.С. Эхолотирование нерковых озер Камчатки / А.С. Николаев, Ю.Р. Богатырев // Рыб. хоз-во. – 1989. – № 4. – С. 47–49.

Николаев, А.С. Некоторые аспекты лимнологической классификации нерковых озер Камчатки / А.С. Николаев, Е.Т. Николаева // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа : сб. науч. тр. – Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 1991. – Вып. 1. – С. 3–17.

Осинов, А.Г. Лососевые рыбы (Salmonidae, Salmoniformes): положение в надотряде Protacanthopterygii, основные этапы эволюционной истории, молекулярные датировки / А.Г. Осинов, В.С. Лебедев // Вопр. ихтиол. – 2004. – Т. 44. – С. 738–765.

Остроумов, А.Г. Нерестовый фонд красной и динамика ее численности в бассейне оз. Азабачье по материалам авиаучета и аэросъемок / А.Г. Остроумов // Изв. ТИНРО. – 1972. – Т. 82. – С. 135–142.

Остроумов, А.Г. Результаты аэровизуального учёта и аэрофотосъемки красной и её нерестилищ в бассейне оз. Курильское / А.Г. Остроумов // Изв. ТИНРО. – 1970. – Т. 78. – С. 17–32.

Остроумов А.Г. Характеристика численности производителей лососей и распределение их по нерестилищам в реках Камчатской области в 1975 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 3350 . – Петропавловск-Камчатский, 1975. – 30 с.

Остроумов А.Г. Распределение и численность производителей лососей в Камчатской области в 1996 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 5988. – Петропавловск-Камчатский, 1996. – 30 с.

Остроумов А.Г. Нерестовый фонд лососей реки Камчатки (часть I, от устья р. Камчатки до устья р. Козыревки) : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 4461. – Петропавловск-Камчатский, 1982. – 71 с.

Остроумов А.Г. Нерестовый фонд лососей реки Камчатки (часть II, от устья р. Козыревки до истоков р. Камчатки) : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 4575. – Петропавловск-Камчатский, 1983. – 43 с.

Остроумов А.Г. Распределение и численность производителей лососей в нерестовых водоёмах Камчатской области в 1984 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 4804. – Петропавловск-Камчатский, 1984. – 32 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю. Распределение и численность производителей лососей в Камчатской области в 1981 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 4343. – Петропавловск-Камчатский, 1981. – 30 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю. Распределение и численность производителей лососей в нерестовых водоёмах Камчатской области в 1983 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 4669. – Петропавловск-Камчатский, 1983. – 37 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю. Распределение и численность производителей лососей в Камчатской области в 1985 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 4951. – Петропавловск-Камчатский, 1985. – 45 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю. Распределение и численность производителей лососей в Камчатской области в 1986 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 5029. – Петропавловск-Камчатский, 1986. – 37 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю. Распределение и численность производителей лососей в Камчатской области в 1987 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 5105. – Петропавловск-Камчатский, 1987. – 37 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю. Распределение и численность производителей лососей в Камчатской области в 1988 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 5219. – Петропавловск-Камчатский, 1988. – 32 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю. Распределение и численность производителей лососей в Камчатской области в 1989 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 5324. – Петропавловск-Камчатский, 1989. – 33 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю. Распределение и численность производителей лососей в нерестовых водоёмах Камчатской области в 1990 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 5370. – Петропавловск-Камчатский, 1990. – 29 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю. Распределение и численность производителей лососей в Камчатской области в 1991 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 5433. – Петропавловск-Камчатский, 1991. – 30 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю. Распределение и численность производителей лососей в Камчатской области в 1992 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 5511. – Петропавловск-Камчатский, 1992. – 35 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю. Распределение и численность производителей лососей в Камчатской области в 1993 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 5571. – Петропавловск-Камчатский, 1993. – 30 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю. Распределение и численность производителей лососей в Камчатской области в 1994 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 5684. – Петропавловск-Камчатский, 1994. – 27 с.

Остроумов А.Г., Непомнящий К.Ю., Маслов А.В. Распределение и численность производителей лососей в Камчатской области в 1995 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 5829. – Петропавловск-Камчатский, 1995. – 27 с.

Павлов, Д.С. Исследования распределения рыб в реках с помощью гидроакустических комплексов / Д.С. Павлов, Э.С. Борисенко, А.Д. Мочек, А.И. Дегтев // Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов : материалы второй междунар. науч.-практ. конф. – М. : ВНИРО, 2008. – С. 25–28.

