

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ» (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»)

ВОПРОСЫ РЫБОЛОВСТВА

Том 27 №2 2026

Апрель – июнь

Основан в 2000 г.
Выходит 4 раза в год
ISSN 0234-2774

Главный редактор:
О.А. Булатов

Редакционный совет:
К.В. Колончин (председатель),
А.А. Байталюк, В.А. Беляев, Р. Дж. Бимиш,
Э.В. Бубунец, И.В. Бурлаченко, А.В. Долгов, А.В. Жигин,
А.М. Каев, А.Н. Котляр (научный редактор),
Д.С. Павлов, Е.В. Романов, Г.И. Рубан,
А.Н. Сёмин, Г.Е. Серветник, С.Н. Серёгин,
А.А. Смирнов, А.С. Труба, У. Шигехико,
В.П. Шунтов

Заведующая редакцией Е.В. Трегубова
Адрес редакции: 105187, Москва,
Окружной проезд, д. 19,
тел.: 8 (499) 369-92-86, e-mail: tregubova@vniro.ru

STATE SCIENCE CENTER OF THE RUSSIAN FEDERATION
«RUSSIAN FEDERAL RESEARCH INSTITUTE OF FISHERIES
AND OCEANOGRAPHY»

FISHERIES ISSUES

Vol. 27 issue 2 2026
April – June

Founded in 2000
Four issues every year
ISSN 0234-2774

Editor-in-chief:
O.A. Bulatov

Editorial Board:
K.V. Kolonchin (Charmain),
A.A. Baitalyuk, V.A. Belyaev, R. Beamish,
E.V. Bubunets, I.V. Burlachenko, A.V. Dolgov, A.V. Zhigin,
A.V. Kaev, A.N. Kotlyar (Scientific Editor),
D.S. Pavlov, E.V. Romanov, G.I. Ruban, A.N. Semin,
G.E. Servetnik, S.N. Seregin, A.A. Smirnov,
A.S. Truba, U. Shigehiko, V.P. Shuntov

Staff Editor E.V. Tregubova
Address of the Editorial Office: Nr. 19,
Okružhnoy proezd, 105187, Moscow
Phone: 8 (499) 369-92-86, e-mail: tregubova@vniro.ru

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

- Многолетняя динамика роста леща *Abramis brama* (Cyprinidae) в Угличском водохранилище
Н.Н. Клец, Д.В. Артеменков, Д.В. Горячев, В.Ю. Жарикова 7
- Особенности биологии леща в водоеме-охладителе Смоленской АЭС
А.Д. Быков, С.Ю. Бражник, В.С. Боркичев, М.П. Плаксина 25
- Потребление гидробионтов мойвой *Mallotus villosus catervarius* (Osmeridae) в эпипелагиали Берингова моря
К.М. Горбатенко, И.В. Мельников, А.Ю. Шейбак 37

ПРОМЫСЕЛ ГИДРОБИОНТОВ

- Многолетняя динамика промысла чехони *Pelecus cultratus* (Cypriniformes) в российской части Куршского залива Балтийского моря
Р.В. Трофимов, Т.А. Голубкова 47
- К выживаемости «молоди» гребенчатой креветки *Pandalus hypsinotus* (Decapoda, Pandalidae), возвращаемой в море на ловушечном промысле в Татарском проливе
Д.Н. Юрьев 59

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

- Микропластик в водной среде и водных биологических ресурсах
В.А. Беляев, А.А. Лукин, И.В. Седлецкий 73

АКВАКУЛЬТУРА И ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО

- Влияние полиненасыщенных жирных кислот растительного происхождения на физиологическое состояние, гематологические и биохимические параметры радужной форели *Oncorhynchus (Parasalmo) mykiss*
С.В. Биндюков, Н.Ю. Терпугова, М.В. Арнаутов, И.В. Бурлаченко 87
- Физиологическая оценка питательности комбикормов с концентратом горохового белка, используемых при выращивании радужной форели в условиях УЗВ
В.А. Толмачев, А.В. Жигин, М.В. Арнаутов, Р.В. Артемов, С.В. Биндюков 105
- Разработка и апробация стартовых комбикормов с кормовыми компонентами на основе беспозвоночных и водорослей для культивирования молоди длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus*
Р.Р. Борисов, И.Н. Никонова, Н.В. Кряхова, Ю.А. Баскакова, А.В. Артёмов 115

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Ревизия биологических ориентиров камчатского краба и краба-стригуна опилио в российских водах Баренцева моря: учет пространственной неоднородности, акклиматизационной природы и неопределенности оценок
С.В. Баканев, А.В. Стесько 127

АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ РЫБОЛОВСТВА

Роль и значимость аккредитации российской системы научного наблюдения в районе регулирования комиссии ЮТО

Г.Е. Маслянкин, М.М. Дубищук 161

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ РЫБОЛОВСТВА

Инновации в переработке водных биологических ресурсов – путь к повышению уровня потребления рыбы и морепродуктов населением России

Е.М. Дусаева, А.Х. Курманова, А.О. Павлова 175

Социально-экономические последствия сезонности промысла для прибрежных сообществ Камчатского края

С.А. Кравцов 189

СОДЕРЖАНИЕ

BIOLOGY OF COMMERCIAL HYDROBIONTS

Long-term growth dynamics of the bream <i>Abramis brama</i> (Cyprinidae) in the Uglich reservoir <i>N.N. Klets, D.V. Artemenkov, D.V. Goraychev, V.Yu. Zharikova</i>	7
Features of bream biology in the cooling reservoir of the Smolensk NPP <i>A.D. Bykov, S.Y. Brazhnik, V.S. Borkichev, M.P. Plaksina</i>	25
Consumption of aquatic organisms by <i>Mallotus villosus</i> catervarius (Osmeridae) in the Bering Sea epipelagial <i>K.M. Gorbatenko, I.V. Melnikov, A.Y. Sheibak</i>	37

AQUATIC ORGANISMS FISHERY

Long-term dynamics of the fishery of sabrefish <i>Pelecus cultratus</i> (Cypriniformes) in the Russian part of the Curonian lagoon of the Baltic Sea <i>R.V. Trofimov, T.A. Golubkova</i>	47
To the survival of the shrimp <i>Pandalus hypsinotus</i> (Decapoda, Pandalidae) individuals smaller than the commercial size, returned to the sea in the trap fishing in the Tatar Strait <i>D.N. Yuriev</i>	59

AQUATIC ECOSYSTEMS

Microplastics in the aquatic environment and aquatic biological resources <i>V.A. Belyaev, A.A. Lukin, I.V. Sedletsky</i>	73
--	----

AQUACULTURE AND ARTIFICIAL REPRODUCTION

Effect of plant polyunsaturated fatty acids on the physiological state, hematological and biochemical parameters of Rainbow trout <i>Oncorhynchus (Parasalmo) mykiss</i> <i>S.V. Bindyukov, N.Y. Terpugova, M.V. Arnautov, I.V. Burlachenko</i>	87
Physiological assessment of the nutritive value of compound feeds containing pea protein concentrate used for rearing Rainbow trout in RAS conditions <i>V.A. Tolmachev, A.V. Zhigin, M.V. Arnautov, R.V. Artemov, S.V. Bindyukov</i>	105
Development and testing of starter compound feeds with components based on invertebrates and algae for the cultivation of juvenile narrow-clawed crayfish <i>R.R. Borisov, I.N. Nikonova, N.V. Kryakhova, Yu.A. Baskakova, A.V. Artemov</i>	115

METHODOLOGICAL ASPECTS OF FISHERY RESEARCH

Revision of biological reference points for the red king crab and snow crab in Russian waters of the Barents Sea: accounting for spatial heterogeneity, acclimatization nature and assessment uncertainty <i>S.V. Bakanev, A.V. Stesko</i>	127
---	-----

ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF FISHERIES

Role and significance of the accreditation of the Russian scientific observer system within the SPRFMO area

G.E. Maslyankin, M.M. Dubischuk 161

ECONOMIC AND SOCIAL ASPECTS OF FISHERY DEVELOPMENT

Innovations in the processing of aquatic biological resources are the way to increase the level of fish and seafood consumption by the population of Russia

E.M. Dusaeva, A.H. Kurmanova, A.O. Pavlova 175

Socio-economic consequences of seasonality in fishery for coastal communities in the Kamchatka region

S.A. Kravtsov 189

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА РОСТА
ЛЕЩА *ABRAMIS BRAMA* (CYPRINIDAE)
В УГЛИЧСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

© 2026 г. Н.Н. Клец¹ (spin: 3200-9060), Д.В. Артеменков² (spin: 6280-2570),
Д.В. Горячев¹ (spin: 7283-9756), В.Ю. Жарикова^{1,3} (spin: 7666-3996)

1 – Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»
(ВНИИПРХ), Россия, Московская область, Рыбное, 141821

2 – ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187

3 – Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)
Астраханский государственный технический университет (ДРТИ АГТУ),
Россия, Московская область, Рыбное, 141821

E-mail: 6320236@mail.ru

Поступила в редакцию 25.03.2026 г.

Исследование биологических особенностей и роста леща *Abramis brama* в Угличском водохранилище выполнено на основе многолетних данных (2012–2024 гг., n = 1888) с привлечением исторических материалов 1972–1974 гг. Установлено, что облавливаемая часть популяции представлена особями в возрасте от 2+ до 14+ лет с преобладанием групп 5+–8+ (70,9%), средняя длина составляет 25,7 см, масса – 395 г. Соотношение полов (1:0,7 в пользу самок) соответствует первому типу по Д.Ф. Замахаеву. Зависимость массы от длины описывается изометрическим уравнением $W=0,020L^{3,007}$ ($R^2 = 0,97$), что свидетельствует о сбалансированных условиях нагула. Параметры уравнения Берталанфи ($L_{inf}=33,84$ см, $K=0,31$) указывают на ускорение темпа роста по сравнению с 1970-ми годами ($K=0,12$) при снижении асимптотической длины. Применение индикаторного метода LBI (Length-Based Indicators) показало, что после частичного прекращения промысла (запрет с 2007 г. на территории Тверской области) все пять индикаторов стабильно превышают целевые ориентиры («зеленая зона»), что отражает восстановление возрастной структуры и высокий репродуктивный потенциал популяции. Биомасса леща варьировала от 2,02 до 3,38 тыс. т, стабилизировавшись после 2021 г. выше 2,3 тыс. т. В отличие от Ивановского водохранилища, в Угличском не выявлено плотностно-зависимого торможения роста, что объясняется богатой кормовой базой (включая запасы дрейссены) и позитивным влиянием климатических изменений. Результаты актуализируют данные для управления рыболовством и сохранения биоразнообразия экосистем Верхней Волги.

