

На правах рукописи



**ШУБКИН
Сергей Викторович**

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА, ПОПУЛЯЦИОННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И
ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA* СЕВЕРО-
ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ В СВЯЗИ С ЗАДАЧАМИ РАЦИОНАЛЬНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕЕ ЗАПАСОВ**

1.5.13 Ихтиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2025

Работа выполнена в Камчатском филиале Государственного научного центра Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (Камчатский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО») («КамчатНИРО»), г. Петропавловск-Камчатский

Научный руководитель:

Бугаев Александр Викторович, доктор биологических наук, заместитель руководителя Камчатского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»), г. Петропавловск-Камчатский

Официальные оппоненты:

Токранов Алексей Михайлович, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории гидробиологии Камчатского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Тихookeанский институт географии» Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Петропавловск-Камчатский

Малютина Анна Михайловна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории систематики и популяционной экологии рыб кафедры ихтиологии Биологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», г. Калининград

Защита диссертации состоится «09» апреля 2025 г. в 11:00 часов на заседании диссертационного совета 37.1.001.01 при Государственном научном центре Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО») по адресу: 105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 19.

Телефон: +7 (499) 369-92-83, доб. 43-10, электронный адрес: buyanovskiy@vniro.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»: <http://vniro.ru/files/disser/2024/shubkin-disser.pdf>

Автореферат разослан «_____» 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук



Буяновский А.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Основной принцип ведения рационального рыболовства заключается в долгосрочном сохранении биоресурсов на уровне, обеспечивающем их стабильное воспроизводство. Это необходимое условие создания устойчивого многолетнего рыболовства, направленного на достижение положительного экономического эффекта и успешного развития рыбохозяйственного комплекса страны.

В пределах Камчатского края особую роль в функционировании рыбной промышленности играют тихоокеанские лососи. К особо ценным видам рыб рода *Oncorhynchus* относится нерка *O. nerka*. Вид является массовым и по численности уступает только горбуше и кете. В Камчатском крае воспроизводится не менее 95% дальневосточной нерки (Бугаев, 1995, 2011; Бугаев, Бугаев, 2003). Некоторые единицы запасов вида (локальные стада рек Камчатка и Озерная) относятся к водным биологическим ресурсам, добыча (вылов) которых обеспечивает жизнедеятельность отдельных населенных пунктов Камчатского края (п. Усть-Камчатск, п. Озерновский).

Исследованиям нерки северо-восточного побережья Камчатки (Карагинская подзона) до недавнего времени не уделялось должного внимания, тем не менее, ее численность составляет около 10% от общего запаса вида в Камчатском крае. В течение всей истории исследований «КамчатНИРО», в силу географической удаленности региона и отсутствия должной транспортной инфраструктуры, сбор первичной биологической информации в отношении нерки северо-восточных стад производился нерегулярно. Это позволило сформировать определенные представления о биологии и динамике численности региональных запасов вида. Однако для рационального управления запасами нерки северо-востока Камчатки необходимы более углубленные исследования, затрагивающие вопросы популяционной организации и динамики численности отдельных стад вида.

В представленной работе проведена систематизация и анализ накопленной многолетней биологической информации о нерке Северо-Восточной Камчатки. Это позволило разработать и внедрить механизмы регулирования промысла основных единиц запасов вида, направленных на обеспечение эффективного воспроизводства и стабильного рыболовства нерки в регионе. Полученные данные используются при прогнозировании динамики запасов и определении объемов потенциального промыслового изъятия вида в Карагинской подзоне.

Степень разработанности темы. Исследованию нерки Северо-Восточной Камчатки посвящено не так много работ. Большинство из них ориентированы на изучение генетики, биологии и динамики численности запасов конкретных локальных стад вида, воспроизводящихся в наиболее промыслово-значимых водных объектах региона. Упомянутые исследования, как правило, носят несистемный характер. Наиболее фундаментальные работы относятся к описанию нерестового фонда лососевых рек Северо-Восточной Камчатки.

К настоящему времени накопленный объем материала, включая результаты современных исследований, позволяет обобщить и проанализировать весь массив информации, сформулировать методические подходы и инструменты управления запасами нерки северо-восточного побережья Камчатки, в роли единиц которых выступают популяционные комплексы, объединенные по экogeографическому принципу.

Цель и задачи работы. Цель настоящей работы — разработать основные подходы к рациональному использованию запасов нерки Северо-Восточной Камчатки на основе

оценки биологической структуры, популяционной организации и динамики ее численности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) выявить особенности популяционной организации вида;
- 2) представить биологическую структуру вида;
- 3) определить продуктивность нерестилищ вида;
- 4) провести ретроспективный анализ многолетней динамики численности (промысел, нерест) региональных запасов вида;
- 5) актуализировать методологические принципы прогнозирования численности региональных запасов вида;
- 6) оценить эффективность промысловой эксплуатации вида с позиции формирования системы стабильного устойчивого рыболовства;
- 7) разработать базовые принципы регулирования промысла.

Научная новизна. В работе приведена наиболее полная информация о биологии и динамике численности нерки Северо-Восточной Камчатки. Впервые дана комплексная характеристика региональных популяционно-биологических особенностей вида. Выявлены закономерности формирования структуры запасов. Оценена степень влияния промысла на воспроизводство вида в регионе. Разработана методика прогнозирования подходов производителей и обоснования возможного вылова. Впервые представлен комплекс мер регулирования рыболовства, направленных на улучшение условий воспроизводства вида и оптимизации промысла в долгосрочной перспективе.

Теоретическая и практическая значимость. Проведенные исследования позволили систематизировать данные о биологии, динамике численности и пространственно-временной популяционной структуре нерки Северо-Восточной Камчатки. На основе выявления внутривидовой структуры и выделения самостоятельных единиц воспроизводства вида в регионе была разработана поэтапная методология оценки величины запасов этих популяционных комплексов с учетом особенностей функционирования. Систематизация и формализация полученной информации позволило перейти от инерционных экспертных оценок к моделированию динамики численности запасов и прогнозированию возвратов нерки.

Результаты анализа временных рядов промысловой статистики и численности производителей на нерестилищах положены в основу разработки принципов регулирования промысла и установления режима эксплуатации вида. Выявленные закономерности функционирования популяций нерки представляют актуальность с точки зрения развития и совершенствования методов прогнозирования ее запасов.

Методология и методы исследования. Отбор и первичную обработку проб проводили стандартными ихтиологическими методами. Данные промысловой и нерестовой численности нерки северо-восточного побережья Камчатки взяты из опубликованной официальной статистики, архивных данных и результатов собственных исследований. Привлечены материалы кадастра нерестового фонда. Прогнозирование численности возвратов нерки и разработка правил регулирования промысла основаны на взаимосвязи «запас – пополнение». Анализ данных осуществлен инструментальными методами, интегрированными в пакетах программ: MS Excel, StatSoft Statistica, ESRI ArcGIS Pro.

Положения, выносимые на защиту:

1. Популяционный комплекс нерки Северо-Восточной Камчатки сформирован двумя крупными экogeографическими группировками стад, отличающихся пространственно-временной структурой и динамикой численности запасов. Различия в экологии нереста производителей и условий обитания потомков в пресноводный период жизни определяют особенности возрастной структуры и цикличности в динамике численности выявленных группировок стад нерки Олюторского и Карагинского районов.

2. В рамках концепции предосторожного подхода к управлению запасами нерки разработана комплексная система управления промыслом включающая: перспективное прогнозирование величины запасов, обоснование возможного вылова, а также систему мер, ограничивающих рыболовство и направленных на снижение промысловой нагрузки в целях обеспечения достижения ориентиров пропуска производителей на нерест.

Степень достоверности. Диссертация выполнена с применением общепризнанных и апробированных методов ихтиологических исследований. Достоверность и обоснованность представленных результатов исследований подтверждается большим количеством фактического материала и его статистической обработкой.

Личный вклад автора. В 2002–2010 гг. автор принимал участие в организации и проведении экспедиционных работ на озерах и реках Олюторского района, сборе ихтиологических, гидрохимических, фито-, зоопланктонных проб, а также гидрологических и гидроакустических съемках. Проводил последующий анализ первичных данных по биологии нерки, их статистическую обработку и интерпретацию полученных результатов. Определял возраст нерки. В период с 2011 по 2021 гг. автор участвовал в проведении аэровизуальных работ по учету численности производителей тихоокеанских лососей (в том числе нерки) в речных системах северо-восточного побережья Камчатки и последующем анализе полученных данных.

Апробация работы и публикации. Материалы диссертации представлены на российских и международных конференциях. По теме диссертации опубликовано 16 работ, 7 из них в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ.

Структура и объем работы. Работа изложена на 155 страницах, состоит из введения, семи глав, выводов, иллюстрирована 95 рисунками и 21 таблицей. Библиографический список включает 167 наименований, из них 36 иностранных и 2 ссылки на электронные интернет-ресурсы.

Благодарности. Автор выражает искреннюю и глубокую благодарность своему научному руководителю д.б.н. Александру Викторовичу Бугаеву за всестороннюю помощь в подготовке диссертации, советы и ценные указания в работе; д.б.н. Владимиру Илларионовичу Карпенко, к.б.н. Александру Анатольевичу Бонку за постановку вопроса исследования и всемерную помощь в осмыслиении материала; к.б.н. Евгению Александровичу Шевлякову за консультации и замечания при подготовке работы; к.б.н. Марку Геннадьевичу Фельдману за помощь и советы при проведении статистического модельного анализа; к.б.н. Александру Владимировичу Гриценко за предоставленные первичные материалы по нерке р. Апка; сотрудникам лаборатории лососевых рыб «КамчатНИРО» за помощь в сборе и обработке материала; руководству рыбодобывающих компаний за предоставленную возможность проведения исследовательских работ на базе предприятий.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

В главе изложены краткие сведения о расположении района и его орографии; дано описание гидрологической сети; представлена характеристика гидрохимического и гидрологического режимов рек.