Павлов, Д.С. Исследования миграций рыб с помощью гидроакустического комплекса. / Д.С. Павлов, Э.С. Борисенко, А.Д. Мочек и др. // Тобольск научный – 2009 : материалы конф. – Тобольск, 2009. – С. 84–87

Павлов, Д.С. Миграции ранней молоди нерки *Oncorhynchus nerka* в реке Озерная (юго-западная Камчатка) / Д.С. Павлов, Е.А. Кириллова, Е.А. Шевляков, А.В. Маслов // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : материалы XI междунар. науч. конф. (29–30 ноября 2010 г., Петропавловск-Камчатский). – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2010 – С. 371–374.

Пильганчук, О.А. Характеристика внутривидовой структуры нерки оз. Курильское и р. Камчатка по изменчивости микросателлитной ядерной ДНК / Н.В. Варнавальская, Т.Д. Бичем // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 2010. – Вып. 18. – С. 28–36.

Пильганчук, О.А. Предварительные результаты оценки генетической гетерогенности нерестового хода нерки р. Озерная / О.А. Пильганчук, Н.Ю. Шпигальская, В.А. Дубынин // Материалы Всерос. науч. конф. «Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление», посвящ. 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО» (26–27 сентября 2012, г. Петропавловск-Камчатский). – Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2012. – С. 431–439.

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

Погодаев, Е.Г. Результаты исследований пресноводных биоресурсов и искусственного воспроизводства лососей / Е.Г. Погодаев, И.В. Шатило, М.А. Кудзина // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 2012. – Вып. 25. – С. 145–165.

Пономарев, В.П. Внутригодовой сток реки Озерной и колебания уровня озера Курильского / В.П. Пономарев, Л.А. Кононенко, В.Н. Седин, А.В. Маслов // Комплексные исследования озера Курильского (Южная Камчатка). – Владивосток : Изд-во Дальневост. гос. ун-та, 1986. – С. 184–198.

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

Пузиков, П.И. Нерка североохотоморского побережья и методы формирования ее заводских популяций / П.И. Пузиков // Северо-Восток России: проблемы экономики и народонаселения : тез. докл. регион. науч. конф. – Магадан, 1998. – Т. 1. – С. 104–105.

Пустовойт, С.П. Генетическая и фенетическая изменчивость нерки, *Oncorhynchus nerka* (Walbaum), р. Камчатка / С.П. Пустовойт, А.Н. Макоедов // Генетика. – 1992. – Т. 28, вып. 6. – С. 141–149.

Пустовойт, С.П. Генетическая гетерогенность нерестового стада нерки, *Oncorhynchus nerka* (Walbaum), р. Камчатка / С.П. Пустовойт // Генетика. – 1993. – Т. 29, вып. 5. – С. 808–819.

Пустовойт, С.П. Внутрипопуляционная генетическая изменчивость и межпопуляционная дифференциация азиатской нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) / С.П. Пустовойт // Генетика. – 1994. – Т. 30. – С. 101–106.

Путивкин, С.В. Биология и динамика численности анадырской кеты: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.06 / Путивкин Сергей Викторович – Владивосток, 1999. – 24 с.

Радченко, В.И. Тенденции многолетней динамики запасов азиатских лососей и определяющие ее факторы / В.И. Радченко, О.А. Рассадников // Изв. ТИНРО. – 1997. – Т. 122. – С. 72–94.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 20 : Камчатка. Л. : Гидрометеиздат, 1973. 365 с.

Руководство по проведению гидроакустических съемок. – М. : ВНИРО, 1984. – 124 с.

Селифонов, М.М. Промысел и воспроизводство красной бассейна р. Озерной : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.06 / Селифонов Михаил Михайлович. – Владивосток : ТИНРО, 1975. – 23 с.

Селифонов, М.М. Некоторые черты биологии и колебания численности нерки бассейна р. Озерная (Камчатка) / М.М. Селифонов // Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки. – Владивосток : ТИНРО, 1988а. – С. 114–129.

Селифонов, М.М. Об оптимальности производителей нерки бассейна р. Озерной / М.М. Селифонов // Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки. – Владивосток : ТИНРО, 1988б. – С. 129–136.

Селифонова, М.Ф. Распределение красной по нерестилищам бассейна р. Озерной / М.Ф. Селифонова // Исслед. по биол. рыб и промысл. океанографии. – 1978. – Вып. 9. – С. 129–133.