Ключевые слова: Угличское водохранилище, лещ *Abramis brama*, размерно-возрастная структура, уравнение роста, изометрический рост, индикаторы LBI, динамика биомассы, плотностно-зависимый эффект, кормовая база, дрейссена.

ВВЕДЕНИЕ

Род *Abramis Cuvier*, 1816 в настоящее время рассматривается как монотипический, включающий единственный вид – лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758), хотя ранее к нему относили значительно большее число видов (Fricke et al., 2024). Лещ является одним из ключевых и наиболее массовых представи-

телей семейства Карповые (Cyprinidae) в пресных и солоноватых водах Европы и Западной Азии, населяя реки, озера, водохранилища и опресненные участки морей (Атлас пресноводных рыб..., 2002; Kottelat, Freyhof, 2007). Благодаря высокой экологической пластичности, этот вид успешно адаптировался к условиям зарегулированного стока крупных рек,

став доминантом в ихтиоценозах равнинных водохранилищ, включая каскад Волги (Герасимов и др., 2018; Горячев и др., 2021).

Биология леща, включая его рост, питание, размножение и структуру популяций, достаточно подробно изучена в различных частях обширного ареала (Берг, 1949; Никольский, 1971). Для водоемов Волжского каскада также имеется значительный массив данных, характеризующих состояние и динамику популяций этого вида. В частности, многолетние исследования на Рыбинском водохранилище выявили сложные изменения в темпе роста леща под влиянием таких факторов, как эвтрофирование, многолетние флуктуации климата и пресс промысла (Герасимов и др., 2010, 2015, 2024). Показано, что, несмотря на значительное увеличение кормовой базы (биомассы бентоса), темп роста леща в Рыбинском водохранилище оставался стабильным, что указывает на сложную природу регуляции этого процесса и возможное влияние плотностно-зависимых механизмов (Герасимов и др., 2015; Горячев и др., 2025).

Для Иваньковского водохранилища, расположенного выше по каскаду, в последние годы был описан яркий пример плотностно-зависимого эффекта у леща. После прекращения промышленного рыболовства (с 2007 г.) и, как следствие, увеличения численности популяции, произошло замедление темпа роста и сдвиг сроков полового созревания на более поздний возраст (Горячев и др., 2023, 2025). В 1960-х гг. первые половозрелые особи отмечались в возрасте 2+–3+, тогда как в современный период – лишь в возрасте 4+–5+, что сопровождалось снижением среднегодовых приростов длины и массы (Горячев и др., 2025). Этот пример наглядно демонстрирует, что факторы, регулирующие рост (в первую очередь, внутривидовая конкуренция за ресурсы), могут кардинально менять свои эффекты при изменении режима эксплуатации запаса.

Несмотря на доминирующее положение леща в ихтиофауне Угличского водохранилища

и его важное промысловое значение (Ефимова 1975; Баранова-Филон, 1980; Никаноров, 1980; Саппо, 1980, 1983; Горячев и др., 2021), сведения о биологии, и в особенности о росте, вида в этом водоеме на современном этапе остаются фрагментарными. Первые данные о составе уловов и размерах леща и плотвы относятся к периоду становления водохранилища (Себенцов, Мейснер, 1947). Позднее, в работе Г.Б. Саппо (1980, 1983) были приведены результаты определения запаса леща в 1977 г., возрастной состав в уловах, темпы роста леща (сравнение 1966 г. с 1977 г.). В этот же период в работе Ю.И. Никанорова (1980), содержатся данные о видовом и размерном составе любительских и промысловых уловов, процент вылова рыбы разными орудиями лова, а также степень использования рыбных запасов Иваньковского и Угличского водохранилища в 1976–1977 гг. Эти данные позволяют составить представление о динамике роста вида на протяжении его жизненного цикла по материалам исследований в 1970-е годы. Имеющиеся современные публикации характеризуют главным образом общие запасы и видовой состав ихтиофауны (Базаров, Соломатин, 2013; Герасимов и др., 2021; Горячев и др., 2024), не углубляясь в детальный анализ процессов роста.

Целью настоящей работы является комплексное исследование роста леща *Abramis brama* в Угличском водохранилище на основе многолетних данных (2012–2024 гг.). Для достижения цели были поставлены следующие задачи: 1) оценить современные линейно-массовые показатели и возрастную структуру популяции леща; 2) рассчитать параметры зависимости «длина-масса» (LWR) и уравнения линейного роста Берталанфи; 3) провести сравнительный анализ полученных параметров роста с историческими данными (1972–1974 гг.) для выявления многолетних трендов; 4) дать предварительную оценку влияния прекращения промышленного рыболовства и современных абиотических факторов на параметры роста вида в условиях Угличского водохранилища.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работа выполнена по материалам многолетних мониторинговых исследований, проведенных на акватории Угличского водохранилища в период с 2012 по 2024 гг. Угличское водохранилище, входит в состав Волжского каскада и расположено в верхнем течении р. Волги на территории Тверской и Ярославской областей. Это водоем руслового типа с площадью зеркала 249 км², протяженностью 146 км и средней глубиной 5,0 м (Герасимов и др., 2018). Ихтиофауна водохранилища типична для водоемов Верхней Волги, а лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) является доминирующим видом как по численности, так и по биомассе (Горячев и др., 2021).

Основой для работы послужили данные, собранные в ходе ежегодных ихтиологических съемок, выполненных в рамках государственного мониторинга водных биологических ресурсов. В период 2012–2018 гг. исследования проводили совместно с Институтом биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

с использованием донного (горизонтальное раскрытие – 2 м, вертикальное раскрытие – 18 м, ячея в кутке 22 мм) и пелагического (вертикальное раскрытие – 1,8 м, горизонтальное раскрытие – 17 м, ячея 4 мм) тралов (Базаров, Соломатин, 2013). С 2019 г. сбор материалов осуществляли сотрудники Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»).

В 2019–2024 гг. применяли наборы ставных сетей. Каждый набор (порядок) сетей включал пять сетей длиной 30 м и высотой 1,8 м каждая, ячея: 30, 40, 50, 60 до 70 мм. Дополнительно проводили анализ уловов рыболовов-любителей. В 2024 г. параллельно с сетепостановками выполнены траловые съемки на научно-исследовательском судне «Владимир Усков» (Татарский филиал ФГБНУ «ВНИРО»). Использовали донный трал с горизонтальным раскрытием 17 м с шагом ячеи в крыльях 50 мм и кутке 40 мм. Съемки проводили по разработанной сетке станций (рис. 1).

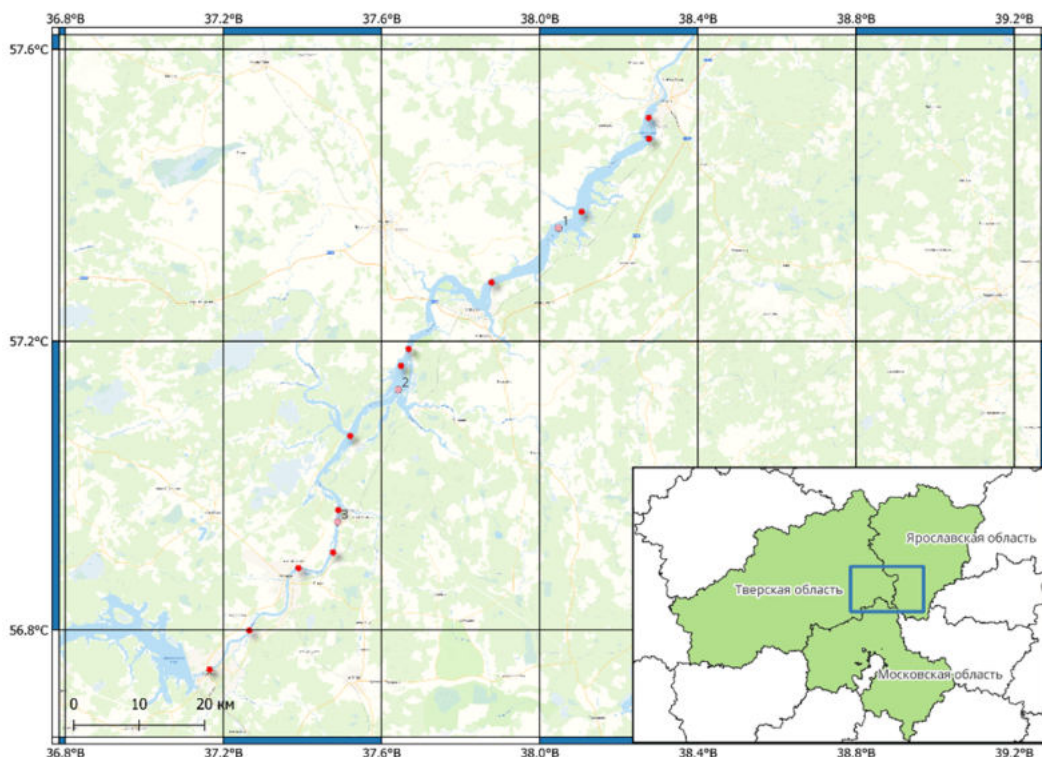


Рис. 1. Карта-схема постановок сетей (1–3) и выполнения тралений (•) на Угличском водохранилище в 2012–2024 гг.

Таблица 1. Количество выполненных тралений и сетепостановок в период с 2012 по 2024 гг.

Год исследований	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Траления	6	6	6	12	25	21	21	-	-	-	-	-	6
Сетепостановки	-	-	-	-	-	-	-	12	12	12	12	8	11

Количество выполненных тралений и сетепостановок представлены в таблице 1. Общий объем обработанного материала составил 1888 экз. леща.

Для анализа долговременной динамики и выявления изменений, связанных с прекращением промышленного рыболовства (запрет промысла с 2007 г. на территории Тверской области), в работе использованы исторические данные по размерно-возрастной структуре леща из уловов 1972–1974 гг., ИБВВ РАН. Это позволило провести сравнительный анализ двух контрастных по уровню промысловой нагрузки периодов.