ГЛАВА 2. БИОЛОГИЯ ВИДА

В данной главе на основании литературных данных рассмотрены основные особенности биологии нерки. В **разделе 2.1** приводится краткий обзор ареала вида. В **разделе 2.2** дается характеристика внутривидовой структуры, рассматриваются предпосылки формирования экологических и темпоральных форм у вида. В **разделе 2.3** описывается жизненный цикл нерки и этапы ее миграции. Приводится характеристика возрастной структуры и основных биологических показателей. Состояние запаса представлено в **разделе 2.4**, где дается обзор промысловой статистики нерки за более, чем вековой период. Описаны ключевые этапы динамики запаса нерки и указаны причины колебания численности. В **разделе 2.5** дана общая информация о принципах управления лососевым промыслом тихоокеанских лососей с учетом тенденций экосистемного подхода в формате концепции максимально устойчивого вылова (MSY).

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

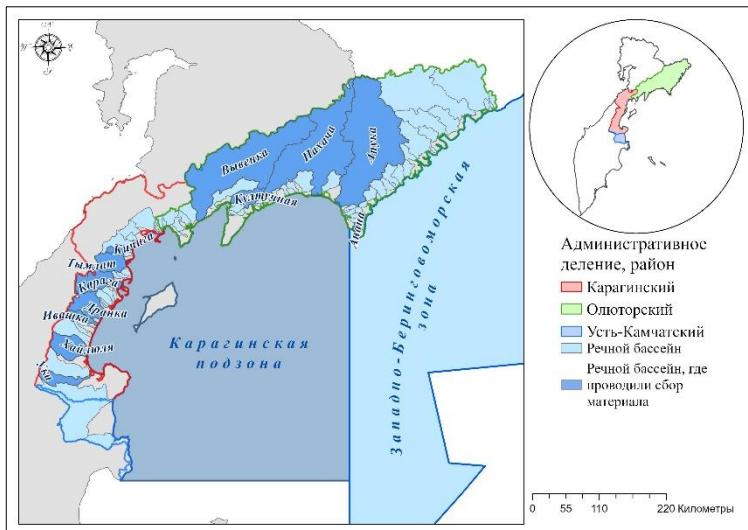
В **разделе 3.1** представлены методы сбора полевого материала и указаны районы, где проводили исследования. Информационным обеспечением работы послужили данные биологических показателей (соотношение полов, размерно-массовые показатели, возрастной состав, плодовитость) производителей нерки северо-восточного побережья Камчатки, собранные в период с 1979 по 2021 гг. Количество выборки составило 19440 экз., из них автором собрано 3779 экз. в период проведения работ на озерах Корякского нагорья: Илир-Гытхын (р. Култушная), Потат-Гытхын (р. Пахача), Нгавыч-Гытхын (р. Навыринваем), Ватыт-Гытхын (р. Апуга), Лагуна Анана (р. Ананапыльген) и р. Вывенка с 2002 по 2010 гг. Дополнительно привлечены данные первичных биологических показателей нерки, собранные сотрудниками Центрального института «ВНИРО» на р. Апуга в 2011 и 2015–2017 гг. Помимо морфометрических данных сотрудниками Центрального института «ВНИРО» за указанные годы были предоставлены образцы чешуи рыб для последующего определения возраста производителей.

Сбор первичного биологического материала осуществляли в период нерестового хода нерки в устьевой зоне рек (преимущественно из промышенных уловов) и в акватории нагульно-нерестовых озер. Работы проводили в бассейнах рек Ука, Хайлюя, Ивашка, Дранка, Карага, Тымлат, Кичига, Вывенка, Култушная, Навыринваем, Пахача, Апуга и Ананапыльген (табл. 1, рис. 1).

Методика, используемая для стандартного биологического анализа, общепринята в отечественных ихтиологических исследованиях (Clutter, Whitesel, 1956; Правдин, 1966). В **разделе 3.2** описаны методы камеральной обработки. В **разделе 3.3** представлены методы оценки численности и определения внутривидовой структуры запаса. Величину подходов производителей нерки находили как сумму значений вылова и пропуска нерки на нерест.

Таблица 1 — Объем собранного и используемого в работе материала

Административный район	Водный объект	Кол-во проб, экз.
Карагинский	р. Дранка	915
	р. Ивашка	938
	р. Карага	1495
	р. Кичига	652
	р. Тымлат	883
	р. Ука	43
	р. Хайлюля	5988
Итого Карагинский район		10914
Олюторский	Апуга	3177
	оз. Ватыт-Гытхын (р. Апуга)	609
	Вывенка	1146
	Култушная	271
	оз. Илир-Гытхын (р. Култушная)	1184
	Навыринваям	477
	оз. Нгавыч-Гытхын (р. Навыринваям)	43
	Пахача	425
	оз. Потат-Гытхын (р. Пахача)	312
	лагуна Анана	882
Итого Олюторский район		8526



1 — Карта-схема района работ и сбора материала

Промысловый запас оценивали на основании опубликованной официальной статистики вылова в 1910–2021 гг.

(Уловы тихоокеанских лососей..., 1989; Северо-Восточное территориальное управление Федерального Агентства по рыболовству (СВТУ ФАР) URL: <https://xn--b1a3aee.xn--p1ai/organizatsiya-rybolovstva.html>); North Pacific Anadromous Fish Commission (NPAFC) URL: <https://nafc.org/statistics/>) и сведениях об уловах в реках Камчатки в 1910–2010 гг. по данным отдела экспедиций «Камчатрыбвода» (в настоящее время – Камчатский филиал ФГБУ «Главрыбвод») (далее «Камчатрыбвод»).

Нерестовая численность в 1957–2010 гг. определена на основании данных о заполнении нерестилищ из архива Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») (далее «КамчатНИРО») и собственным исследованиям в 2011–2021 гг.

В разделе 3.4 указаны методы графической и статистической обработки данных. Геоинформационный анализ реализован при помощи программного продукта фирмы ESRI — ArcGIS Pro 2.8–3.1. Обработку первичных данных и их анализ проводили в пакетах программ MS Excel (Office 365) и с помощью программной библиотеки Pandas на языке Python 3.1. Статистическая обработка данных выполнена в соответствии с рекомендациями Г.Ф. Лакина (1990) посредством программного пакета MS Excel (Office 365), StatSoft Statistica v. 10.

Методам моделирования динамики запасов и регулирования промысла посвящен раздел 3.5. Перспективное прогнозирование общих подходов выполняли методом математического моделирования. В качестве основных инструментов использовали нелинейную модель «запас-пополнение» (Ricker, 1954) и метод сиблингов (Peterman, 1982). Предложенная единая схема правила регулирования промысла (ПРП) для стад нерки р. Хайлюля (Карагинский район) и р. Апуха (Ольюторский район) разработана сотрудником «КамчатНИРО» М. Г. Фельдманом при непосредственном участии автора диссертации.

ГЛАВА 4. ВНУТРИВИДОВАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЗАПАСА

4.1 Пространственная структура запаса.

Распространение нерки в пределах ареала характеризуется дискретным распределением и представлено локальными стадами (Foerster, 1968; Коновалов, 1971; Burgner, 1991; Бугаев, 1995; Алтухов и др., 1997; Макоедов, 1999; Варнавская, 2006; Хрусталева, 2007). Дифференциация локальных стад представляет сложную систему, состоящую из изолятов разных уровней от относительно крупных популяционных комплексов до малых группировок. Определение пространственной структуры нерки северо-восточного побережья Камчатки имеет практическое значение при прогнозировании динамики численности. В соответствии с этим важной задачей было выявить крупные группировки популяций, которые образуют региональные единицы запаса вида.

Выделение общих кластеров среди локальных стад нерки проводили по принципу темпоральной изолированности на основании анализа промысловой статистики. В результате были выделены две относительно крупные группировки, географически

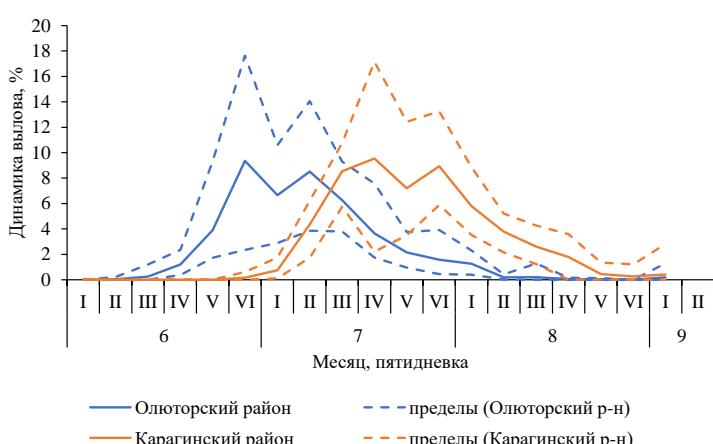


Рисунок 2 – Динамика уловов нерки Карагинской подзоны по среднемноголетним данным 2015–2021 гг.

основания полагать о функционировании на Северо-Востоке Камчатки двух единиц запаса нерки. Более того, ранее по данным генетических исследований указывалось на гетерогенность нерки северо-восточного побережья Камчатки и ее обособленность по

Обособленность двух группировок во времени дает

генетическому сходству двух группировок географически расположенные от лаг. Северная до р. Апуга (Олюторский район) и от р. Навыринваем (Олюторский района) до р. Хайлюля (Карагинский район) (Пильганчук, 2015). Однако несмотря на то, что степень распространения выделенных группировок характеризуется определенной долей вероятности ограниченной выборкой геногеографического материала, установленные различия обосновывают представления о пространственной структуре вида, состоящей из двух крупных комплексов стад формирующих олюторскую и карагинскую группировки.

4.2 Экологические и темпоральные формы

Экологические формы. Данные о видовой категории нерестилищ, различающихся по биотопам и их площади, дают представление о пространственном и количественном распределении экологических форм лососей. В общей гидросети северо-восточного побережья наиболее крупные озера расположены в Олюторском районе, в бассейнах рек Пахача (оз. Потат-Гытхын), Култушная (оз. Илир-Гытхын), Апуга (оз. Ватыт-Гытхын), Навыринваем (оз. Нгавыч-Гытхын) и Ананапыльген (лаг. Анана), что предопределяют распространение здесь лимнофильной (озерной) формы нерки. При этом речные нерестилища нерки широко распространены на всём северо-восточном побережье, но наибольшего развития достигли в крупных бассейнах рек Олюторского района — Вывенка, Пахача и Апуга. В Карагинском районе наиболее значимые для воспроизводства реофильной (речной) формы нерки реки расположены в центральной части района — р. Тымлат и южной его части — в реках Дранка, Ивашка, Русакова и Хайлюля.