Семко, Р.С. Запасы тихоокеанских лососей и их промысловое использование / Р.С. Семко // Изв. ТИНРО. – 1954. – Т. 41. – С. 3–109.

Семко, Р.С. Современные изменения численности дальневосточных лососей и их причины / Р.С. Семко // Тр. совещ. ихтиол. комис. АН СССР. — 1961. — Вып. 13. – С. 117–129.

Смирнов, А.И. Некоторые особенности биологии, размножения и развития лососевой рыбы нерки *O. nerka* / А.И. Смирнов // ДАН СССР. – 1958. – Т. 123, № 2. – С. 371–374.

Смирнов, А.И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей / А.И. Смирнов. – М. : МГУ, 1975. – 335 с.

Уловы тихоокеанских лососей, 1900–1986 гг. – М. : ВНИРО, 1989. – 213 с.

Фадеев, Е.С. Опыт проведения гидроакустических работ по учету производителей тихоокеанских лососей (р. *Oncorhynchus*) в условиях бассейнов малых и средних рек (протока Азабачья, р. Кихчик) / Е.С. Фадеев // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 2014. – Вып. 34. – С. 89–94.

Фадеев, Е.С. Оценка пропуска производителей нерки в бассейне р. Камчатка с помощью гидроакустического комплекса «NetCor» / Е.С. Фадеев, Е.А. Шевляков, А.М. Бирюков // Бюл. № 11 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток : ТИПРО-центр, 2016. – С. 150–157.

Фадеев, Е.С. Опыт использования гидроакустического комплекса для количественного учета производителей тихоокеанских лососей в реках Камчатки / Е.С. Фадеев, Е.А. Шевляков // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса : материалы V науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием. – М. : ВНИРО, 2017. – С. 267–272.

Фадеев, Е.С. Комплексный мониторинг пропуска производителей тихоокеанских лососей р. Камчатка в режиме реального времени / Е.С. Фадеев, Е.А. Шевляков // Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире : мат-лы 3-й науч. школы мол. ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвящ. 140-летию со дня рождения К.М. Дерюгина. – М. : ВНИРО, 2018. – С. 141.

Фадеев, Е.С. Комплексный мониторинг пропуска производителей тихоокеанских лососей р. Камчатка в режиме реального времени / Е.С. Фадеев, Е.А. Шевляков, М.Г. Фельдман // Изв. ТИПРО. – 2019 – Т. 197– С. 3–20. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-197-3-20 [Fadeev, E.S. Integrated Monitoring of Escapement of Pacific Salmon Spawners to the Kamchatka River in Real-Time Mode / E.S. Fadeev, E.A. Shevlyakov, M.G. Feldman // Russian Journal of Marine Biology. – 2019. – Vol. 45, no. 7. – P. 546–559.]

Фельдман, М.Г. Выживаемость камчатской горбуши как результат совокупного воздействия плотностной регуляции и внешних факторов среды / М.Г. Фельдман, Е.А. Шевляков // Изв. ТИПРО. – 2015. – Т. 182. – С. 88–114. DOI: 10.26428/1606-9919-2015-182-88-114.

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

Фельдман, М.Г. Оценка ориентиров пропуска производителей тихоокеанских лососей *Oncorhynchus* в бассейнах рек Западной Камчатки / М.Г. Фельдман, Е.А. Шевляков, Н.Б. Артюхина // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – 2019. – Вып. 52. – С. 50–78.

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

Шевляков, Е.А. Методики учёта производителей тихоокеанских лососей на нерестилищах и путях миграции к ним / Е.А. Шевляков, С.В. Шубкин, В.А. Дубынини др. // Бюл. № 8 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток : ТИПРО-центр, 2013. – С. 36–57.

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

Шевляков, Е.А. Промысел нерки р. Камчатка в 2018 г.: мониторинг запасов, ориентиры управления, оперативное регулирование и результаты / Е.А. Шевляков, О.В. Зикинова, Е.С. Фадеев, М.Г. Фельдман // Бюл. № 13 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – 2018. – С. 52–71.

Шубкин С.В., Киреев И.Н. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2011 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 8445. – Петропавловск-Камчатский, 2011. – 36 с.

Шубкин С.В., Киреев И.Н. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2012 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 8590. – Петропавловск-Камчатский, 2012. – 32 с.

Шубкин С.В., Киреев И.Н. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2013 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 8591. – Петропавловск-Камчатский, 2013. – 39 с.

Шубкин С.В., Киреев И.Н. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2014 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 8733. – Петропавловск-Камчатский, 2014. – 32 с.