Обработку ихтиологического материала проводили по стандартным методикам (Правдин, 1966; Чугунова, 1959). У каждой рыбы измеряли стандартную длину (SL – от конца рыла до основания средних лучей хвостового плавника) с точностью до 0,1 см и массу тела с точностью до 1,0 г. Возраст определяли по чешуе, отбираемой выше боковой линии под передним краем спинного плавника ($n = 1390$). Пол определяли визуально по состоянию гонад. Коэффициент упитанности рассчитывали по формуле Фультона: $K = W \times 100 / L^3$, где W – масса тела (г), L – длина тела (см). Относительный прирост длины определяли по формуле В.Л. Брюзгина (1960): $Cn = (ln - ln - 1) / (ln - 1) \times 100$, где Cn – относительный прирост (%), ln – длина рыбы в возрасте n (см). Зависимость массы тела от длины описывали степенным уравнением вида: $W = a \times FL^b$, где a – интеграционная константа (коэффициент перехвата), b – показатель степени (Винберг, 1971; Мина, Клевезаль, 1976; Froese, 2006). Для оценки типа роста использовали крите-

рий $b = 3$ (изометричный рост), $b > 3$ (положительная аллометрия), $b < 3$ (отрицательная аллометрия) (Carlander, 1969). Параметры линейного роста рассчитывали по уравнению Берталанфи (Bertalanffy, 1938; Мина, Клевезаль, 1976): $Lt = Linf \times (1 - \exp^{-K(t - t0)})$, где $Linf$ – асимптотическая длина (см), K – коэффициент роста (год^{-1}), $t0$ – гипотетический возраст, при котором длина рыбы равна нулю. Расчет параметров выполняли методом наименьших квадратов с использованием пакета FSA в среде R (Ogle et al., 2023; R Core Team, 2026).

Важно подчеркнуть, что основной целью настоящей работы являлось описание состояния популяции леща в целом, а не сравнение селективности различных орудий лова. Поэтому все доступные данные, независимо от способа их получения (научные траловые съемки, ставные сети, любительские уловы), были объединены для формирования максимально полной и репрезентативной выборки, отражающей реальную размерно-возрастную структуру популяции. Это соответствует общепринятой мировой практике, когда при многолетнем мониторинге допускается использование разных орудий лова, если их совокупность перекрывает весь размерный ряд вида (Froese et al., 2018; ICES, 2015).

Анализ состояния и качественную оценку динамики численности популяции леща Угличского водохранилища выполняли также по размерным рядам рыб из уловов тралений и ставных сетей с применением индикаторного подхода (метод LBI). В основе этого метода лежит использование индикаторов, которые отражают размерный состав улова относительно биомассы и численности запаса

(Caddy et al., 2005; ICES, 2015; McDonald et al., 2017). Среди них – сохранение мелких и крупных групп рыб, оптимальный улов и улов в рамках концепции MSY (Maximum sustainable yield – максимальный устойчивый улов). Суть метода заключается в оценке статистики соответствующих индикаторов (Cope, Punt, 2009). Для интегральной оценки состояния запаса и минимизации влияния селективности отдельных орудий лова применяли метод «светофора» (Буяновский, 2019 а, б; 2020). Для каждого индикатора рассчитывали его отношение к целевому значению. Затем к этим отношениям применяли метод светофора: если отношение индикатора к целевому значению достигает 70% и превышает пороговое значение, то индикатор получает зеленый цвет; если отношение составляет 40–70% – желтый цвет; если отношение ниже 40% – красный цвет. В результате получили набор индикаторов, по которым складывается целостная картина состояния запаса, позволяющая объективно оценить динамику популяции вне зависимости от способов сбора первичных данных.

Сохранение молодых особей, которые впервые участвуют в нересте. Цель индикатора длины рыб первой поимки (L_c) – позволить им отнереститься. Теоретически перелов невозможен, если каждая половозрелая особь перед поимкой произведет хотя бы одного замещающего себя производителя. Такое положение отражается в методе LBI через отношение L_c/L_{mat} или L_{25}/L_{mat} , где L_{mat} – длина тела, при которой 50% рыб являются половозрелыми. В соответствии с принятыми уровнями светофора отношение L_c/L_{mat} или L_{25}/L_{mat} показывает, что эксплуатация запаса ведется плохо или хорошо с сохранением незрелых или впервые нерестующих особей.

Сохранение крупных особей. Сравнение показателя, описывающего крупных особей, с L_{inf} асимптотической длиной тела – параметр уравнения роста Бергаланфи, который позволяет оценить, насколько средняя длина крупных рыб отличается от теоретической максимальной длины. Отношение этих длин пока-

зывает, насколько уменьшается максимальная длина тела особей в популяции из-за воздействия промысла или других факторов. L_{95} – это средняя длина особей, имеющих наибольший размер при 95-м процентиле размерного распределения.

Оптимальный улов. Концепция «оптимальный улов» (L_{opt}) основана на принципе, предоставьте им возможность вырасти. L_{opt} представляет собой теоретическую длину, при которой биомасса неиспользуемого запаса достигает своего максимального значения. Если значение индикатора средней длины особей (L_{mean}) близко к L_{opt} , это может означать, что запас эксплуатируется недостаточно или промысел ведется на уровне, близком к целевой длине, которая обеспечивает стабильные уловы.

Концепция MSY. Ориентир на максимальный возможный вылов направлен на достижение значения длины ($L_f=m$), при которой достигается величина улова в соответствии с концепцией. Такое возможно при условии, что коэффициенты естественной и промысловой смертности (F и M) равны друг другу. Значение $L_f=m$ указывает на среднюю длину рыб в улове, которую мы ожидаем при $F=M$ в долгосрочной перспективе.

Таким образом, чтобы определить, соответствует ли промысел концепции MSY, необходимо использовать показатель L_{mean} . Если L_{mean} меньше, чем $L_f=m$, то, вероятно, коэффициент F больше M , и промысел не соответствует концепции MSY (ICES, 2014).

Абсолютную численность леща по результатам лова ставными сетями рассчитывали по формуле А.И. Кушнаренко и Е.С. Лугарева (1983): $N=(Y_c \times S_b) / (q \times S_c)$, где N – численность, тыс. шт.; Y_c – средний улов на одну стандартную сетепостановку, шт.; S_b – площадь водоема, га; q – коэффициент абсолютной уловистости ставной сети (принимали равным 0,2 (Трещев, 1983)); S_c – площадь, облавливаемая стандартной сетью в сутки, га. Площадь облова сетью рассчитывали по формуле А.И. Трещева (1983): $S_c = \pi \times l^2 \times H / 4 \times t$, где

l – длина сети, м; H – высота сети, м; t – время лова, сут.; π – константа.

Численность рыб по траловой съемке вычисляли по формуле Ю.Т. Сечина (1990): $N=(S \times Y \times 10^4)/(ld \times Vt \times t \times n \times k)$, где N – численность рыб, шт.; S – площадь водоема, га; Y – улов рыбы тралом за съемку, шт.; ld – расстояние между траловыми досками в работе, м; Vt – скорость траления, м/час; t – продолжительность одного траления, час; n – число тралений за съемку; k – коэффициент абсолютной уловистости трала (0,5 (0,4–0,6 (Сечин, 1990))).

Численность леща (N) рассчитывали по возрастным категориям, в соответствии с возрастным составом в уловах. В каждой возрастной группе определяли запас в весовом выражении: $Bi=Ni \times mi \times 10^{-3}$, где Bi – запас леща в i -той возрастной группе, т; Ni – численность леща в i -той возрастной группе, шт.; mi – средний вес одного экз. в i -той возрастной группе, кг; 10^{-3} – показатель перевода килограммов в тонны. Общий запас (B) представлен как сумма запасов в каждой возрастной группе: $B = \sum Bi$.

Статистический анализ данных выполнен с использованием программной среды R версии 4.4.0 (R Core Team, 2026). Для описания данных применяли стандартные дескриптивные статистики: среднее арифметическое и стандартное отклонение (SD). Проверку нормальности распределения осуществляли с помощью критерия Шапиро-Уилка. Построение графиков выполнено с использованием пакетов ggplot2 и FSA (Wickham, 2016; Ogle et al., 2023).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За период исследований 2012–2024 гг. лещ *Abramis brama* в Угличском водохранилище в уловах был представлен особями в возрасте от 2+ до 14+ лет, что свидетельствует о полноценной возрастной структуре популяции и стабильном воспроизводстве (табл. 2). Основу уловов (70,9%) составляли рыбы в возрасте 5+–8+ лет, это типично для эксплуатируемых популяций леща в водохранилищах Верхней

Волги (Герасимов и др., 2015; Горячев и др., 2021). Доля младшевозрастных групп (2+–4+) была невелика (11,2%), что может быть связано как с селективностью орудий лова, так и с естественной смертностью на ранних этапах онтогенеза.

Анализ возрастной структуры по годам выявил существенные изменения, связанные, вероятно, с урожайностью отдельных поколений и условиями нагула (табл. 2). В 2012, 2017, 2023 и 2024 гг. в уловах присутствовали двухлетки (2+), что указывает на успешное пополнение годами ранее. Подобная картина характерна для водохранилищ Волжского каскада, где урожайность леща сильно зависит от гидрологических условий в период нереста и обеспеченности кормовыми ресурсами (Герасимов и др., 2024; Шибеев, 2014).

В 2019 г. наблюдалось смещение доминирующих групп в сторону 7–9-леток (6+–8+), доля которых составила 87,9%, что отражает вступление в промысловую часть популяции урожайного поколения 2011–2012 гг. рождения. В 2020–2021 гг. доминирование сохранялось за особями 7–10 лет (78,5–80,6%), а в 2023–2024 гг. произошло смещение в сторону более молодых групп (5+–6+), что указывает на смену поколений и возможное увеличение численности пополнения в последние годы (Горячев и др., 2023).