Следует указать на соотношение нерестовых стаций речных и озерных биотопов в северной части Усть-Камчатского района, территориально входящего в Карагинскую подзону. Здесь абсолютно превалируют речные нерестилища нерки, а озерные представлены только в составе крупного водоема — оз. Столбовое.

В целом, площади нерестилищ нерки двух экологических форм в реках Олюторского района почти в три раза выше, чем в Карагинском районе. А площадь нерестилищ в Усть-Камчатском районе (в пределах Карагинской подзоны) не превышает 7,2% от общего регионального нерестового фонда вида (табл. 2).

Таблица — 2 Относительная площадь нерестилищ нерки северо-восточного побережья Камчатки

Административный район	Площадь речных нерестилищ, %	Площадь озерных нерестилищ, %
Олюторский	36,6	33,4
Карагинский	12,7	10,1
Усть-Камчатский	6,3	0,9
Итого:	55,6	44,4

В популяции нерки Северо-Восточной Камчатки различают две *темпоральные (сезонные) формы* — ранняя (весенняя) и поздняя (летняя), отличающиеся численностью и сроками нерестовой миграции (Остроумов, 1985 б, 1986, 1987, 1990; Крогиус, 1983; Кловач, Рой, 2010; Бугаев, 2011; Хрусталева, Кловач, 2019, Шубкин, Бугаев, 2022). В Олюторском районе основу запаса формируют рыбы поздней формы, в то время как в Карагинском — соотношение двух темпоральных форм практически равнозначно.

Результаты анализа временных рядов ГСИ (гонадо-соматический индекс) самок выявило наличие темпоральных форм у нерки, при этом определение временного сдвига в динамике изменчивости ГСИ указывает на направление миграционных потоков нерки при подходе к устьевым зонам рек. Первой ранняя нерка заходит в реки Олюторского района, а позднее — в реки Карагинского района (рис. 3).

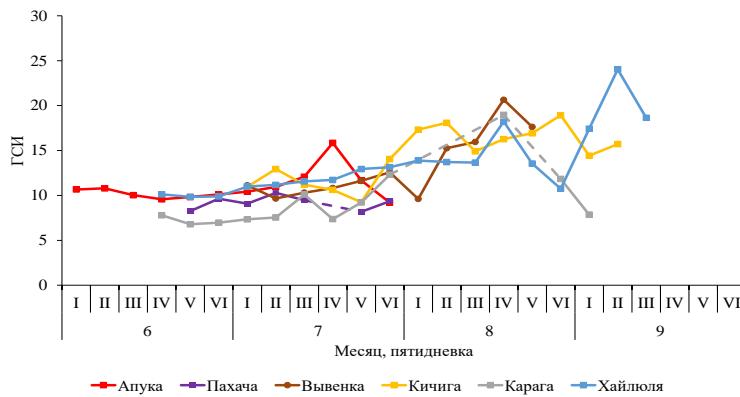


Рисунок 3 – Среднемноголетняя динамика ГСИ самок нерки из контрольных уловов в Карагинской подзоне в 1985–2021 гг. (пунктирные линии — интерполированные значения ГСИ)

4.3 Возрастная структура

Возрастная структура половозрелой части стада нерки Северо-Восточной Камчатки насчитывает 20 возрастных групп, формирующих 7 возрастных классов. Ключевыми модальными возрастными группами являются рыбы возраста 1.3 (55,06%), 2.3 (14,15%), 1.2 (11,57%), 2.2 (5,76%) и 1.4 (5,42%). Основу репродуктивной части популяции как в Карагинском, так и Олюторском районах составляют рыбы в возрасте 1.3. Численность остальных, наиболее значимых возрастных групп, в целом отражает специфику условий воспроизводства и нагула в пресноводный период, что проявляется в соотношении реофильной и лимнофильной форм, имеющих различный пресноводный возраст.

В Карагинском районе возрастная структура на уровне локальных стад характеризуется относительным единобразием. В подходах превалируют рыбы в возрасте 1.3, относительная численность которых, в зависимости от водотока, варьирует в пределах от 52,38 до 63,74% (среднее — 58,22%). Помимо этого, сравнительно многочисленную группу составляют рыбы в возрасте 1.2 (пределы: 3,05–22,73%, среднее — 14,88%) и 1.4 (пределы: 2,27–10,99%, среднее — 8,12%). Так же отмечена значительная часть рыб в возрасте 0.3 (рис. 4). Сеголетки в подавляющем большинстве встречались в южной группе

рек — Дранка, Ивашка и Хайлюля.

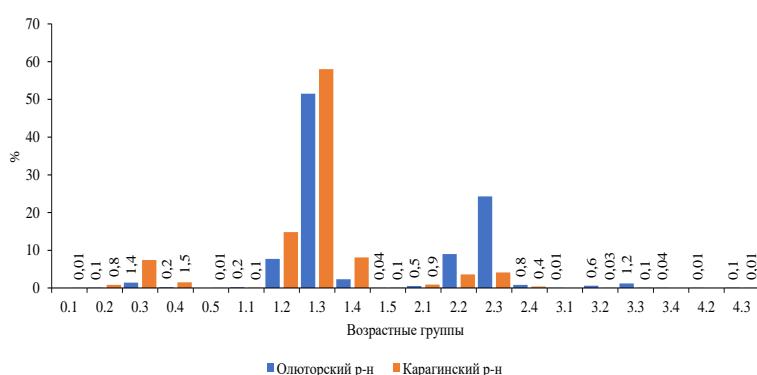


Рисунок 4 — Соотношение возрастных групп нерки в реках Карагинского и Олюторского районов в 1979–2021 гг.

В динамике возрастной структуры нерки Карагинского района значительных изменений не наблюдалось. За весь период исследований в возвратах преобладали рыбы в возрасте 1.3. Снижение численности данной возрастной категории отмечено только в период с 1991 по 2000 гг., одновременно с этим возросла доля производителей возраста 1.2 и 1.4 (рис. 5).

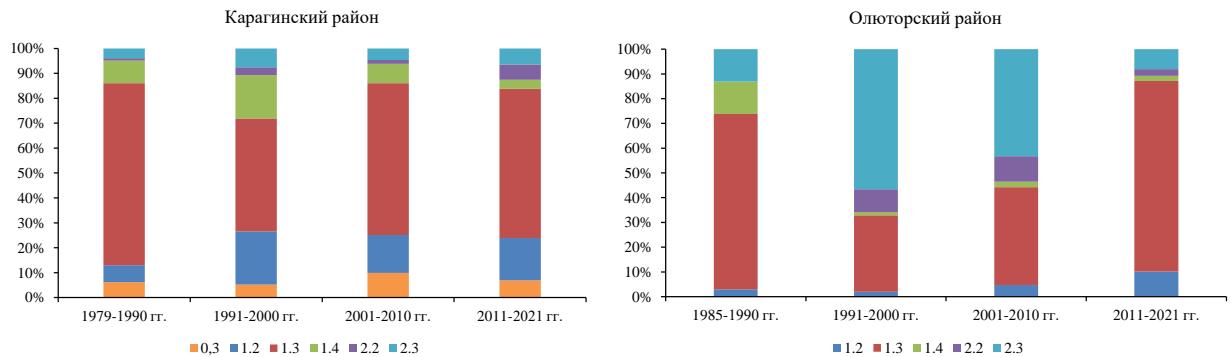


Рисунок 5 — Динамика соотношения основных возрастных групп нерки Карагинского и Олюторского районов в подходах по десятилетиям

В Олюторском районе возрастная структура локальных стад характеризуется значительно большей изменчивостью. В относительно небольших водных объектах, в системе которых расположены крупные озера, абсолютно доминируют особи в возрасте 2.3 (среднее 49,93%) и в меньшей степени особи в возрасте 2.2 (среднее 20,26%). К данному типу озерно-речных систем относятся реки Ананапыльген, Култушная и Навыринваем. Вместе с тем в больших речных бассейнах, таких как р. Апуга и р. Пахача, в системе которых тоже находятся крупные озерные комплексы, основу численности стад формируют особи в возрасте 1.3 (среднее 68,54%), а доля возрастных групп 2.3 и 2.2 заметно снижена и составляет 12,91% и 3,68%, соответственно. В целом для рек Олюторского района распределение основных возрастных групп следующее: 1.3–51,36%, 2.3–24,33%, 2.2–8,98%, 1.2–7,69% (рис. 4).

На изменения возрастного состава нерки Олюторского района влияет степень функционирования двух экологических форм вида. Так, до начала 1990-х годов в уловах превалировали рыбы возраста 1.3. В последующие два десятилетия в возвратах стали преобладать рыбы в возрасте 2.3. В этот же период выросла и доля рыб в возрасте 2.2. Начиная с 2011 г. вновь отмечено увеличение доли рыб с одним пресноводным годом, а численность нерки в возрасте 2.2 и 2.3 снизилась до минимума (рис. 5). Вероятной причиной изменения в возрастной структуре нерки Олюторского района могла стать активизация лососевого промысла. На справедливость данного утверждения указывает отсутствие компенсаторных изменений в возрастной структуре вида, когда при снижении численности одной возрастной группы (относящихся к одной экоформе) увеличивается доля другой и наоборот.

4.4 Биологические показатели (размерно-массовый состав, соотношение полов, плодовитость)

Длина и масса тела нерки северо-восточного побережья Камчатки в среднем составляла 59,8 см (23,7–80,0 см) и 2,8 кг (0,2–6,3 кг). Размерные параметры нерки олюторской и карагинской группировок отличались незначительно — длина тела

соответствовала 60,3 см (34,0–78,0 см) и 59,15 см (32,0–80,0 см), а масса тела отличалась только в предельных значениях — 2,86 кг (0,5–6,1 кг) и 2,83 кг (0,2–6,3 кг), соответственно. Самцы нерки обеих группировок по размерным-массовым показателям в среднем превосходили самок. Наиболее крупные особи отмечены в реках Дранка (Карагинский район), Вывенка, Навыринваем и Пахача (Олюторский район).