Шубкин С.В., Киреев И.Н. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2015 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 8732. – Петропавловск-Камчатский, 2015. – 34 с.

Шубкин С.В., Киреев И.Н. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2016 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 8830. – Петропавловск-Камчатский, 2016. – 58 с.

Шубкин С.В., Киреев И.Н. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2017 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 8816. – Петропавловск-Камчатский, 2017. – 48 с.

Шубкин С.В., Киреев И.Н., Бирюков А.М. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2018 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 8910. – Петропавловск-Камчатский, 2018. – 60 с.

Шубкин С.В., Киреев И.Н., Бирюков А.М. Учет численности и оценка степени заполнения производителями лососей нерестовых водоёмов Камчатки в 2019 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № 8990. – Петропавловск-Камчатский, 2019. – 50 с.

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

Шунтов, В.П. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах / В.П. Шунтов, О.С. Темных. – Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. – Т. 1. – 482 с.

Шунтов, В.П. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах / В.П. Шунтов, О.С. Темных. – Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. – Т. 2. – 473 с.

Ясухара, И. Дрифтерный лов лососей в Камчатском заливе : пер. с яп. / И. Ясухара // Журнал «Суйсан». – 1932. – № 11.

Alexandrou, M.A. Genome duplication and multiple evolutionary origins of complex migratory behavior in Salmonidae / M.A. Alexandrou, B.A. Swartz, N.J. Matzke, T.H. Oakley // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. – 2013. – Vol. 69. – P. 514–523.

Andrew, L.E. Sockeye and pink salmon production in relation to proposed dams in the Fraser River system / L.E. Andrew, G.H. Green : *Bull. Int. Pacif. Salmon Fish. Comm.* – 1960. – Bull. XI. – 259 p.

Augerot, X. Atlas of Pacific salmon / X. Augerot. – California : University of California Press, 2005.

Beacham, T.D. Microsatellite identification of Canadian Sockeye Salmon rearing in the Bering Sea / T.D. Beacham, J.R. Candy, E. Porszt et al. // *Trans. Am. Fish. Soc.* – 2011. – Vol. 140, Iss. 2. – P. 296–306. DOI: 10.1080/00028487.2011.567843.

Beacham, T.D. Stock-specific migration size of juvenile Sockeye Salmon in British Columbia waters and in the Gulf of Alaska / T.D. Beacham, R.J. Beamish, J.R. Candy et al. // *Trans. Am. Fish. Soc.* – 2014. – Vol. 143, Iss. 3. – P. 876–888. DOI: 10.1080/00028487.2014.889751.

Beverton, R.J.H. On the dynamics of exploited fish populations / R.J.H. Beverton, S.J. Holt. — L. : Chapman and Hall, 1957. — 533 p.

Birtwell, I.K. Underyearling sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in the estuary of the Fraser River / I.K. Birtwell, M.D. Nassichuck, H. Beune // *Spec. Can. Sci. Halieut. Aquat.* – 1987. – Vol. 96. – P. 25–35.

Brandt, S.B. Acoustic assessment of fish abundance and distribution / S.B. Brandt // B.R. Murphy and D.W. Willis (eds.). *Fisheries Techniques*. – Bethesda, MD : American Fisheries Society, 1996. – 2nd edition. – P. 385–431.

Broughton, R.E. Phylogeny of teleosts based on mitochondrial genome sequences / R.E. Broughton // *Origin and Phylogenetic Interrelationships of Teleosts*. – Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, Germany, 2010. – P. 61–76.

Broughton, R.E. Multilocus phylogenetic analysis reveals the pattern and tempo of bony fish evolution / R.E. Broughton, R.R. Betancur, Ch. Li et al. // *PLOS Currents*. – 2013. – April 16. – P. 1–33.

Bugaev, A.V. Sea lice *Lepeophtheirus salmonis* (Galigidae) infestation of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) on the data from driftnet catches in Russian Economic Zone in 2004 / A.V. Bugaev : NPAFC Doc. – 2005. – 865 p.

Bugaev, V.F. Scale patterns of commercial stocks of Asian Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka* / V.F. Bugaev // Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models / R.J. Beamish and G.A. McFarlane (eds) : Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. – 1989. – Vol. 108. – P. 137–150.

Burgner, R.L. Biological studies and estimates of optimum escapements of sockeye salmon in the major river systems in South Western Alaska / R.L. Burgner, C.I. DiCoostanzo, R.J. Ellis et al. // Fish. Bull. — 1969. — Vol. 67, № 2. – P. 405–459.