Длина пойманных экземпляров варьировала от 11,0 до 45,0 см при средней длине 25,7 см, масса – от 33 до 1873 г при средней 395 г (табл. 3). Наиболее крупный экземпляр (самка 14+ лет, длина 45,0 см, масса 1873 г) был отмечен в 2014 г., что близко к предельным размерам леща для водоемов Верхней Волги (Герасимов и др., 2018). Сравнение с литературными данными показывает, что максимальные размеры леща в исследованных водохранилищах несколько ниже потенциально возможных для вида (до 75–80 см и 6–9 кг (Атлас пресноводных рыб..., 2002; Kottelat, Freyhof, 2007), что характерно для водохранилищ руслового типа с ограниченной площадью мелководий.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА РОСТА ЛЕЩА

Таблица 2. Возрастной состав леща Угличского водохранилища в уловах 2012–2024 гг., %

Возраст, лет	Год вылова												
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2–2+	1,1	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	1,1	4,6
3–3+	4,2	0,3	-	0,9	1,3	5,4	0,9	-	-	-	-	4,5	17,3
4–4+	2,1	5,7	-	4,1	9,6	6,0	7,5	-	1,2	1,5	-	9,1	15,3
5–5+	15,8	7,0	9,0	21,0	17,2	8,7	17,8	3,0	5,3	9,2	8,8	63,7	26,7
6–6+	26,3	13,0	15,3	27,8	24,8	16,2	21,5	21,2	15,8	24,6	-	13,6	27,3
7–7+	21,1	24,8	20,9	16,0	19,7	18,1	25,2	30,3	22,8	27,7	23,7	8,0	7,5
8–8+	18,9	25,5	19,4	12,8	14,0	15,4	14,0	36,4	26,2	15,4	17,6	-	1,0
9–9+	6,3	13,3	16,7	8,2	7,6	18,1	11,2	6,1	15,8	10,8	17,6	-	0,3
10–10+	3,1	6,0	9,0	7,8	4,5	5,4	1,9	-	6,4	4,6	11,8	-	-
11–11+	1,1	4,1	6,9	0,9	1,3	4,7	-	3,0	3,5	3,1	17,6	-	-
12–12+	-	-	0,7	0,5	-	1,3	-	-	1,8	3,1	2,9	-	-
13–13+	-	0,3	0,7	-	-	-	-	-	1,2	-	-	-	-
14–14+	-	-	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Коэффициент упитанности по Фультону варьировал от 2,06 до 2,23, составляя в среднем 2,10 (табл. 3). Максимальные значения отмечены у младшевозрастных групп (2+), что характерно для периода интенсивного линейного роста. У половозрелых рыб (5+ и старше) упитанность стабилизировалась на уровне 2,08–2,12 без выраженных возрастных трендов. Самки в среднем имели незначительно более высокие показатели упитанности по сравнению с самцами, что может быть связано с накоплением энергетических резервов перед нерестом (Правдин, 1966; Винберг, 1956).

Сравнение с данными по другим водохранилищам показывает, что упитанность леща в Угличском водохранилище находится на среднем уровне. В Куйбышевском водохранилище средние значения коэффициента Фультона варьировали от 1,91 до 2,30 в разные годы (Шакирова и др., 2021), в Рыбинском – от 1,95 до 2,25 (Герасимов и др., 2015). Более высокие значения в Угличском водохра-

нилище могут указывать на благоприятные трофические условия, связанные с развитием кормовой базы, включая моллюска дрейссены (Клец и др., 2024).

Наибольший абсолютный и относительный приросты у леща Угличского водохранилища отмечены в возрасте 5+ лет, составляя 4,1 см (20,9%) и 170 г (77,4%). После достижения половой зрелости темпы роста закономерно снижаются, что соответствует общим закономерностям онтогенеза рыб (Никольский, 1974; Мина, Клевезаль, 1976). В возрасте 10+ лет годовой прирост длины не превышает 1 см, а относительный прирост массы снижается до 10–15%.

Сравнение с данными по Рыбинскому водохранилищу (Герасимов и др., 2015) показывает, что в Угличском водохранилище молодь леща (возраст 2+–5+) растет несколько быстрее, что может быть связано с лучшей прогреваемостью и более высокой продуктивностью мелководий. В старших возрастах темпы роста сближаются, что отражает общие

Таблица 3. Биологическая характеристика леща Угличского водохранилища в уловах 2012–2024 гг.

Возраст, лет	Длина, см	Масса, г	Соотношение ♀ : ♂	Коэффициент упитанности	% в уловах
2–2+	<u>11,0–16,4</u> 14,7 ± 1,4	<u>33–105</u> 72 ± 17	Все самки	2,23	0,9
3–3+	<u>11,4–21,8</u> 17,2 ± 2,5	<u>34–225</u> 113 ± 47	1 : 0,2	2,09	4,0
4–4+	<u>14,2–25,0</u> 19,8 ± 3,1	<u>48–330</u> 170 ± 77	1 : 0,6	2,06	6,3
5–5+	<u>15,0–30,5</u> 23,9 ± 3,4	<u>71–650</u> 302 ± 127	1 : 0,8	2,09	16,6
6–6+	<u>17,0–33,2</u> 24,8 ± 3,3	<u>112–845</u> 341 ± 148	1 : 0,7	2,11	20,2
7–7+	<u>21,4–35,7</u> 26,2 ± 2,8	<u>202–990</u> 389 ± 145	1 : 0,9	2,09	18,7
8–8+	<u>22,2–36,0</u> 27,7 ± 2,0	<u>230–1180</u> 455 ± 109	1 : 0,7	2,11	15,4
9–9+	<u>24,3–37,5</u> 29,9 ± 2,1	<u>269–1005</u> 576 ± 123	1 : 0,6	2,12	9,8
10–10+	<u>26,0–38,0</u> 31,9 ± 2,0	<u>384–1216</u> 686 ± 146	1 : 0,5	2,10	4,6
11–11+	<u>25,1–38,4</u> 32,8 ± 2,5	<u>319–1406</u> 763 ± 190	1 : 0,4	2,12	2,7
12–12+	<u>29,5–39,3</u> 35,0 ± 3,1	<u>538–1252</u> 907 ± 227	1 : 0,7	2,08	0,5
13–13+	<u>32,2–41,8</u> 36,6 ± 3,9	<u>752–1556</u> 1057 ± 349	1 : 0,3	2,10	0,2
14–14+	<u>42,3–45,0</u> 43,7 ± 1,9	<u>1659–1873</u> 1766 ± 151	Все самки	2,12	0,1

Примечание: над чертой – пределы варьирования показателя, под чертой – среднее значение и стандартное отклонение.

закономерности роста леща в водохранилищах умеренной зоны.

В уловах преобладали самки, составляя в среднем 59,6% против 40,4% самцов, соотношение полов в целом составило 1:0,7. Согласно классификации Д.Ф. Замахаева (1959), такое соотношение соответствует первому типу, при котором самки крупнее самцов и живут дольше.

У леща, как и у многих других карповых, самцы обычно созревают раньше, но имеют меньшую продолжительность жизни, что и определяет преобладание самок в старших возрастных группах (Никольский, 1974). Среди младших возрастных групп (2+–4+)

соотношение полов было близко к равному, тогда как среди рыб старше 10+ лет доля самцов резко снижалась.

Длина самок варьировала от 11,0 до 45,0 см, самцов – от 12,0 до 38,4 см, при этом средние размеры самок были выше во всех возрастных группах старше 6+ лет (рис. 2). Наибольшие различия отмечены в возрасте 11+–13+ лет, где самки превосходили самцов по длине на 2–4 см и по массе на 100–300 г. Это соответствует общим закономерностям полового диморфизма у леща, связанным с более ранним созреванием и замедлением роста у самцов после достижения половой зрелости (Берг, 1949; Герасимов и др., 2015).

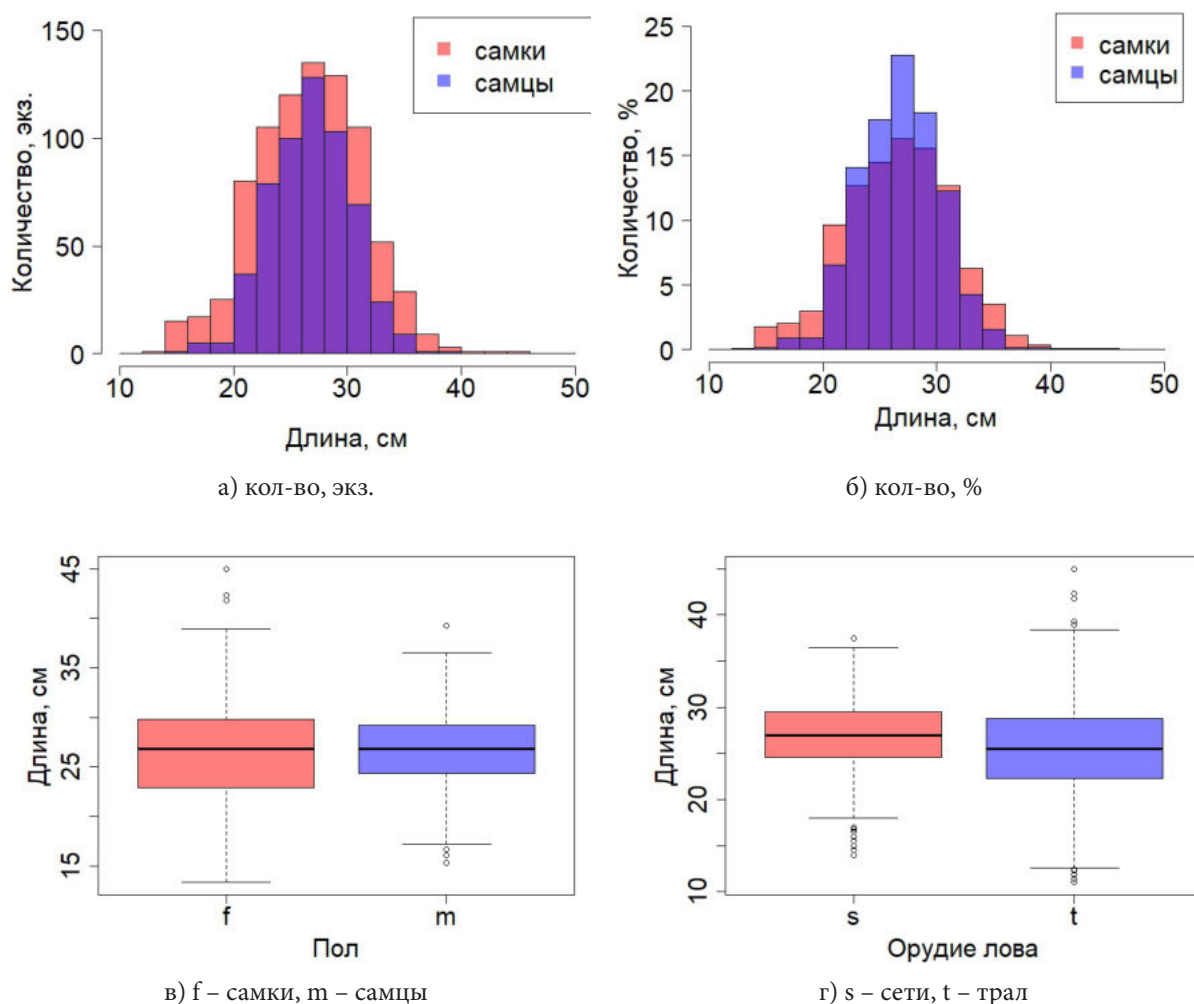


Рис. 2. Размерная структура леща Угличского водохранилища в 2012–2024 гг.