За рассматриваемый ряд лет графики размерных показателей тела нерки описываются нисходящими трендами. При этом скорость снижения роста у старших возрастных групп разных экологических форм отличалась. Так у озерной формы нерки, в основном представленной возрастными группами 2.2 и 2.3, снижение размеров тела в межгодовом аспекте существенно меньше, чем у рыб речной формы, большинство из которых имеет возраст 1.3 и 1.4 (рис. 6). Причины различий в динамике снижения размеров тела рыб, относящихся к одному поколению, но разным экоформам, вероятно обусловлены условиями нагула в пресноводный период.

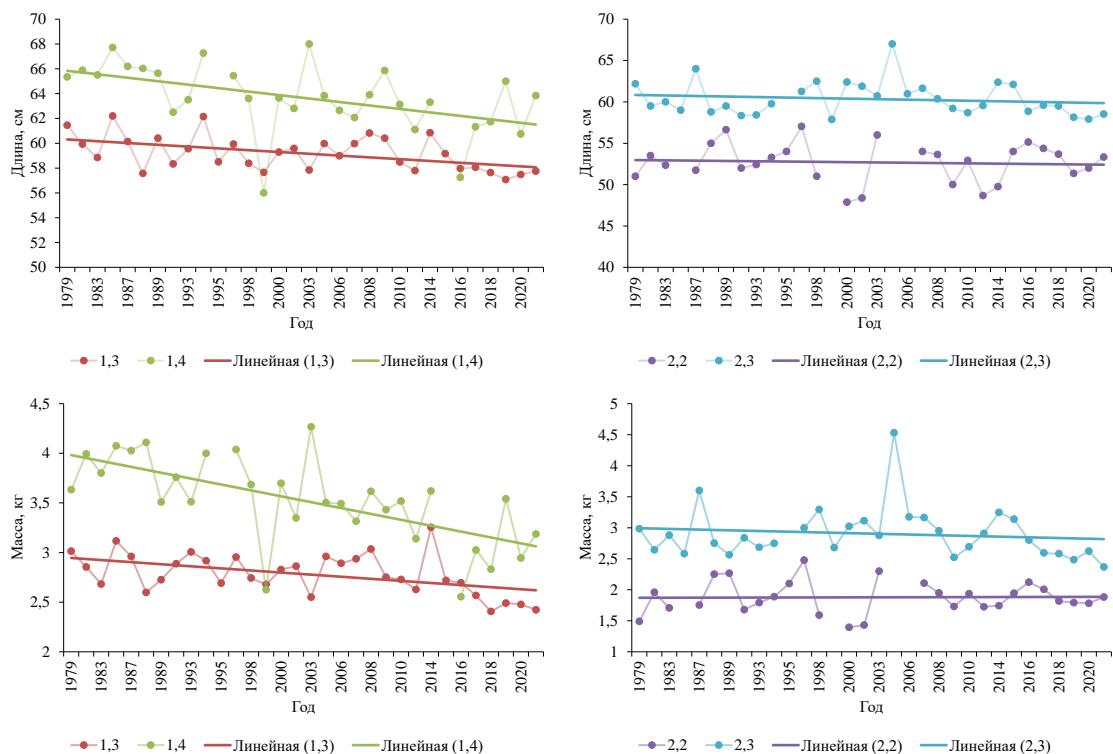


Рисунок 6 — Изменения средней длины и массы тела основных возрастных групп производителей нерки северо-восточного побережья Камчатки в 1979–2021 гг.

Соотношение полов. За исследуемый ряд лет доля самок изменялась в пределах от 36,4% до 64,6%, составив в среднем 54,9%. В зависимости от района воспроизводства численность самок в Карагинском районе варьировала от 36,4% до 60,9% (среднее 49,9%) и в подавляющем большинстве была представлена особями в возрасте 1.3. В популяции нерки Олюторского района доля самок изменялась в пределах от 44,2 до 64,6% (среднее 58,6%), в составе которых преобладали рыбы в возрасте 2.3 и 1.3.

Плодовитость. В рассматриваемом регионе по показателю абсолютной индивидуальной плодовитости у нерки обеих группировок заметных различий не обнаружено. Так, у стад нерки Карагинского района плодовитость изменялась в пределах от 318 до 12695 икринок (среднее 4207 икринок), а у особей олюторской группировки — от 413 до 9417 икринок (среднее 4206 икринок).

Среди основных возрастных групп наибольшие показатели плодовитости были отмечены у рыб в возрасте 1.3 и 1.4, при этом вариабельность значений выше у нерки карагинской группировки (рис. 7).

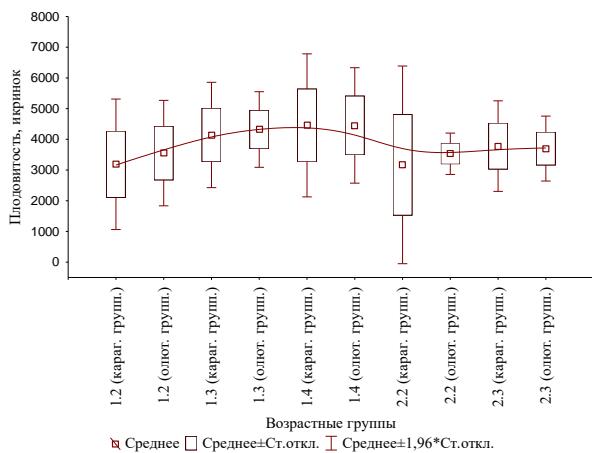


Рисунок 7 — Индивидуальная абсолютная плодовитость производителей нерки основных возрастных групп

На протяжении исследуемого периода динамика показателей индивидуальной абсолютной плодовитости нерки при существенных межгодовых колебаниях

характеризовалась общим снижением с наиболее выраженной тенденцией у стад нерки Олюторского района (рис. 8).

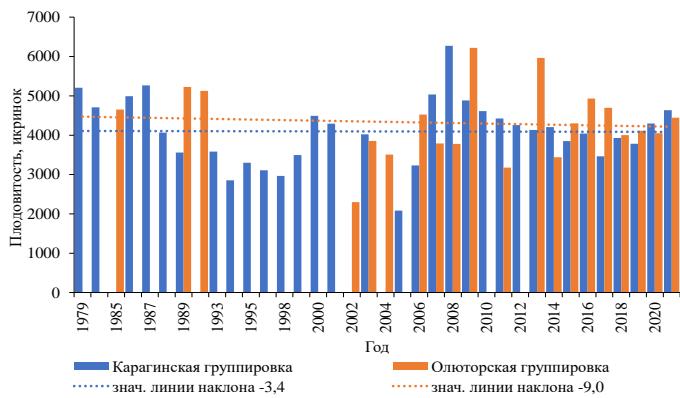


Рисунок 8 — Плодовитость производителей нерки в 1979–2021 гг.

Выявленные гетерогенные комплексы нерки, определяемые особенностями географических, экологических и генетических

компонент позволяют утверждать о существовании на северо-восточном побережье Камчатки двух экогеографических группировок, формирующих две единицы запаса, воспроизводящиеся в реках Олюторского и Карагинского районов. В составе рассматриваемых группировок выделяются темпоральные расы, обособленные по срокам нерестового хода, а также экологические формы, отличающиеся продолжительностью пресноводного периода жизни и, следовательно, возрастной структурой и сроками нереста. Размерно-массовые показатели производителей нерки обеих группировок не демонстрировали значительных различий, однако наблюдалось снижение скорости роста, наиболее выраженное у реофильных рыб старших возрастных групп. На этом фоне общее снижение значений индивидуальной абсолютной плодовитости у производителей нерки более явно проявлялось у стад олюторской группировки.

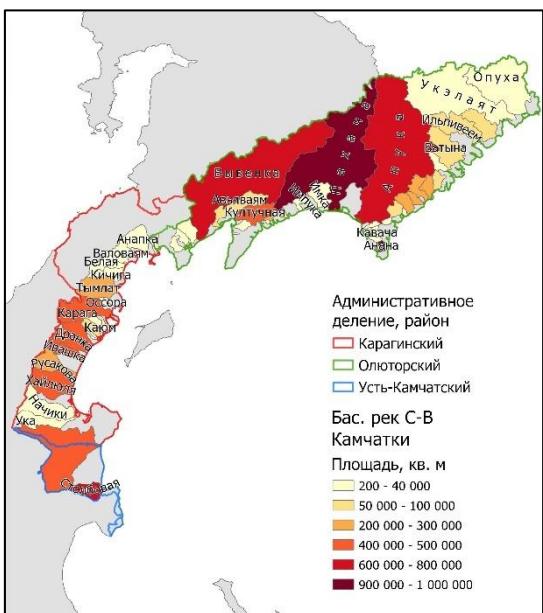
ГЛАВА 5. НЕРЕСТОВЫЙ ФОНД

Работы по оценке нерестовых площадей начаты в 1957 г. и продолжаются по настоящее время. Согласно имеющимся данным нерка нерестится в абсолютном большинстве речных систем Камчатского края, из которых на долю рек северо-восточного побережья приходится 17% от общего нерестового фонда вида.

5.1 Нерестовая емкость рек

Критерием оценки воспроизводственного потенциала лососей является нерестовая емкость водного объекта, определяемая площадью нерестилищ. В связи с этим определение размеров нерестового фонда лососей имеет важное рыбохозяйственное значение.

Особенности геоморфологии речных районов определяют условия формирования нерестовых стаций нерки, достигающие наибольшего развития в гидросети Олюторского района. По занимаемым биотопам нерестилища нерки подразделяются на две большие группы — речные и озерные, последние из которых играют важнейшее значение для размножения вида.



В составе общей гидросети северо-восточного побережья крупнейшие нерестилища расположены в бассейнах рек включающие крупные озерные комплексы. К разряду таких рек относятся: Столбовая (Усть-Камчатский район), Виленка, Култушная, Пахача, Апуха, Ананапыльген (Олюторский район). Доля нерестилищ в указанных водных объектах оценивается в 52,9% от общего регионального нерестового фонда нерки (рис. 9).