Burgner, R.L. Some features of ocean migrations and timing of Pacific salmon / R.L. Burgner // Salmonid ecosystems of the North Pacific / W.J. McNeil and D.C. Himsworth, editors. – Himsworth, Corvallis : Oregon State University Press, 1980. – P. 153–164.

Burgner, R.L. Life history of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) / R.L. Burgner // Pacific Salmon Life Histories / ed. C. Groot and L. Margolis. – Vancouver, Canada : UBC Press, 1991. – P. 3–117.

Cheng, P. Hydroacoustic estimation of Fraser River pink salmon abundance and distribution at Mission in 1987 / P. Cheng, D.A. Levy, P.A. Nealson : Pacific Salmon Comm. Tech. Rep. – 1991. – № 3. – 35 p.

Christie, K.S. Unmanned aircraft systems in wildlife research: current and future applications of a transformative technology / K.S. Christie, S.L. Gilbert, C.L. Brown et al. // Frontiers in Ecology and the Environment. – 2016. – Vol. 14, Iss. 5. – P. 241–251.

Cobb, J.N. Pacific salmon fisheries / J.N. Cobb : Rept. U.S. Comm. Fish., U.S. Bureau of Fisheries Doc. – 1917. – № 839. – App. III. – 255 p.

Conrad, B. Hydroacoustics Review Technical Summary / B. Conrad, A. Dufault, M. Hawkshaw et al. : Pacific Salmon Comm. Tech. Rep. – 2019. – № 41. – 369 p.

Crespi, B.J. Molecular systematics of Salmonidae: combined nuclear data yields a robust phylogeny / B.J. Crespi, M.J. Fulton // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2004. – Vol. 31. – P. 658–679.

Demer, D.A. An introduction to the proceedings and a synthesis of the 2008 ICES symposium on the ecosystem approach with fisheries acoustics and complementary technologies (SEAFACETS) / D.A. Demer, R.J. Kloser, D.N. MacLennan, E. Ona // ICES Journal of Marine Science. – 2009. – Vol. 66, Iss. 6. – P. 961–965. DOI: 10.1093/icesjms/fsp146.

Dunford, W.E. Space and food utilization by salmonids in marsh habitats of the Fraser River estuary / W.E. Dunford : M.Sc. thesis. – The University of British Columbia, 1975. – 81 p.

Farley, E.V. Distribution, migration pathways, and size of western Alaska juvenile salmon along the eastern Bering Sea shelf / E.V. Farley, Jr., J.M. Murphy, B.W. Wing et al. // Alaska Fishery Research Bulletin. – 2005. – № 11. – P. 15–26.

Farley, E.V. Juvenile Sockeye Salmon distribution, size, condition, and diet during years with warm and cool spring sea temperatures along the eastern Bering Sea shelf / E.V. Farley, Jr., J.M. Murphy, M. Adkison, and L. Eisner // Journal of Fish Biology. – 2007. – № 71. – P. 1145–1158.

Foerster, R.E. The Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka* / R.E. Foerster : Fish. Res. Bd Can. – 1968. – № 162. – 442 p.

French, R. Distribution and origin of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) in offshore waters of the North Pacific Ocean / R. French, H. Bilton, M. Osaka, A. Hartt // INPFC Bull. – 1976. – № 34.

Gilbert, C.H. Contributions to the life history of sockeye salmon / C.H. Gilbert // nos. 3, 4, 6-8. Rep. Br. Col. Comm. Fish. 1915: S27-S64; 1917: Q33-Q80; 1919: U35-U68; 1921: W15-W64; 1922: T16-T49. – 1916, 1918, 1920, 1922, 1923.

Gilhousen, P. Migratory behaviour of adult Fraser Rive sockeye / P. Gilhousen : INPFC Progress Report. – 1960. – № 7. – 78 p.

Groot, C. Modifications on a theme – a perspective on migratory behavior of Pacific salmon / C. Groot // Proc. Salmon and Trout Migratory Behavior Sympos. – University of Washington, Seattle, Wash., 1982. – P. 1–21.

Groot, C. Are the migrations of juvenile and adult Fraser River Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) in near-shore waters related? / C. Groot, K. Cooke // Sockeye

Salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management. – Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1987. – №. 96. – P. 53–60.

Groot, C. Pacific Salmon Life Histories / C. Groot, L. Margolis. – Vancouver : Univ. British Columbia Press, 1991. – 564 p.