Зависимость массы от длины для леща Угличского водохранилища описывается степенным уравнением $W=0,020L^{3,007}$ ($R^2 = 0,97$, $n = 1390$). Значение коэффициента $b = 3,007$ значимо не отличается от 3 и соответствует изометрическому типу роста (Froese, 2006; Carlander, 1969). Это означает, что с увеличением длины масса тела леща возрастает пропорционально, т.е. пропорции тела остаются относительно постоянными в течение онтогенеза.

Полученный результат отличается от данных Д.В. Горячева и соавторов (2021) для этого же водоема, где для леща Угличского водохранилища был отмечен отрицательный аллометрический рост ($b < 3$). Такое расхождение может быть связано с разными перио-

дами наблюдений (2014–2019 гг. против 2012–2024 гг.) и увеличением доли крупных особей в последние годы. Анализ отдельно по полу показал, что у самок рост был слабо положительным аллометрическим ($b = 3,023$), тогда как у самцов – слабо отрицательным ($b = 2,968$), что указывает на более интенсивное накопление массы у самок после наступления половой зрелости (рис. 3).

$$W = 0,020 L^{3,007}, \text{ общее} \quad (4)$$

$$(R^2 = 0,97; b = 3,007 \pm 0,017, 95\% CL; n = 1390),$$

$$W = 0,019 L^{3,023}, \text{ самки} \quad (5)$$

$$(R^2 = 0,97; b = 3,023 \pm 0,027, 95\% CL; n = 858),$$

$$W = 0,023 L^{2,968}, \text{ самцы} \quad (6)$$

$$(R^2 = 0,96; b = 2,968 \pm 0,044, 95\% CL; n = 562)$$

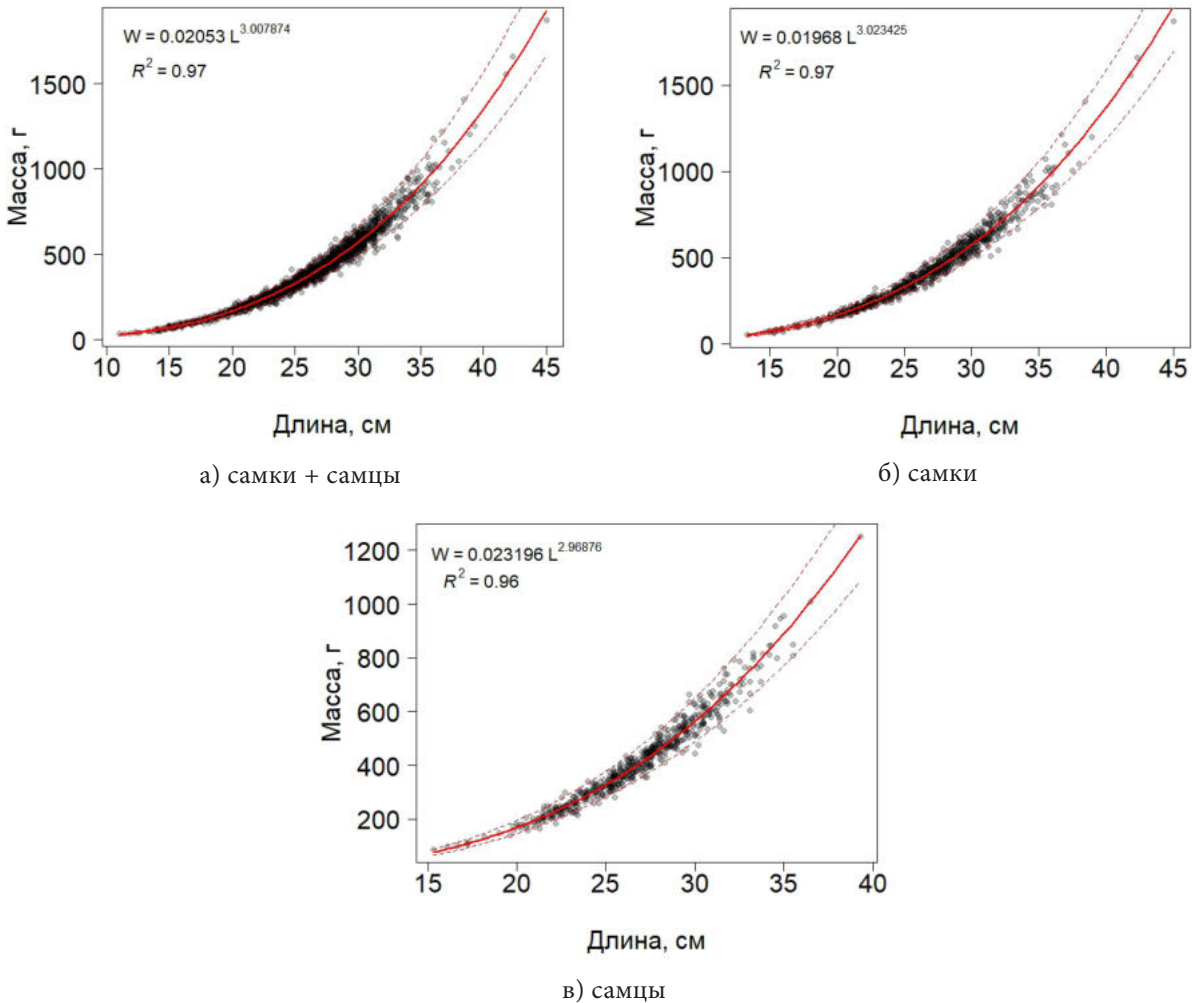


Рис. 3. Соотношение длины и массы леща Угличского водохранилища в 2012–2024 гг.

Сравнение с другими водоемами Волжского каскада показывает, что параметры соотношения длины и массы леща в Угличском водохранилище близки к таковым в Рыбинском водохранилище, где для леща также характерна изометрия или слабая положительная аллометрия (Герасимов и др., 2015). В Куйбышевском водохранилище, по данным Ф.М. Шакировой и соавторов (2021), коэффициент b для леща варьировал от 2,89 до 3,08 в разных плесах, причем в Камском плесе, где кормовая база беднее, наблюдалась тенденция к отрицательной аллометрии. Это подтверждает чувствительность параметра b к условиям нагула и обеспеченности пищей (Froese, 2006; Винберг, 1971).

В Иваньковском водохранилище, по данным Д.В. Горячева и соавторов (2025), у леща

после прекращения промысла проявился выраженный плотностно-зависимый эффект, выразившийся в замедлении линейного роста и снижении коэффициента b . В Угличском водохранилище подобного явления не наблюдается: значение b близко к 3,0, что свидетельствует об отсутствии острой внутривидовой конкуренции за пищевые ресурсы. Вероятно, этому способствуют более высокие запасы кормового бентоса в Угличском водохранилище и возможность использования альтернативных кормовых объектов, включая дрейссену (Клец и др., 2024; Щербина, 2008).

Кривая линейного роста леща Угличского водохранилища, полученная уравнением Берталанфи: $L_t = 33,84 \times (1 - \exp^{(-0,31(t-0,268)})$, характеризуется следующими параметрами:

$L_{inf} = 33,84$, $K=0,31 \text{ год}^{-1}$, $t_0=0,26$ года. Асимптотическая длина несколько ниже максимальных зарегистрированных в уловах размеров (45,0 см), что типично для данного типа моделей, описывающих среднюю предельную длину для популяции (Мина, Клевезаль, 1976; Bertalanffy, 1938).

Сравнение с историческими данными 1970-х годов (полученным по материалам исследований ИББВ РАН): $L_t = 38,27 \times (1 - \exp^{(-0,12(t+1,475)})$), показывает существенные изменения параметров роста. В 1970-е годы асимптотическая длина составляла 38,27 см при коэффициенте роста $K = 0,12 \text{ год}^{-1}$ (рис. 4, 5). Таким образом, за 50-летний период K увеличился в 2,6 раза, а L_{inf} снизилась на 4,4 см. Эти результаты хорошо согласуются с опубликованными Г.Б. Сапко (1983) данными о линейном росте леща Угличского водохранилища в конце 1970-х годов. Согласно его материалам, средняя длина леща в возрасте 5+ лет составляла 21,5 см, в возрасте 7+ лет – 27,0 см, в возрасте 9+ лет – 32,1 см (Сапко, 1983). В современный период (2012–2024 гг.) эти значения равны $23,9 \pm 3,4$ см, $26,2 \pm 2,8$ см и $29,9 \pm 2,1$ см соответственно (табл. 3). Таким образом, в младших возрастах (до 7+) современный лещ растёт быстрее, чем в 1970-е гг., тогда как в старших возрастах темпы роста сближаются или даже становятся ниже исторических. Это означает, что современные особи леща быстрее достигают меньшей пре-

дельной длины, что может быть следствием изменения трофических условий или плотностно-зависимых процессов.

Параметры роста леща в Угличском водохранилище ($K = 0,31$, $L_{inf} = 33,8$ см) заметно отличаются от таковых в других водоемах Волжского каскада. В Рыбинском водохранилище, по данным многолетних наблюдений (Герасимов и др., 2015; 2024), K для леща варьирует от 0,08 до 0,15 год^{-1} при L_{inf} 40–46 см, что соответствует более медленному росту с выходом на бóльшие предельные размеры. В Куйбышевском водохранилище K оценивается в 0,10–0,18 год^{-1} при L_{inf} 35–42 см (Шакирова и др., 2021). Более высокий K в Угличском водохранилище указывает на более быстрый выход на асимптотические размеры, что характерно для популяций, обитающих в условиях хорошей обеспеченности пищей и умеренной плотности (Ricker, 1975).

В Ивановском водохранилище, где проявился плотностно-зависимый эффект, параметры роста леща в последние годы (2018–2022) составили $L_{inf} = 43,08$ см, $K = 0,144 \text{ год}^{-1}$, что существенно отличается от показателей данного вида в Угличском водохранилище (Горячев и др., 2025). Более низкий K при более высокой L_{inf} указывает на замедленный, но продолжительный рост, типичный для ситуаций с высокой плотностью популяции и ограниченными пищевыми ресурсами.