Рисунок 9 — Нерестовый фонд нерки Северо-Восточной Камчатки

5.2 Продуктивный потенциал нерестилищ

Одной из качественных характеристик позволяющей оценить эффективность естественного воспроизводства является продуктивность нерестилищ. При этом данные нерестового фонда используются в расчетах в качестве константной величины. В результате в годы увеличения численности подходов нерки с 1977 по 2021 гг., продуктивность нерестилищ рассчитана в 156 экз./км² (средняя биомасса 2,1 тыс. т). В период пиковых подходов с 2009 по 2021 гг., при средней биомассе 3,1 тыс. т, продуктивность нерестилищ оценивалась в 236 экз./км².

В формате проводимых исследований указанный параметр, помимо экологической составляющей, отражает еще и степень промыслового эксплуатации популяций. Так, в период с 1977 по 2021 гг. уровень продуктивности нерестилищ в Карагинском районе составил 232 экз./км², против 147 экз./км² в Олюторском районе (рис. 10). В годы максимального пополнения запаса разрыв между основными районами воспроизводства увеличился еще больше и составил 425 экз./км² и 149 экз./км², соответственно.

Таким образом, в реках Карагинского района, нерестилища которых обладают меньшим бонитетом и площадью по сравнению с реками Олюторского района, наблюдается более высокий уровень воспроизводства. Учитывая выявленную диспропорцию между размерами нерестового фонда и количеством производимых рыб, можно сделать вывод о дефиците производителей на нерестилищах в Олюторском районе, что, вероятно, является следствием промыслового прессинга.

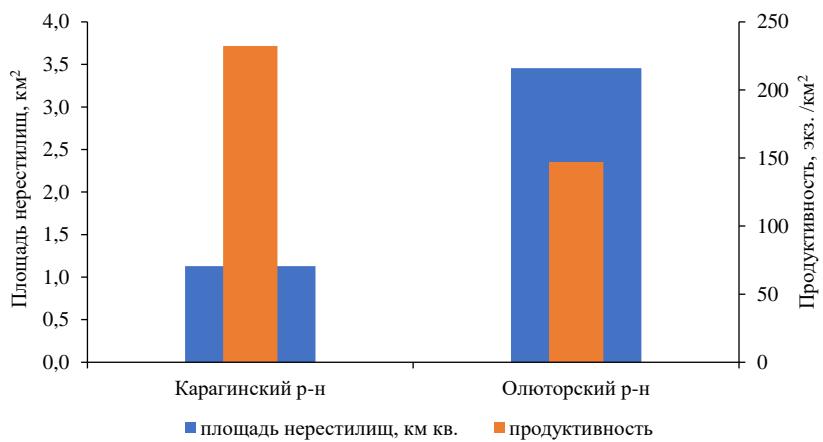


Рисунок 10 — Продуктивность нерестилищ нерки в Карагинском и Олюторском районах

ГЛАВА 6. ОЦЕНКА ЗАПАСА И ЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

6.1 Структура запаса

Запас нерки Северо-Восточной Камчатки складывается из стад, воспроизводящихся в реках Карагинской подзоны и Западно-Берингоморской зоны (в границах Камчатского края). Структурно нерка Карагинской подзоны формирует две единицы запаса в соответствии с выделенными локальными группировками стад Олюторского и Карагинского районов.

6.1.1 Промысловая и нерестовая численность

Промысловая численность. В динамике промысловой численности нерки Северо-Восточной Камчатки можно выделить три основных периода. Первый период охватывает годы с 1931 по 1946 гг., в течение которых средний улов нерки составил 118 т, с колебаниями в пределах от 4,5 до 473,5 т. Второй период с 1947 по 1983 гг. характеризуется значительно более низкими промысловыми показателями. При среднем вылове в 20 т вариабельность значений составила от 0,1 до 117 т. Третий период, продолжающийся с 1984 г. по настоящее время, демонстрирует значительный рост вылова нерки, который в среднем составил 1126,2 т, с диапазоном от 62 до 3879 т (рис. 11).

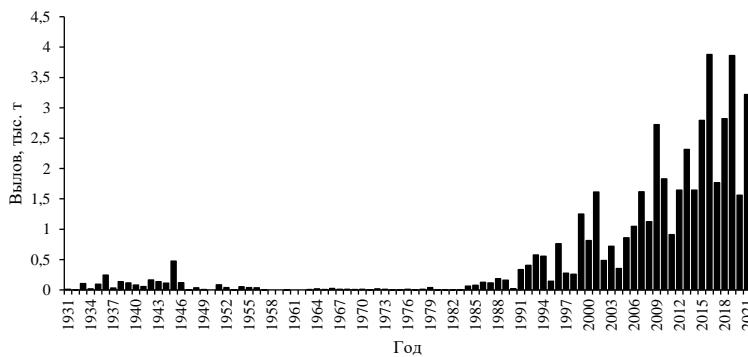


Рисунок 11 — Динамика вылова нерки северо-восточного побережья Камчатки

Основу промысловой численности нерки в

Карагинском районе составляли стада южной группы рек – Ивашка, Дранка, Хайлюля и Русакова, а в Олюторском районе – реки Вывенка, Пахача, Апуга и Ананапыльген, которые обеспечивали около 70–75% общего вылова.

Помимо прибрежного вылова, значительная часть нерки изымалась в морских водах (дрифтерным промыслом) в период преднерестовых миграций. В период с 1995 по 2010 гг. доля второстепенных стад нерки восточной Камчатки, сформированных преимущественно северо-восточными популяциями, в дрифтерных уловах составляла от 0,06 до 1,01 тыс. т (4%–28%), в среднем 0,47 тыс. т (13%) (Бугаев, 2003, 2015). В этот же период береговым промыслом было добыто в среднем 2,2 тыс. т нерки (0,14–2,79 тыс. т). Следовательно, среднемноголетняя доля морского изъятия нерки северо-восточной Камчатки достигала до 1/4 промыслового запаса нерки в этом районе.

Нерестовая численность нерки, согласно данным аэровизуальных исследований, в период с 1957 по 2021 гг. варьировала от 39,6 до 1282,1 тыс. рыб (среднее 281,9 тыс. рыб). Следует отметить, что динамика нерестовой численности отличалась от таковой в промысле. После достижения пика пропуска производителей на нерестилищах, зафиксированного в 1961 г. (569,2 тыс. рыб), наблюдался резкий спад, в результате которого численность снизилась до 51,1–207,4 тыс. особей (среднее 94 тыс. рыб). Со второй половины 1970-х годов вновь отмечено увеличение заходов нерки на нерест. В период с 1977 по 2021 гг. пропуск производителей в реки колебался в диапазоне от 39,6 до 1282,1 тыс. рыб (среднее 364 тыс. рыб) (рис. 12).

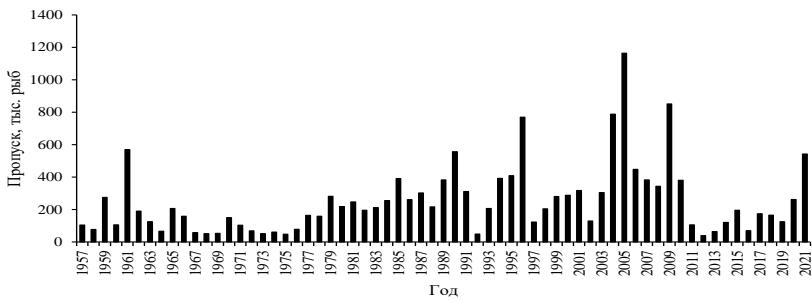


Рисунок 12 — Динамика пропуска производителей нерки в реки северо-восточного побережья Камчатки

Данные о степени заполнения нерестилищ формируют представление как о центрах воспроизводства вида, так и о промысловой нагрузке, оказываемой на отдельные стада нерки. В течение всего периода авианаблюдений наиболее высокие пропуски в южной части Карагинской подзоны зафиксированы в реках Хайлюя, Дранка, Озерная и Столбовая, а на севере подзоны — в реках Пахача, Апуга, Вывенка, р. Анапыльген и р. Култушная, которые в совокупности составили порядка 70% регионального нерестового запаса нерки.

6.1.2 Динамика подходов

Величина *подходов* производителей нерки в 1957–2021 гг. варьировала в пределах от 48,5 до 1804,9 тыс. рыб (среднее 485,3 тыс. рыб). До середины 1980-х годов численность нерестовых подходов нерки в среднем достигла 154,2 тыс. рыб (48,5–569,2 тыс. рыб). С 1984 по 2021 гг. наблюдался наиболее продуктивный период, в течение которого численность подходов увеличилась почти в пять раз, составив в среднем 720,6 тыс. рыб (151,4 до 1804,9 тыс. рыб). Максимальные показатели были зафиксированы в 2009 и 2021 гг. — 1804,9 и 1617,8 тыс. рыб, соответственно (рис. 13).

Анализ динамики подходов нерки показал, что с увеличением возвратов к побережью наблюдается нарастание амплитуды колебаний численности производителей. Это явление в значительной степени связано с периодичностью появления высокочисленных поколений нерки олюторской группировки (рис. 13). Исследование

общих закономерностей периодичности в подходах выявило основной цикл продолжительностью четыре года. Однако на уровне группировок была установлена разница в цикличности, составляющая один год (Шубкин, Бугаев, 2021). Так, для нерки Карагинского района периодичность высокочисленных подходов составила три года, а для нерки Олюторского района соответствовала четырем годам.

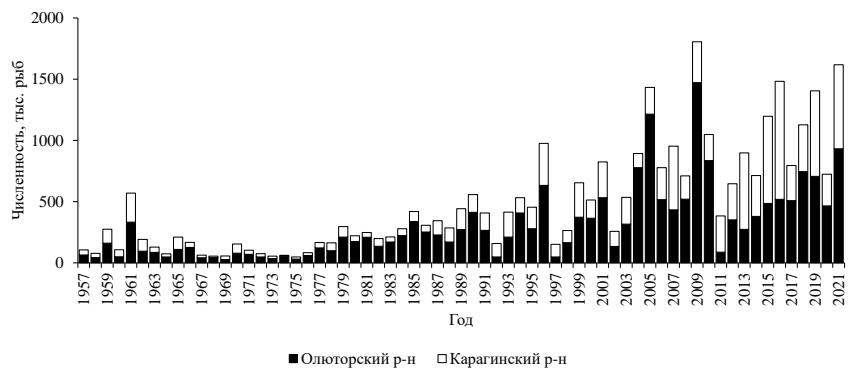


Рисунок 13 – Динамика подходов нерки Карагинской подзоны в 1957–2021 гг.