Groves, P.A. Testing unmanned aircraft systems for salmon spawning surveys / P.A. Groves, B. Alcorn, M.M. Wiest et al. // Facets. — 2016. — Vol. 1. — P. 187–204. DOI: 10.1139/facets-2016-0019.

Habicht, C. Summer–Fall distribution of stocks of immature Sockeye Salmon in the Bering Sea as revealed by single-nucleotide polymorphisms / C. Habicht, L.W. Seeb, K.W. Myers et al. // Trans. Am. Fish. Soc. – 2010. – Vol. 139, Iss. 4. – P. 1171–1191. DOI: 10.1577/T09-149.1.

Hartman, W.L. Migratory behavior of sockeye salmon fry and smolts / W.L. Hartman, W.R. Heard, B. Drucker // J. Fish. Res. Bd Can. – 1967. – Vol. 24, № 10. – P. 2069–2099.

Healey, M.C. The ecology of juvenile salmon in Georgia Strait, British Columbia / M.C. Healey // Salmonid ecosystems of the North Pacific / W.J. McNeil and D.C. Himsworth (eds). – Oregon State University Press, Corvallis, Oregon, 1980. – P. 203–229.

Hoar, W.S. Smolt transformation: evolution, behaviour and physiology / Hoar, W.S. // J. Fish. Res. Bd Can. – 1976. – Vol. 33. – P. 1233–1252.

Karpenko, V.I. Abundance and biology of Kamchatkan salmon during the initial year of ocean residence / V.I. Karpenko, V.G. Erokhin, V.P. Smorodin // Bull. NPAFC. – 1998. – № 1. – P. 352–366.

Kerns, O.E. Jr. Behavior and distribution of spawning sockeye salmon on island beaches in Iliamna Lake, Alaska, 1965 / O.E. Jr. Kerns, J.R. Donaldson // J. Fish. Res. Bd Can. – 1968. – Vol. 25. – P. 485–494.

Killick, S.R. The chronological order of Fraser River Sockeye Salmon during migration, spawning, and death / S.R. Killick : Internat. Pac. Salmon Fish. Comm., Bull. 7. — New Westminster, 1955. — 95 p.

Klyashtorin, L.B. Long-term climate change and pink salmon stock fluctuations / L.B. Klyashtorin, F.N. Rukhlov // NPAFC Bull. – 1998. – № 1. – P. 464–479.

Koval, M.V. Basic results of juvenile Pacific salmon study in coastal waters of Kamchatka during summer, 2004–2007, and 2010 / M.V. Koval, V.G. Erokhin, A.B. Dekshstein et al. : NPAFC Doc. – 2011. – № 1332. – 41 p.

Kubecka, J. The true picture of a lake or reservoir fish stock: a review of needs and progress / J. Kubecka, E. Hohausova, J. Matena et al. // Fish. Res. – 2008. – № 96. – P. 1–5.

Kudo, H. Cost-effective accurate estimates of adult chum salmon, *Oncorhynchus keta*, abundance in a Japanese river using a radio-controlled helicopter / H. Kudo, Y. Koshino, A. Eto et al. // Fish. Res. – 2012. – № 119. – P. 94–98. DOI: 10.1016/j.fishres.2011.12.010.

LeBrasseur, R.J. Enhancement of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) by Lake Fertilization in Great Central Lake: Summary Report / R.J. LeBrasseur, C.D. McAllister, W.E. Barraclough et al. // J. Fish. Bd Can. – 1978. – Vol. 35, № 12. doi.org/10.1139/f78-248.

Levy, D.A. Juvenile salmon residency in a marsh area of the Fraser River estuary / D.A. Levy, T.G. Northcote // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1982. – № 39. – P. 270–276.

Levy, D.A. Hydroacoustic estimation of sockeye salmon abundance and distribution in the Strait of Georgia, 1986 / D.A. Levy, B. Ransom, J. Burczynski : Pacific Salmon Commission. – 1991. – Tech. Rept. 2. – 45 p.

Lurton, X. An introduction to underwater acoustics: principles and applications / X. Lurton. – Springer Science & Business Media, 2002. – 347 p.

Macdonald, A.L. Seasonal use of nearshore intertidal habitats by juvenile Pacific salmon on the delta-front of the Fraser River estuary / A.L. Macdonald : M.Sc. thesis. – Victoria : University of Victoria, 1984. – 187 p.