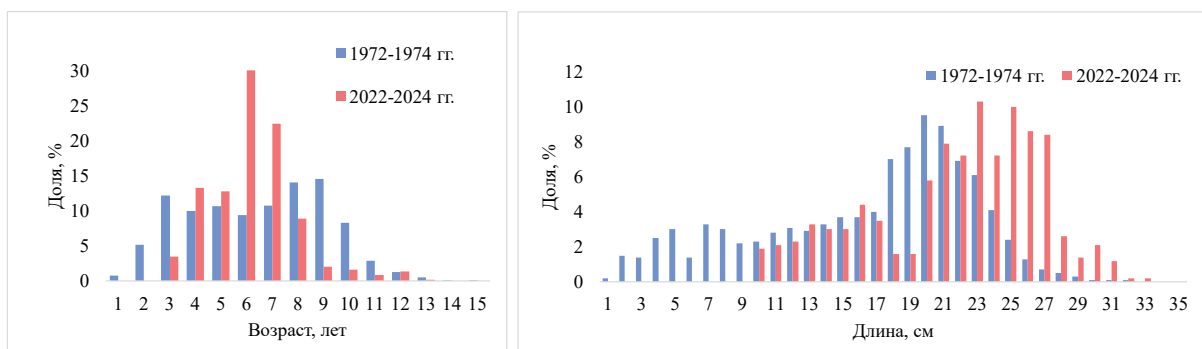


Рис. 4. Возрастная и размерная структура популяции леща Угличского водохранилища в 1972–1974 гг. и 2022–2024 гг.

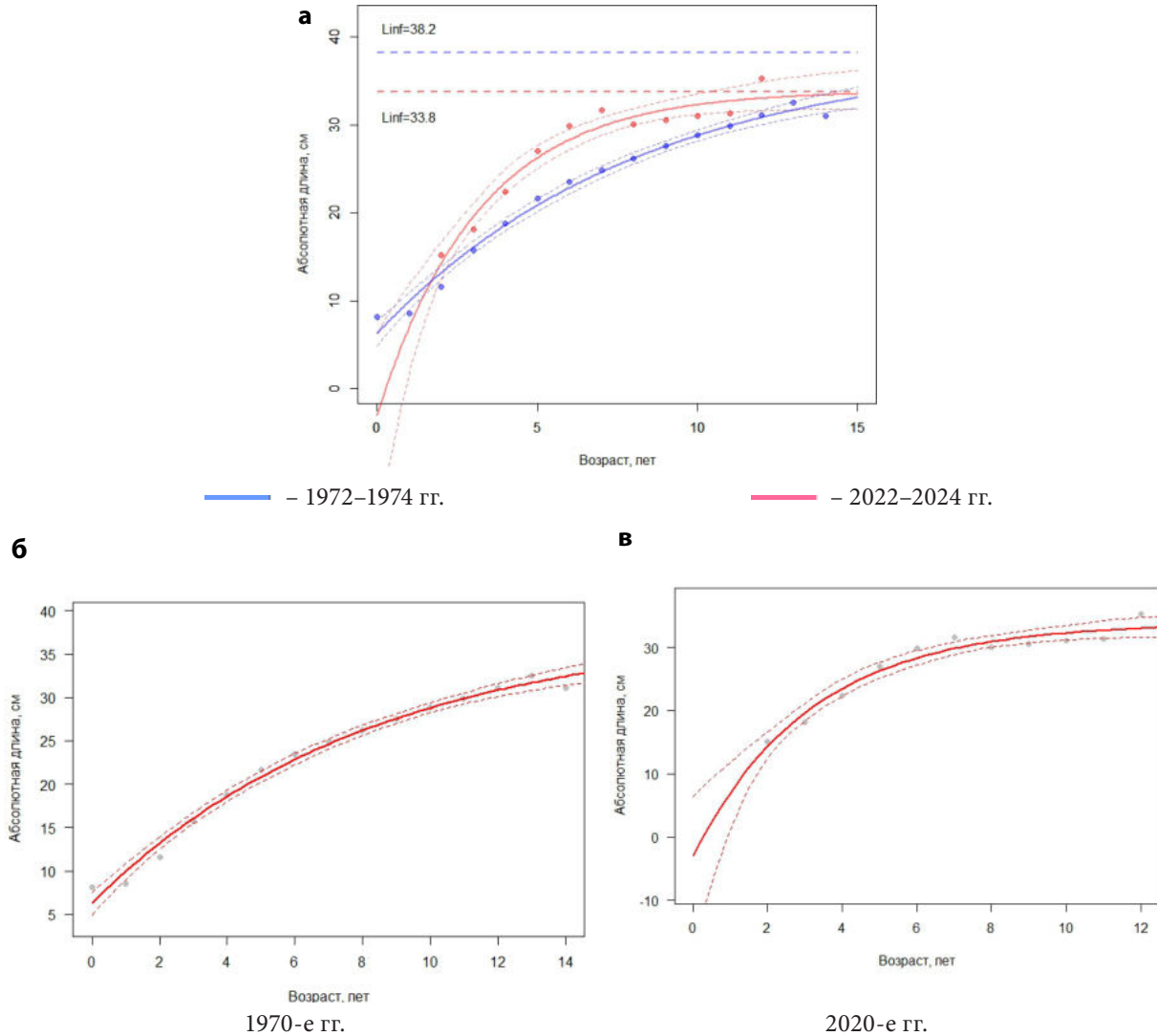


Рис. 5. Кривые роста леща в периоды промысла в 1972–1973 гг. и его отсутствия в 2022–2024 гг. совместно (а) и раздельно (б, в)

Применение метода размерно-структурных индикаторов позволило дать качественную оценку состояния популяции леща за два контрастных периода: 1972–1974 гг. (активный промысел) и 2012–2024 гг. (отсутствие промышленного лова) (табл. 4). В 1970-е годы значения индикаторов сохранения молоди L_c/L_{mat} и L_{25}/L_{mat} колебались вблизи порогового уровня 1,0, опускаясь в отдельные годы до 0,68–0,96, что свидетельствует о вылове части рыб до достижения половой зрелости (Froese, 2004; Core, Punt, 2009).

В современный период оба индикатора стабильно превышают 1,0, достигая в отдель-

ные годы 1,40–1,44 (2020–2023 гг.), что указывает на эффективное сохранение молоди и впервые нерестующих особей. Основная причина положительной динамики – снятие промышленного пресса после 2007 г., позволившее рыбам достигать репродуктивных размеров (Горячев и др., 2021; ICES, 2015). Индикатор сохранения крупных особей L_{95}/L_{inf} также существенно вырос: с 0,88–0,89 в 1970-е гг. до 0,95–1,06 в 2010–2020-е гг., что отражает накопление в популяции старшевозрастных рыб.

В 1970-е годы индикаторы L_c/L_{mat} и L_{25}/L_{mat} частично находились в «желтой» зоне (40–70% от целевого ориентира), что отра-

Таблица 4. Индикаторы относительно целевых ориентиров методом LBI (Length based indicators) для леща *Abramis brama* Угличского водохранилища в 1972–1974 и 2012–2024 гг.

Год \ Целевой ориентир	L_c/L_{mat}	L_{25}/L_{mat}	L_{95}/L_{inf}	L_{mean}/L_{opt}	$L_{mean}/L_{f=m}$
	> 1	> 1	> 0.8	> 1	> 1
<i>Abramis brama</i>					
	L_c/L_{mat} (15,4)	L_{25}/L_{mat} (15,4)	L_{95}/L_{inf} (25,8)	L_{mean}/L_{opt} (15,7)	$L_{mean}/L_{f=m}$
1972	1,09	0,96	0,89	1,25	1,04
1973	0,95	0,68	0,88	1,22	1,01
1974	1,01	0,85	0,88	1,20	1,00
2012	1,31	1,14	0,99	1,43	1,19
2013	1,36	1,26	0,98	1,44	1,20
2014	1,43	1,24	1,05	1,55	1,28
2015	1,33	1,13	1,01	1,48	1,23
2016	1,20	1,10	0,92	1,33	1,10
2017	1,31	1,21	1,06	1,48	1,22
2018	1,27	1,15	0,95	1,35	1,12
2019	1,35	1,32	0,89	1,37	1,14
2020	1,40	1,30	0,97	1,46	1,21
2021	1,39	1,22	0,95	1,45	1,21
2022	1,40	1,34	0,96	1,48	1,23
2023	1,44	1,41	1,04	1,50	1,24
2024	1,27	1,08	0,99	1,42	1,18

жало определенную несбалансированность эксплуатации популяции в условиях интенсивного промысла (Буяновский, 2019а, б). В 2012–2024 гг. все пять индикаторов (L_c/L_{mat} , L_{25}/L_{mat} , L_{95}/L_{inf} , L_{mean}/L_{opt} , $L_{mean}/L_{f=m}$) устойчиво попадают в «зеленую» зону, превышая 70% от целевых ориентиров. Это свидетельствует о высоком уровне благополучия популяции с точки зрения сохранения репродуктивного ядра, возрастной структуры и соответствия концепции максимального устойчивого вылова MSY (ICES, 2014; Froese et al., 2018).

Особого внимания заслуживает индикатор L_{mean}/L_{opt} , который в современный период составляет 1,33–1,55, что значительно выше целевого уровня ≈ 1 . Это означает, что средняя длина рыб в уловах существенно пре-

вышает длину, при которой биомасса максимальна, что характерно для неэксплуатируемых популяций с накоплением старшевозрастных групп (Froese, Binohlan, 2000). Индикатор $L_{mean}/L_{f=m}$, характеризующий соотношение промысловой и естественной смертности, стабильно превышает 1,0 (1,10–1,28), указывая на то, что $F < M$.

Сопоставление с данными по Рыбинскому водохранилищу (Никитенко и др., 2025) показывает, что лещ Угличского водохранилища по индикаторам LBI выглядит более благополучно. В Рыбинском водохранилище в 2023–2024 гг. L_c/L_{mat} для леща составляли 0,70–0,80, что ниже показателей данного вида в Угличском водохранилище (1,27–1,44). Это может быть связано с сохраняющимся там промысловым рыболовством и более высо-

кой естественной смертностью. Для Ивановского водохранилища, где после прекращения промысла проявился плотностно-зависимый эффект, LVI-анализ показал ухудшение показателей сохранения крупных особей при сохранении высоких значений L_c/L_{mat} (Горячев и др., 2025).