Различие в циклах объясняется скоростью

обращаемости поколений двух экологических форм нерки – лимнофильной и реофильной, подтверждающейся особенностями возрастной структуры. Обе формы отличаются сроками продолжительности жизни: для речной формы основным возрастным классом является 4+, в то время как для озерной — 5+. Вероятно, что численным соотношением в подходах двух экологических форм и обусловлена разница цикличности в один год.

6.2. Прогнозирование запаса.

В настоящее время расчет численности возвратов производителей нерки северо-восточного побережья Камчатки путем математического моделирования проводят только для Карагинской подзоны. Принимая во внимание неоднородность популяционной структуры нерки, формирующей две единицы запаса, определение прогнозируемого вылова целесообразно проводить отдельно для каждой из группировок.

Масштабность рассматриваемой территории и ее труднодоступность, вызванная неразвитой инфраструктурой, ограничивают возможности проведения регулярных исследований. Поэтому с целью понимания процессов функционирования популяций тихоокеанских лососей в указанных районах определены модельные реки, где были организованы мониторинговые работы. В Карагинском районе в качестве реперного водотока выбрана р. Хайлюя, а в Олюторском районе — р. Апуха.

6.2.2 Численность поколений

В поколениях нерки р. Хайлюя модальную возрастную группу формируют рыбы возраста 3+, 4+ и 5+ (98,2%). Доля рано созревающих рыб (2+) и особей старшей возрастной группы (6+) в совокупности не превышала 1,8%. Численность поколений в период с 1995 до 2015 гг. изменилась в пределах от 19 до 149 тыс. рыб (среднее 59,2 тыс. рыб). При этом количество производителей варьировало от 3,2 до 37,5 тыс. рыб, составив в среднем 10,8 тыс. рыб. За указанный ряд лет количество потомков было ниже численности продуцировавших их производителей только в 1997 г., что свидетельствует о расширенном режиме воспроизводства вида в данном водном объекте.

Кратность возврата нерки в р. Хайллюя до 2007 г. в среднем оценена в 4,4 единицы на одного производителя, а начиная с 2008 г. данный показатель увеличился более чем в три раза, составив в среднем 16,6 единиц.

В поколениях нерки р. Апуха доминировали особи возраста 4+ (80,8%). Среди остальных возрастных классов наиболее значимыми были 3+ (12,1%) и 5+ (6,7%), а общая доля рыб в возрасте 2+ и 6+ не превышала 0,5%. Численность поколений данной популяции с 2004 по 2015 гг. изменялась в пределах от 85,6 до 282,8 тыс. рыб и в среднем соответствовала 154,3 тыс. рыб. Величина родительского стада оценивалась в пределах от 14 до 185 тыс. рыб, что в среднем составило 46,4 тыс. рыб. При этом численность потомков была всегда выше родителей. Кратность возврата в среднем составила 5,2 и с 2004 по 2015 гг. изменялась в пределах от 1,5 до 9,1.

У обеих рассматриваемых популяций нерки в динамике численности поколений выявлены общие закономерности, которые характеризуются противофазой показателей кратности возврата к нерестовой численности (величина пропуска). Подобная тенденция может быть обусловлена влиянием плотностно-зависимых экологических факторов, определяющих условия воспроизводства вида, например, в период нереста (рис. 14).

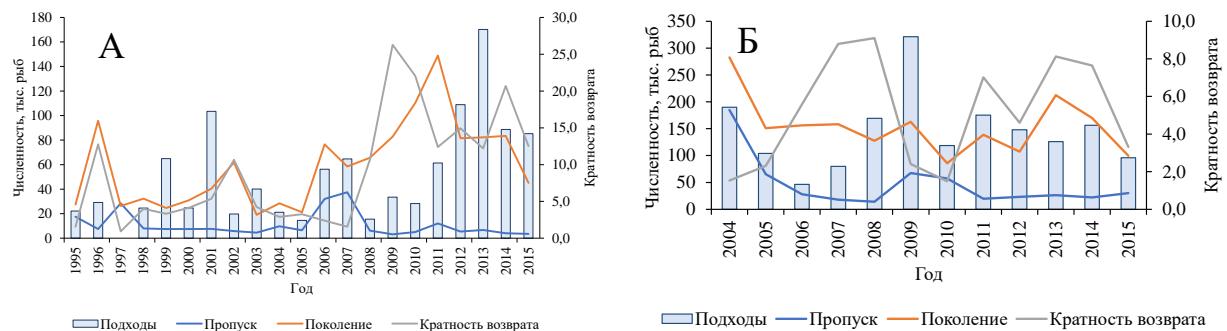


Рисунок 14 — Динамика численности подходов, пропуска производителей на нерест, потомков и кратности возвратов нерки в р. Хайллюля (А) и р. Апуха (Б)

6.2.3 Определение прогнозной величины возврата

Определение прогнозной величины возврата базируется на взаимосвязи родительского и дочернего поколений и предполагает использование в качестве основной модель типа «запас–пополнение» для младших возрастных групп и вспомогательной регрессионной модели для рыб старших возрастов.

Прогноз численности поколений младших возрастных групп нерки 3+ и 4+ рек Хайллюля ($R^2 = 0,62$) и Апуха ($R^2 = 0,75$) был сформирован с помощью модели «родители – потомство» У. Е. Рикера (Ricker, 1954) (рис. 15).

Доля рыб старших возрастов 5+ и 6+ незначительна и составила 12,3% для нерки р. Хайллюля и 6,8% для нерки р. Апуха. Их прогнозную численность определяли по остаточному принципу, используя в качестве предикторов известную суммарную численность рыб младших возрастных групп (рис. 16).

Численность рыб в возвратах стад нерки рек Апуха и Хайллюля оценена на основе расчета поколений неполных лет и средней доли рыб разного возраста в поколениях полного цикла за предыдущие 10 лет.

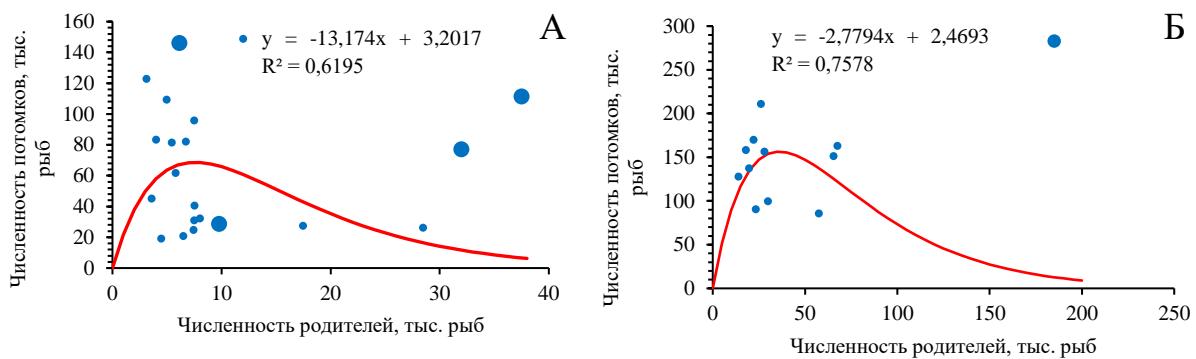


Рисунок 15 — Зависимость пополнения от родительского запаса нерки рек Хайлюля (А) и Апуха (Б) (по данным 2006–2015 гг.) (маркером большего диаметра обозначены точки выброса)

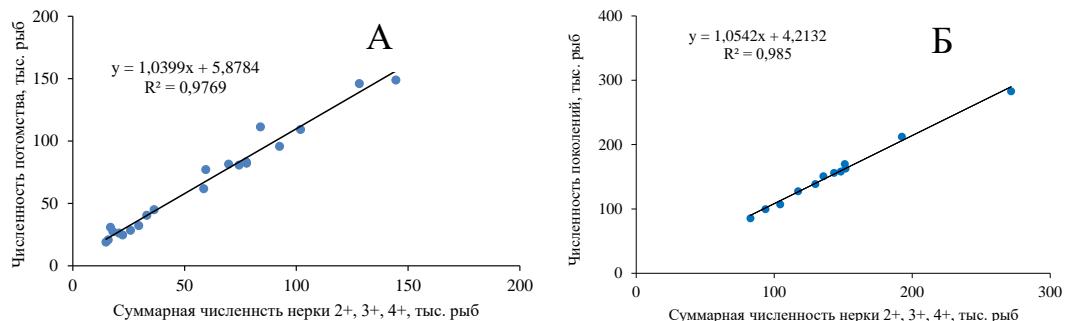


Рисунок 16 — Зависимость численности поколений нерки р. Хайлюля (А) (по данным 1995–2015 гг.) и р. Апуха (Б) (по данным 2004–2015 гг.) с накопленной численностью возвратов отдельных возрастных групп

Общая прогнозируемая численность нерки определена исходя из среднемноголетнего значения вклада остальных локальных стад в общую величину подходов и полученной расчетной численности стад модельных рек.

Таким образом, стратегия оценки запаса нерки северо-восточного побережья Камчатки основывается на определении ключевых центров воспроизводства вида и выделении в их составе модельных рек, являющихся базовыми в оценке перспективной региональной численности нерки.

ГЛАВА 7. УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫСЛОМ

7.1 Промысловая эксплуатация популяций

Концепция рационального рыболовства, направленная на обеспечение устойчивости запасов водных биоресурсов, основывается на анализе и минимизации существующих рисков, связанных с эксплуатацией популяций. Ключевым элементом реализации данного подхода является регулярное формирование нерестового запаса, обеспечивающего максимальное прибавочное воспроизводство ресурса. Такая величина нерестового запаса к общему запасу и будет определять степень промысловой эксплуатации объекта. Индикатором состояния нерестового запаса служит показатель пропуска производителей относительно целевых ориентиров (Зикунова и др., 2021; Фельдман и др., 2022).