MacLennan, D.N. Acoustics in fisheries and aquatic ecology. Part 1 introduction / D. N. MacLennan, F.O. Gerlotto, J. Masse // ICES Journal of Marine Science. – 2003. – № 60. – P. 435–436.

Masse, J. Introducing nature in fisheries research: the use of underwater acoustics for an ecosystem approach of fish population / J. Masse, F. Gerlotto // Aquatic Living Resources. – 2003. – № 16. – P. 107–112.

Mathisen, O.A. The effect of altered sex ratios on the spawning of red salmon / O.A. Mathisen // Studies of Alaska red salmon. – Univ. Wash. Publ. Fish., 1962. – New Ser. 1. – P. 137–248.

Mathisen, O.A. Some scale characters of Ozernaya sockeye salmon / O.A. Mathisen // J. Fish. Res. Bd Can. – 1966. – Vol. 23 (3). – P. 459–462.

McCart, P. Stikine-Iskut fisheries studies, 1979 : a report to British Columbia Hydro and Power Authority / P. McCart, D. Mayhood, M. Jones, G. Glova. Prepared by P. McCart. – Biological Consultants Ltd. for b.c. Hydro and Power Authority, 1980.

McDonald, J. Babine Lake sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) enhancement program: testing some major assumptions / J. McDonald, J.M. Hume // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1984. – № 41. – P. 70–92.

Medwin, H. Fundamentals of acoustical oceanography / H. Medwin, C.S. Clay. – Academic Press, 1998. – 712 p.

Miller, J.D. Estimates of Chinook salmon abundance in the Kenai River using split-beam sonar, 2005 / J.D. Miller, D.L. Burwen, S.J. Fleischman // Alaska Department of Fish and Game, Fisheries Data Series. – 2007. – № 07–92.

Miller, R.J. The origin and development of life history patterns in Pacific salmonids. / R.J. Miller, E.L. Brannon // Proceedings of the Salmon and Trout Migratory Behavior Symposium / E.L. Brannon and E.O. Salo (eds). – Seattle : University of Washington, 1982. – P. 296–309.

Milovskaya, L.V. Ecological functioning of Lake Kuril relative to sockeye salmon production / L.V. Milovskaya, M.M. Selifonov, S.A. Sinyakov // NPAFC Bull. – Vancouver, Canada, 1998. – № 1. – P. 434–442.

Montgomery, D.R. Coevolution of the Pacific salmon and Pacific Rim Topography / D.R. Montgomery // Geology. – 2000. – Vol. 28. – P. 1107–1110.

Myers, K.W. Stock-specific distributions of Asian and North American salmon in the open ocean, interannual changes, and oceanographic conditions / K.W. Myers, N.V. Klovach, O.F. Gritsenko et al. // NPAFC Bull. – 2007. – № 4. – P. 159–177.

Nagasawa, T. Distribution and CPUE trends in Pacific salmon, especially Sockeye Salmon in the Bering Sea and adjacent waters from 1972 to the mid-2000s // T. Nagasawa, T. Azumaya // NPAFC Bull. – 2009. – № 5. – P. 1–13.

Neave, F. The origin and speciation of *Oncorhynchus* / F. Neave // Transactions of the Royal Society of Canada, Third Series. – 1958. – Vol. 52. – P. 25–39.

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

Olsen, J.C. Physical environment and egg development in a mainland beach area and an island beach area of Iliamna Lake / J.C. Olsen // Further studies of Alaska sockeye salmon / R.L. Burgner (ed.). – Univ. Wash. Publ., 1968. – Fish. New Ser. 3. – P. 169–197.

Parker-Stetter, S.L. Standard operating procedures for fisheries acoustic surveys in the Great Lakes / S.L. Parker-Stetter, L.G. Rudstam, P.J. Sullivan, D.M. Warner : Great Lakes Fish. Comm. – 2009. – Spec. Pub. 09–01. – 180 p.

Peterman, R.M. Model of salmon age structure and its use in preseason forecasting and studies of marine survival / R.M. Peterman // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1982. – № 39. – P. 1444–1452.

Peterman, R.M. Simulation of juvenile Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) migrations in the Strait of Georgia / R.M. Peterman, S.G. Marinone, K.A. Thomson et al. // British Columbia. Fisheries Oceanography. – 1994. – № 3. – P. 221–235.

Preikshot, D. The residence time of juvenile Fraser River Sockeye Salmon in the Strait of Georgia / D. Preikshot, R.J. Beamish, R.M. Sweeting et al. // Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science. – 2012. – № 4. – P. 438–449. DOI: 10.1080/19425120.2012.683235.