Таким образом, Угличское водохранилище представляет собой пример водоема, где длительное отсутствие промысла привело не к плотностно-зависимому торможению роста, как в Ивановском водохранилище, а к формированию устойчивой популяции с оптимальными параметрами роста. Ключевое различие, вероятно, заключается в состоянии кормовой базы. В Угличском водохранилище запасы бентоса существенно выше, включая дрейссену, что позволяет поддерживать высокие темпы роста даже при возросшей численности популяции (Клец и др., 2024; Герасимов и др., 2018).

Оценки биомассы леща в Угличском водохранилище за период 2012–2024 гг. варьировали от 2,02 тыс. т в 2016 г. до 3,38 тыс. т в 2023 г., составляя в среднем около 2,75 тыс. т (рис. 6). В 2024 г. запас оценен в 2,36 тыс. т. Эти значения хорошо согласуются с данными Горячева и соавторов (2021), которые для периода 2014–2019 гг. приводили оценки запаса леща в диапазоне 2,1–2,8 тыс. т. Относительная стабильность запаса на протяжении

всего периода наблюдений свидетельствует о сбалансированности процессов воспроизводства и естественной смертности.

Проведение расчетов промысловых запасов леща по имеющимся у нас данным исследований ИБВВ РАН в 1970-е годы затруднено. Однако, по данным Т.А. Ефимовой (1975) (расчеты Саппо) в 1973 г. запас был равен 11,51 тыс. ц, освоение составило 537 ц (4,6%), а в 1977 г. Г.Б. Саппо (1980) приводит значение – 59,8 тыс. ц., освоение которого составляет 2,15 тыс. ц (4%) при рекомендованном вылове 10 тыс. ц.

Наши данные показывают, что после частичного запрета промысла в 2007 г. (освоение запаса леща ежегодно составляет менее 1%) в период с 2007 по 2024 гг. произошло не только восстановление возрастной структуры, но и рост общей биомассы популяции.

Проведенный комплексный анализ роста леща в Угличском водохранилище выявил, что современная популяция характеризуется изометрическим ростом, высокими темпами линейного и весового прироста в младших возрастах, полноценной возрастной структурой с присутствием старшевозрастных групп и устойчивым запасом. Отсутствие выраженного плотностно-зависимого эффекта после прекращения промысла, в отличие от ситуации в Ивановском водохранилище, объяс-

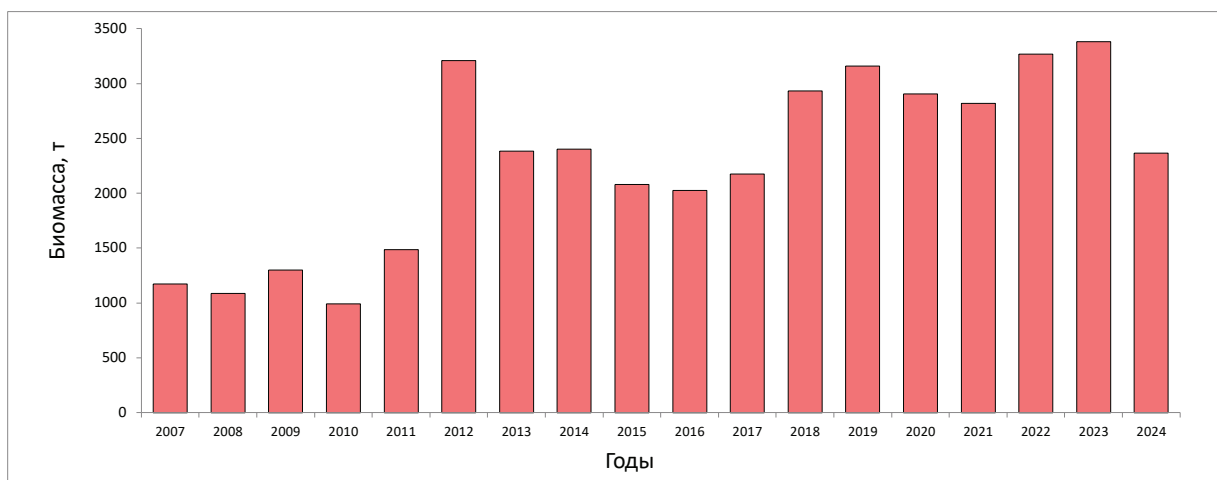


Рис. 6. Запас леща Угличского водохранилища в 2007–2024 гг.

няется, вероятно, более богатой и стабильной кормовой базой, включая высокие запасы дрейссены, а также возможностью трофической диверсификации. Полученные данные служат научной основой для рационального использования запасов леща в случае возобновления лицензионного промысла и для разработки мер по сохранению биоразнообразия экосистемы Верхней Волги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Угличском водохранилище лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) является доминирующим видом семейства карповых, занимая первое место в промысловом запасе по численности и биомассе среди всех видов рыб. Проведенное многолетнее исследование (2012–2024 гг.) показало, что популяция леща характеризуется полноценной возрастной структурой, представленной особями от 2+ до 14+ лет, с преобладанием групп 5+–8+ (70,9%). Средние размеры рыб составляют 25,7 см и 395 г, максимальные зарегистрированные параметры (45,0 см, 1873 г) близки к предельным для водоемов Верхней Волги и свидетельствуют о наличии условий для реализации потенциала роста вида.

Соотношение полов (1:0,7 в пользу самок) соответствует первому типу по классификации Д.Ф. Замахаева (1959) и отражает более раннее созревание и меньшую продолжительность жизни самцов. Упитанность леща (средний коэффициент Фультона 2,10) находится на уровне, характерном для благополучных популяций, и не проявляет выраженной возрастной или половой специфики. Зависимость массы от длины ($W=0,020L^{3,007}$) демонстрирует изометрический характер роста, что указывает на сбалансированные условия нагула и отсутствие острой внутривидовой конкуренции за пищевые ресурсы.

Сравнение с историческими данными 1970-х годов выявило существенные изменения параметров роста. Современная асимптотическая длина ($L_{inf}=33,84$ см) оказалась ниже, чем в 1970-е (38,27 см), тогда как коэффициент роста ($K=0,31$ год⁻¹) вырос в 2,6 раза.

Это свидетельствует об ускоренном достижении меньших предельных размеров, что может быть следствием улучшения трофических условий или изменения плотностно-зависимых процессов после прекращения промышленного рыболовства.

Применение метода размерно-структурных индикаторов (LBI) подтвердило высокий уровень благополучия популяции в современный период. Все пять индикаторов (сохранение молодежи L_c/L_{mat} и L_{25}/L_{mat} , сохранение крупных особей L_{95}/L_{∞} , оптимальность улова L_{mean}/L_{opt} и соответствие концепции MSY $L_{mean}/L_f=m$) стабильно превышают целевые ориентиры, находясь в «зеленой» зоне. Биомасса леща в Угличском водохранилище за период наблюдений варьировала от 2,02 до 3,38 тыс. т, составляя в среднем 2,75 тыс. т, и после некоторого снижения в середине 2010-х годов стабилизировалась на уровне выше 2,3 тыс. т. Эта стабилизация на фоне полного отсутствия промышленного лова согласуется с выводами LBI-анализа о том, что современная емкость среды и кормовые ресурсы позволяют поддерживать высокую численность популяции.

Полученные данные о современных параметрах роста, размерно-возрастной структуре и состоянии запаса леща *A. brama* в Угличском водохранилище актуализируют ранее установленные сведения по биологии вида и служат научной основой для разработки мер рационального использования водных биоресурсов в случае возможного возобновления лицензионного промысла. Вместе с тем, выявленная высокая чувствительность популяции к изменениям режима эксплуатации подчеркивает необходимость постоянного мониторинга размерно-возрастной структуры и среды обитания для своевременного выявления негативных трендов и сохранения биоразнообразия экосистемы Верхней Волги.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность сотрудникам отдела «Верхне-Волжский» Филиала по пресноводному рыбному хозяйству

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), а также сотрудникам Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН за неоценимый вклад в сбор полевого материала и содействие в проведении исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. / под ред. Ю.С. Решетникова. Москва: Наука, 2002. Т. 1. 379 с.

Базаров М.И., Соломатин Ю.И. Плотность рыбного населения и его видовое разнообразие на русловых участках Угличского водохранилища // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 4–1. С. 99–102.

Баранова-Филон В.В. Влияние рыболовства на запасы плотвы Ивановского и Угличского водохранилищ // *Сб. научных трудов ГосНИОРХ*. 1980. Вып. 145. С. 52–59.

Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Москва; Ленинград: Изд-во АН СССР, 1949. Ч. 2. С. 469–925.

Брюзгин В.Л. О характеристике роста рыб // *Вопр. ихтиологии*. 1960. Вып. 15. С. 75–91.

Буяновский А.И. Использование промысловой статистики для корректировки оценок запасов краба-стригуна опилио в морях России // *Вопр. рыболовства*. 2020. Т. 21. № 1. С. 106–124.

Буяновский А.И. К использованию моделей истощения для оценки промысловых запасов крабов // *Вопр. рыболовства*. 2019а. Т. 20. № 1. С. 107–122.

Буяновский А.И. Использование промысловой статистики для оценки динамики запаса краба-стригуна Бэрда // *Вопр. рыболовства*. 2019б. Т. 20. № 4. С. 497–512.

Винберг Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. Минск: Изд-во Белорус. университета, 1956. 253 с.

Винберг Г.Г. Линейные размеры и масса тела животных // *Журнал общей биологии*. 1971. Т. 32. № 6. С. 714–723.

Герасимов Ю.В., Соломатин Ю.И., Базаров М.И. и др. Влияние потепления климата на популяционные показатели рыб водоемов Верхней Волги // *Биология внутренних вод*. 2024.

Т. 17. № 4. С. 587–603. <https://doi.org/10.31857/S0320965224040074>

Герасимов Ю.В., Бражник С.Ю., Стрельников А.С. Динамика структурных показателей популяции леща *Abramis brama* (Cyprinidae) Рыбинского водохранилища за период 1954–2007 гг. // *Вопр. ихтиологии*. 2010. Т. 50. № 4. С. 515–525.

Герасимов Ю.В., Бражник С.Ю., Стрельников А.С., Комова Н.И. Лещ // *Рыбы Рыбинского водохранилища: популяционная динамика и экология*. Ярославль: Филигрань, 2015. С. 198–223.

Герасимов Ю.В., Малин М.И., Соломатин Ю.И. и др. Распределение и структура рыбного населения в водохранилищах Волжского каскада в 1980-е и 2010-е гг. // *Тр. Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН*. 2018. № 82(85). С. 82–106. <https://doi.org/10.24411/0320-3557-2018-10014>.