Для рек Карагинской подзоны целевые ориентиры пропуска нерки, отвечающие концепции устойчивого развития (S_{MSY}), были оценены на уровне в 164 тыс. особей. Предосторожная величина нерестового запаса (S^*_{MSY}) составила 274 тыс. особей, а

граничный ориентир (S_0) определен в 80 тыс. особей. Общая величина пропуска в среднем была оценена в 322 тыс. особей нерки, что соответствует характеристикам высокопродуктивной линии. На уровне локальных стад (в случаях где первичные данные по отдельно взятой реке были фрагментарны, определение целевых ориентиров рассчитывали для группы смежных рек) динамика нерестового запаса нерки в целом соответствовала значениям целевого попуска на всех этапах изменения нерестового запаса (рис. 17).

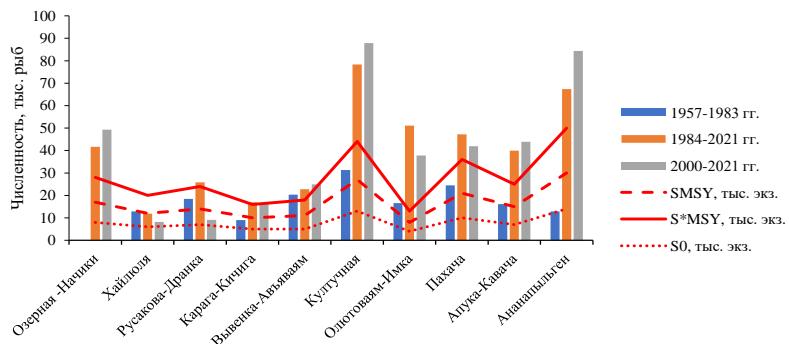
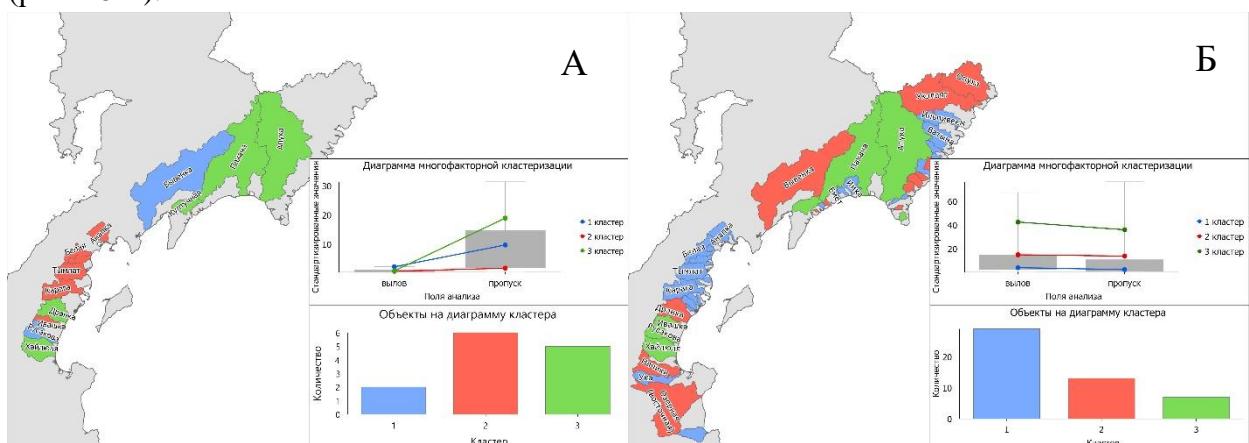


Рисунок 17 — Численность производителей нерки в реках (группе рек) относительно целевых ориентиров пропуска

Выявление закономерностей распределения промысловой нагрузки проводили в среде геопространственного анализа посредством многфакторной кластеризации в соответствии с определенными этапами динамики подходов нерки к северо-восточному побережью Камчатки. В результате анализа было показано, что с 1957 по 1983 гг. промысловое изъятие нерки характеризовалось минимальными значениями. В основном вылов нерки был сосредоточен в центральной и северной частях Карагинского района, на участке от р. Карага до р. Анапка (рис. 18 А).

В период с 1984 по 2000 гг. с увеличением численности нерки интенсифицировался и режим промысла вида. Во всех трех кластерах отмечается количественная стратификация, определенная в соответствии с центрами воспроизводства и промысла нерки в реках северо-восточного побережья. Наибольшей интенсивности вылов и пропуск достигал в кластере рек Ивашка, Русакова, Хайлюя (Карагинский район) и Пахача, Апуга, Ананапыльген, Култучная (Олюторский район). (рис. 18 Б).

В годы максимального вылова нерки (2001–2021 гг.) в отношении промысла крупных локальных стад отмечена противофазность трендов. Высокая промысловая активность отмечена в реках Апуга, Ивашка, Русакова, Хайлюя. Вместе с тем относительно низкие уловы зафиксированы в реках Озерная, Култучная и Ананапыльген (рис. 18 С).



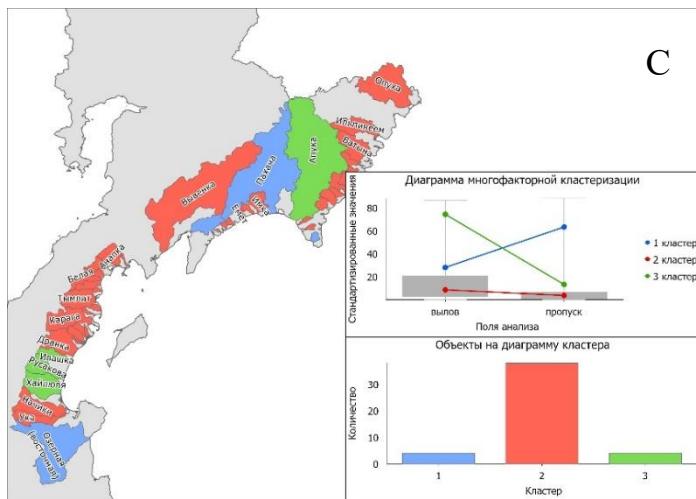


Рисунок 18 — Карта-схема соотношения вылова к пропуску нерки на северо-востоке Камчатки в период А — 1957–1983 гг.; Б — 1984–2000 гг.; С — 2000–2021 гг.

7.2 Организация регулирования промысла

В основе регулирования лососевого промысла лежит комплекс мероприятий, направленных на сохранение устойчивого производственного потенциала популяций (стад), при эффективной работе промышленных предприятий.

Стратегия регулирования промысла строится на оптимизации соотношения вылов/пропуск, где пропуск, как стартовый показатель уровня воспроизводства, формирует условия для максимального устойчивого вылова, в противном случае пропуск ниже буферных значений грозит снижением биологической устойчивости запаса. Реализация данной концепции заложена в системе ПРП (правила регулирования промысла), разработанной с учетом возможных рисков на фоне неопределенностей, вызванных ошибками измерений, ошибками модели и ошибками процесса. В настоящее время ПРП разработано для стад нерки рек Апуха и Хайлюля (рис. 19 А, Б). Перспективы внедрения данного принципа регулирования промысла в отношении других стад/группировок/популяций вида будут происходить по мере накопления необходимых данных биологической статистики.

Структурно регламент управления промыслом включает: обоснование объемов вылова, выработку рекомендаций и стратегии ведения промысла, оперативное сопровождение промысла (включающий меры как ограничения промысла, так и увеличения вылова) и анализа хода лососевой пущины.

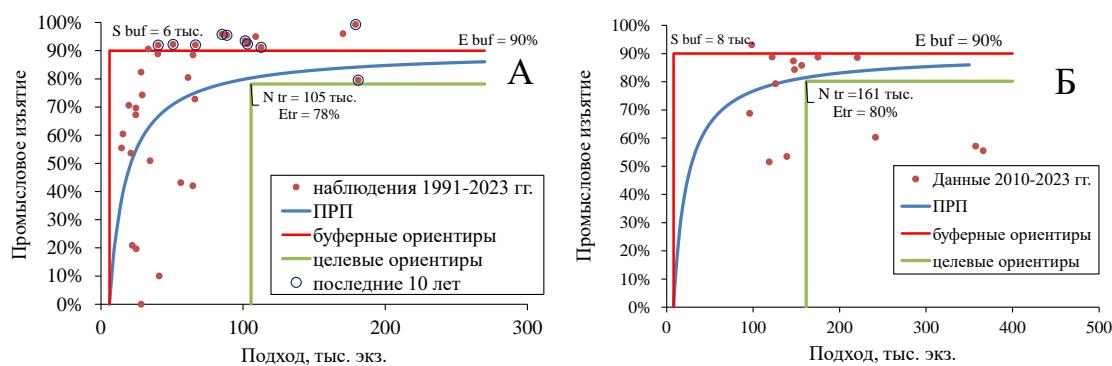


Рисунок 19 — Графическое представление ПРП и показателей численности фактических подходов нерки: А — р. Хайлюля, Б — р. Апуха

7.3. Перспективное планирование промысла

В целях стабилизации нерестового запаса нерки необходимо реализовать ряд ограничительных мероприятий, направленных на регулирование промысла, с учетом биологических особенностей и динамики нерестового хода данного вида. Предлагаемый комплекс мер ориентирован на снижение промысловой активности и включает в себя следующие инициативы: перенос сроков открытия промысла на более поздние даты (15 июня) в Олюторском районе, что позволит обеспечить пропуск на нерест производителей ранней формы нерки; установление регламента режима проходных дней в период ведения многовидового промысла как на морских, так и на речных рыболовных участках.

Среди предложений, выдвинутых рыбопромышленными организациями, с целью увеличения нерестового запаса нерки, было предложено начинать промысел в реках Вывенка и Култучная с 25 июня. Однако такая мера может привести к избыточному пропуску производителей, что негативно скажется на воспроизводстве нерки под воздействием плотностно-зависимых факторов регуляции нереста. В связи с этим целесообразно рассмотреть возможность открытия промысла в те же сроки что и для Олюторского района.