Quinn, T.P. The behavior and ecology of Pacific Salmon and Trout / T.P. Quinn. – American Fisheries Society in Association with the University of British Columbia Press, Vancouver, Canada, 2005. – 378 p.

Rand, P.S. Comparison of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) monitoring in the Fraser River basin, British Columbia, Canada and Bristol Bay, Alaska, USA / P.S. Rand, C.P. Kellon, X. Augerot et al. // NPAFC Bull. – 2007. – № 4. – P. 271–284.

Ricker, W.E. Sockeye salmon in British Columbia / W.E. Ricker // Salmon of the North Pacific Ocean. Part III: a review of the life history of North American salmon : Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. – 1966. – № 18. – P. 59–70.

Royal, L.A. The effects of regulatory selectivity on the productivity of Fraser River sockeye / L.A. Royal // Can. Fish Cult. – 1953. – № 14. – P. 1–12.

Santini, F. Did genome duplication drive the origin of teleosts? A comparative study of diversification in ray-finned fishes / F. Santini, L.J. Harmon, G. Carnevale, M.E. Alfaro // BMC Evolutionary Biology. – 2009. – Vol. 9. – P. 194.

Schaefer, M.B. A study of the spawning populations of sockeye salmon in the Harrison River system, with special reference to the problem of enumeration by means of marked members / M.B. Schaefer // Int. Pac. Salmon Fish. Comm. Bull. – 1951. – № 4. – P. 207.

Selifonov, M.M. Contributions of Ozernaya river Sockeye Salmon *Oncorhynchus nerka* to ocean catch with special reference to their distribution in time and space / M.M. Selifonov // Effect of ocean variability on recruitment and evaluation of parameters used in stock assessment models / R.J. Beamish and G.A. McFarlane (eds). – Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 1989. – P. 341–352.

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

Stearley, R.F. Historical ecology of Salmoninae, with special reference to *Oncorhynchus* / R.F. Stearley // Systematics, Historical Ecology, and North American Freshwater Fishes / ed. R.L. Mayden. – Stanford University Press, Stanford, California, 1992. – P. 622–658.

Stephenson, S.A. A review of the occurrence of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) in the Canadian western Arctic / S.A. Stephenson // Arctic. – 2006. – № 59. – P. 37–46.

Thorpe, J.E. Migration in salmonids, with special reference to juvenile movements in freshwater / J.E. Thorpe // Proceedings of the Salmon and Trout Migratory Behavior Symposium / E.L. Brannon and E.O. Salo (eds). – University of Washington, Seattle, Washington, 1982. – P. 86–97.

Thorne, R.E. Hydroacoustics / R.E. Thorne // Fisheries techniques / L.A. Nielsen and D.L. Johnson (eds). – American Fisheries Society, 1983. – P. 239–259.

Welch, D.W. Freshwater and marine migration and survival of endangered Cultus Lake Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) smolts using POST a large-scale acoustic telemetry array / D.W. Welch, M.C. Melnychuk, E.R. Rechisky et al. // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 2009. – №. 66. – P. 736–750.

Welch, D.W. In situ measurement of coastal ocean movements and survival of juvenile Pacific salmon / D.W. Welch, M.C. Melnychuk, J.C. Payne et al. // Proceedings of the National Academy of the USA. – 2011. – № 108. – P. 8708–8713.

Whitehead, K. Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: scientific and commercial applications / K. Whitehead, C.H. Hugenholtz, S. Myshak et al. // Journ. of Unmanned Vehicle System. – 2014. – № 2 (3). – P. 86–102.

Wilson, M.V.H. Middle Eocene freshwater fishes from British Columbia / M.V.H. Wilson // Life Sciences Contributions. – 1977. – Vol. 113. – P. 1–61.

Wood, C.C. Life history variation and population structure in sockeye salmon / C.C. Wood // American Fisheries Sockeye Symposium. – 1995. – Vol. 17. – P. 195–216.

Wood, C.C. Alternative juvenile life histories of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) and their contribution to production in the Stikine River, northern British Columbia / C.C. Wood, B.E. Riddell, D.T. Rutherford // Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management / H.D. Smith, L. Margolis, and C.C. Wood (eds.) : Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. – 1987. – Vol. 96. – P. 12–24.

Woodey, J.C. Distribution, feeding, and growth of juvenile sockeye salmon in Lake Washington / J.C. Woodey : Ph. D. thesis. – University of Washington. Seattle, 1972. – 174 p.