В качестве крайней меры может быть предложен режим приостановки промысла до достижения необходимого уровня пропуска производителей нерки на нерестилища. Тем не менее, текущий уровень воспроизводства вида на северо-восточном побережье Камчатки позволяет избежать применения данной непопулярной меры.

ВЫВОДЫ

1. Популяционная структура нерки Северо-Восточной Камчатки сформирована двумя крупными гетерогенными комплексами, определяемыми особенностями географических, экологических и генетических компонент, формирующими две экогеографических единицы запаса, которые территориально соотносятся с двумя речными районами: Карагинским (бассейны заливов Озерной и Карагинский) и Олюторским (бассейны заливов Корфа и Олюторского). В составе группировок различаются темпоральные (сезонные) расы — ранняя (весенняя) и поздняя (летняя), а также экологические формы (лимнофильная и реофильная), отличающиеся продолжительностью пресноводного периода жизни и, следовательно, возрастной структурой. Соотношение экологических форм в региональных запасах и их текущий статус в воспроизводстве формируют возрастную структуру потомков, что в наибольшей степени проявляется у олюторской группировки нерки, включающей высокую долю рыб озерной экоформы.

2. Анализ размерно-массовых показателей нерки в целом не выявил значительных отличий между олюторской (средняя длина 60,3 см, средняя масса 2,9 кг) и карагинской (средняя длина 59,5 см, средняя масса 2,8 кг) группировками. При этом отмечено общее снижение темпов роста с наиболее выраженной динамикой у реофильных рыб старших возрастных групп (1,3, 1,4). Индивидуальная абсолютная плодовитость нерки обеих группировок в среднем была сопоставима (олюторская — 4206 икр., карагинская — 4207 икр.), но во временном аспекте наблюдалась тенденцию к снижению.

3. Проведенный геоинформационный анализ архивных материалов нерестового фонда и результатов собственных исследований позволил выявить основные центры размножения нерки на северо-восточном побережье Камчатки. Установлено, что продуктивность нерестилищ находится в прямой связи от уровня промыслового прессинга.

В частности показано, что в реках Карагинского района, которые характеризуются меньшим бонитетом и площадью нерестилищ по сравнению с реками Олюторского района, уровень воспроизводства выше и в годы максимальной численности составил 425 экз./км² против 149 экз./км², что свидетельствует о дефиците производителей на нерестилищах в Олюторском районе, вследствие высокой промысловой эксплуатации.

4. Проявление периодичности изменения численности нерки северо-восточного побережья Камчатки характеризуется продолжительными этапами смены низкопродуктивных и высокопродуктивных периодов воспроизводства вида. Максимальные темпы пополнения запаса наблюдаются с конца XX века по настоящее время и для зрелой части стада увеличились почти в 5 раз с 154,2 тыс. рыб до 720,6 тыс. рыб. При этом межгодовая динамика численности была подвержена значительным колебаниям. В этот период выявлена закономерность в чередовании высокочисленных подходов производителей, соответствующая 4-летней цикличности для популяций нерки Олюторского района и 3-летней — для карагинского комплекса стад.

5. Выявление двух экogeографических единиц запасов нерки в регионе, с учетом неоднородной возрастной структуры слагающих их популяций, указывает на необходимость целевого подхода в изучении их динамики численности и промысловой эксплуатации. Разработанный методический алгоритм оценки прогнозируемой величины запасов нерки северо-восточного побережья Камчатки основывается на определении ключевых центров воспроизводства вида и выделении в их составе индикаторных рек Апуга и Хайлюя как базовых единиц расчета в применяемых математических моделях взаимосвязи родительского и дочернего поколений при оценке общей прогнозируемой региональной численности нерки.

6. Динамика нерестовой численности нерки в целом соответствовала значениям целевого попуска как на уровне общих подходов, так и на уровне локальных стад, что свидетельствует об оптимальном уровне промысловой эксплуатации, обеспечивающем условия устойчивого воспроизводства на всех уровнях функционирования вида. Однако, в современный период появились предпосылки к снижению величины запасов некоторых наиболее крупных локальных стад нерки, вызванные избыточной интенсивностью промысла.

7. Общая концепция правил регулирования промысла (ПРП) разработана для комплексов стад нерки северо-восточного побережья Камчатки. В соответствии с методическим подходом определения прогнозной величины возвратов возникла необходимость разработки частных случаев ПРП для стад нерки модельных рек Апуга и Хайлюя. С учетом полученных данных сформирована региональная система организации и регулирования рыболовства, включающая обоснование объемов вылова/пропуска и выполнении регламента ограничительных мер, связанных с соблюдением установленного режима эксплуатации.

СПИСОК РАБОТ ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ:

1. Зикунова О.В., Дубынин В.А., Заварина Л.О., **Шубкин С.В.**, Бугаев А.В. Тенденции изменения численности, прогноз, управление запасами нерки (*Oncorhynchus*

nerka) и кеты (*Oncorhynchus keta*) в Камчатском крае // Вопросы рыболовства. – 2021. – Т. 22. № 4. С. 75–85.

2. **Шубкин С.В.**, Бугаев А.В. Динамика запасов нерки *Oncorhynchus nerka* Северо-Восточной Камчатки в XX и начале XXI века // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2021. – № 62. С. 5–25.

3. Фельдман М.Г., Бугаев А.В., Зикунова О.В., **Шубкин С.В.**, Дубынин В.А. Обоснование правил регулирования лососевого промысла Камчатки с учетом концепции предосторожного подхода и обеспечения максимального устойчивого вылова // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2022. – № 64. С. 5–34.

4. Бугаев А.В., Зикунова О. В., Тепнин О. Б., **Шубкин С.В.**, Коваль М.В., Сошин А.В., Фадеев Е.С., Артюхина Н.Б., Малых К.М. Оценка комплексного воздействия промысла и гидрологических условий Камчатского залива на формирование нерестовых запасов тихоокеанских лососей Р. Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2022. – № 66. С. 5–51.

5. **Шубкин С.В.**, Бугаев А.В. Биологическая структура популяций нерки *Oncorhynchus nerka* Северо-Восточной Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2022. – № 67. С. 5–22.

6. Бугаев А.В., Зикунова О.В., Шпигальская Н. Ю., Артюхина Н.Ю., **Шубкин С.В.**, Коваленко М.Н., Лозовой А.П. Аналитический обзор итогов лососевых путин в Камчатском крае в 2018–2022 гг. (прогнозы, промысел, запасы). Сообщение 1 (горбуша, кета) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2023. – № 68. С. 5–41.

7. Бугаев А.В., Зикунова О.В., Артюхина Н.Б., **Шубкин С.В.** Аналитический обзор итогов лососевых путин в Камчатском крае в 2018–2022 гг. (прогнозы, промысел, запасы). Сообщение 2 (нерка, кижуч, чавыча) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2023. – № 68. С. 42–62.

Публикации в других изданиях:

1. Погодаев Е.Г., **Шубкин С.В.** К вопросу о биологии нерки (*ONCORHYNCHUS NERKA*) некоторых озер Корякского нагорья // Экологическое состояние континентальных водоемов арктической зоны в связи с промышленным освоением северных территорий. Тез. докл. на международной конференции (Архангельск, 21–25 июня 2005 г.), 2005. С. 88

2. **Шубкин С.В.** Характеристика абиотических и биотических условий нерковых нерестово-выростных водоемов Корякского нагорья// IX съезд Гидробиолог. об-ва РАН: Тез. докл. (Тольятти, Россия, 18–22 сентября 2006 г.), 2006. С. 245.

3. **Шубкин С.В.** Характеристика условий обитания нерки в лагуне Анана// X съезд Гидробиолог. об-ва РАН: Тез. докл. (Владивосток, Россия, 28 сентября — 2 октября 2009 г.), 2009. С. 450.

4. Шевляков Е.А., **Шубкин С.В.**, Дубынин В.А., Малых К.М., Голубь Е.В., Голубь Е.П., Каев А.М., Коваль М.В. Методики учета производителей тихоокеанских лососей на нерестилищах и путях миграций к ним//Бюллетень №8 реализации «Концепции

дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток. 2013. ТИНРО-Центр. С. 36–57.

5. Шевляков Е.А., Дубынин В.А., Бугаев В.Ф., Заварина Л.О., Фельдман М.Г., Захарова О.А., Зикунова О.В., **Шубкин С.В.** Характеристика прибрежного промысла тихоокеанских лососей в Камчатском крае в 2015 г // Бюллетень №10 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток: Тихоокеанский научно-исследовательский рыболово-промышленный центр, 2015. С. 16–34.

6. Шевляков Е.А., Дубынин В.А., Бугаев В.Ф., Заварина Л.О., Фельдман М.Г., Захарова О.А., Зикунова О.В., **Шубкин С.В.** Характеристика прибрежного промысла тихоокеанских лососей в Камчатском крае в 2016 г // Бюллетень №11 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток: Тихоокеанский научно-исследовательский рыболово-промышленный центр, 2016. С. 14–24.

7. Шевляков Е.А., Дубынин В.А., **Шубкин С.В.**, Артюхина Н.Б. Предварительные итоги лососевой путинь по основным запасам в Камчатском регионе в 2017 г.: проблемы прогнозирования и регулирования промысла // Бюллетень №12 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Том 12. – Владивосток: ТИНРО, 2017. С. 15–24.

8. Аналитический обзор итогов лососевой путинь-2019 (Камчатский край) / А. В. Бугаев, Н. Ю. Шпигальская, О. В. Зикунова [и др.] // Бюллетень № 14 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке / Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). – Владивосток: Тихоокеанский научно-исследовательский рыболово-промышленный центр, 2019. С. 23–52.

9. Бугаев А.В., Шпигальская Н.Ю., Зикунова О.В., Артюхина Н.Б., Фельдман М.Г., **Шубкин С.В.**, Коваленко М.Н. Обзор итогов лососевой путинь-2020 в Камчатском крае (сообщение 1): динамика и статистика промысла, оценка нерестового фонда // Бюллетень № 15 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке / Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). – Владивосток: Тихоокеанский научно-исследовательский рыболово-промышленный центр, 2020. С. 17–43.