Горячев Д.В., Артеменков Д.В., Никитенко А.И., Клец Н.Н. Плотностно-зависимый эффект леща *Abramis brama* (Cyprinidae) в Ивановском водохранилище // *Рыбохозяйственная наука в XXI веке: ключевые направления развития: материалы III Межд. научно-практ. конф. и V Школы молодых ученых и специалистов*. Москва: ВНИРО, 2025. С. 121–125.

Горячев Д.В., Никитенко А.И., Амалин М.Ю. и др. О возобновлении промысла на Ивановском водохранилище // *Вопр. рыболовства*. 2023. Т. 24. № 1. С. 154–164. <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2023-24-1-154-164>

Горячев Д.В., Никитенко А.И., Гвоздарев Д.А. и др. Промысел на водоемах Тверской области: историческая ретроспектива и современность // *Вопр. рыболовства*. 2024. Т. 25. № 2. С. 75–88. <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2024-25-2-75-88>

Горячев Д.В., Никитенко А.И., Клец Н.Н. и др. Состояние запасов водных биологических ресурсов Ивановского и Угличского водохранилищ // *Вопр. рыболовства*. 2021. Т. 22. № 1. С. 25–37. <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2021-22-1-25-37>

Ефимова Т.А. Угличское водохранилище // *Сб. науч. трудов ГосНИОРХ*. Вып. 102. 1975. С. 26–38.

Замахаев Д.Ф. О типах размерно-половых соотношений у рыб // *Тр. Московского техни-*

ческого института рыбной промышленности и хозяйства. 1959. Вып. 10. С. 183–209.

Клец Н.Н., Тюлин Д.Ю., Жарикова В.Ю. и др. Характеристика кормовой базы рыб Угличского водохранилища // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2024. Т. 18. № 8(223). С. 543–556. <https://doi.org/10.33920/sel-09-2408-03>

Кушнаренко А.И. Лугарев Е.С. Оценка численности рыб по уловам пассивными орудиями // Вопр. ихтиологии. 1983. Т. 23. Вып. 6. С. 921–926.

Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. Москва: Наука, 1976. 291 с.

Никаноров Ю.И. Рыбные запасы Иваньковского и Угличского водохранилищ в условиях эксплуатации промысловым и любительским ловом / Сб. научн. Трудов ГосНИОРХ. 1980. Вып. 145. С. 82–97.

Никитенко А.И., Горячев Д.В., Артеменков Д.В. и др. Ихтиологические наблюдения и индикаторная оценка популяций (LBI) рыб в Рыбинском водохранилище в 2024 г. // Вопр. рыболовства. 2025. Т. 26. № 3. С. 99–126. <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2025-26-3-99-126>

Никольский Г.В. Частная ихтиология. Москва: Высшая школа, 1971. 472 с.

Никольский Г.В. Экология рыб. Москва: Высшая школа, 1974. 367 с.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. Москва: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.

Саппо Г.Б. Численность леща Иваньковского и Угличского водохранилищ // Сб. научн. трудов ГосНИОРХ. 1980. Вып. 145. С. 32–39.

Саппо Г.Б. Основные закономерности динамики численности леща Иваньковского и Угличского водохранилищ / Сб. научн. Трудов ГосНИОРХ. 1983. Вып. 202. С. 70–81.

Себенцов Н.С., Мейснер Е.В. Рыбоводно-биологические обоснования рыбохозяйственного освоения Угличского водохранилища // Тр. ВНИИПРХ. 1947. Т. IV. С. 25–27.

Сечин Ю.Т. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. Москва: Изд-во ВНИИПРХ, 1990. 52 с.

Трещев А.И. Интенсивность рыболовства. Москва: Легкая промышленность, 1983. 236 с.

Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. Москва: Изд-во АН СССР, 1959. 164 с.

Шакирова Ф.М., Смирнов А.А., Анохина О.К., Валиева Г.Д. Современная биологическая характеристика леща *Abramis brama* Куйбышевского водохранилища // Рыбн. хозяйство. 2021. № 3. С. 40–50. <https://doi.org/10.36038/0234-2774-2021-22-3-40-50>

Шибяев С.В. Промысловая ихтиология. Калининград: Аксиос, 2014. 535 с.

Щербина Г.Х. Структура биоценоза *Dreissena polymorpha* (Pallas) и роль моллюска в питании плотвы *Rutilus rutilus* (Linnaeus) // Биология внутренних вод. 2008. № 4. С. 72–80.

Bertalanffy L., A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II) // Human Biol. 1938. 10(2):181–213.

Caddy J.F. Wade E., Surette T. et al. Using an empirical traffic light procedure for monitoring and forecasting in the Gulf of St. Lawrence fishery for the snow crab, *Chionoecetes opilio* // Fish. Res. 2005. V. 76. № 1. P. 123–145.

Carlander K.D. Handbook of freshwater fishery biology / The Iowa State University Press, Iowa. 1969. 752 pp.

Cope J.M., Punt A.E. Length-based reference points for data-limited situations: applications and restrictions // Mar. Coast. Fish. 2009. V. 1. № 1. P. 169–186.

Fricke R., Eschmeyer W.N., Van der Laan R. Eschmeyer's Catalog of Fishes: genera, species, references 2024. URL: <https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (дата обращения: 11.03.2026).

Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations // J. of Applied Ichthyology. 2006. V. 22. № 4. P. 241–253.

Froese R. Keep it simple: Three indicators to deal with overfishing // Fish Fish. 2004. V. 5. № 1. P. 86–91.

Froese R., Winker H., Coro G. et al. A new approach for estimating stock status from length frequency data // ICES J. of Marine Science. 2018. V. 75. № 5. P. 1664–1677.

Froese R., Binohlan C. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes // J. of Fish Biology. 2000. V. 56. № 4. P. 758–773.

ICES. Report of the fifth workshop on the development of quantitative assessment methodologies based on life-history traits, exploitation characteristics and other relevant parameters for data-limited stocks (WKLIFE V) // ICES CM 2015/ACOM:56. Copenhagen : ICES Headquarters, 2015. 157 p.

ICES. Report of the workshop on the development of quantitative assessment methodologies based on life-history traits, exploitation characteristics and other relevant parameters for data-limited stocks (WKLIFE IV) // ICES CM 2014/ACOM:54. Copenhagen : ICES Headquarters, 2014. 223 p.

Kottelat M., Freyhof J. Handbook of European freshwater fishes. Cornol; Berlin: Publications Kottelat, 2007. 646 p.

McDonald G., Harford B., Arrivillaga A. et al. An indicator-based adaptive management framework and its development for data-limited fisheries in Belize // Mar. Policy. 2017. V. 76. P. 28–37.

Ogle D.H., Doll J.C., Wheeler A.P., Dinno. A. FSA: Simple Fisheries Stock Assessment Methods. R package version 0.9.5. 2023. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=FSA> (дата обращения: 11.03.2026)

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2026. URL: <https://www.R-project.org/> (дата обращения: 11.03.2026)

Ricker W.E. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations // Bull. of the Fisheries Research Board of Canada. 1975. № 191. 382 p.

Wickham H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. New York: Springer-Verlag, 2016. 260 p.

BIOLOGY OF COMMERCIAL HYDROBIONTS

LONG-TERM GROWTH DYNAMICS OF THE BREAM *ABRAMIS BRAMA* (CYPRINIDAE) IN THE UGLICH RESERVOIR

© 2026 г. N.N. Klets¹, D.V. Artemenkov², D.V. Goryachev¹, V.Yu. Zharikova^{1,3}

1 – Branch for the Freshwater Fisheries of the State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO», Russia, Moscow oblast, Rybnoye, 141821

2 – State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO», Russia, Moscow, 105187

3 – Dmitrovsky Fishery Technological Institute (branch) Astrakhan State Technical University, Russia, Moscow oblast, Rybnoye, 141821

The study of the biological features and growth of the bream *Abramis brama* in the Uglich reservoir was carried out on the basis of long-term data (2012-2024, n = 1888) using historical materials from 1972-1974. It was found that the harvested part of the population is represented by individuals aged 2+ to 14+ years with a predominance of groups 5+-8+ (70,9%), the average length is 25,7 cm, weight is 395 g. The sex ratio (1:0,7 in favor of females) corresponds to the first type according to D.F. Zamakhaev. The dependence of mass on length is described by the isometric equation $W=0,020L^{3,007}$ ($R^2 = 0,97$), which indicates balanced feeding conditions. The parameters of the Bertalanffy equation ($L_{inf}=33,84$ cm, $K=0,31$) indicate an acceleration in the growth rate compared to the 1970s ($K=0,12$) with a decrease in the asymptotic length. The use of the LBI (Length-Based Indicators) indicator method has shown that after the partial cessation of fishing (prohibition since 2007 in the Tver region), all five indicators consistently exceed the targets (the «green zone»), reflecting the restoration of the age structure and the high reproductive potential of the population. The biomass of bream ranged from 2,02 to 3,38 thousand tons, stabilizing after 2021 above 2,3 thousand tons. Unlike the Ivankovo reservoir, no density-dependent growth inhibition was detected in the Uglich reservoir, which is explained by the rich forage base (including dreissen reserves) and the positive impact of climate change. The results update the data for fisheries management and conservation of biodiversity of ecosystems of the Upper Volga.

Keywords: Uglichskoe reservoir, bream *Abramis brama*, size-age structure, growth equation, isometric growth, LBI indicators, biomass dynamics, density-dependent effect, feed base, dreissen.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ЛЕЩА В ВОДОЕМЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ СМОЛЕНСКОЙ АЭС

© 2026 г. А.Д. Быков (spin: 3289-4991), С.Ю. Бражник (spin: 3290-4255),
В.С. Боркичев, М.П. Плаксина (spin: 1101-9565)

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187
E-mail: 89262725311@mail.ru

Поступила в редакцию 19.01.2026 г.

Лещ является обычным, но немногочисленным представителем ихтиофауны Десногорского водохранилища. Его доля в уловах ставных сетей с шагом ячеи от 30 до 70 мм за период проведения учетных съемок 2011–2025 гг. колебалась от 0,4 до 6% по численности. Лещ, в условиях различного температурного режима в разных частях водоема-охладителя Смоленской АЭС, по акватории водохранилища распределен неравномерно. Верхняя часть водоема служит для леща воспроизводственным участком, а нижняя – местом круглодичного нагула из-за повышенного температурного режима сбросных теплых вод Смоленской АЭС. Результаты полного биологического анализа выборок леща из данного водоема показывают, что в последние годы наблюдается более интенсивный рост леща, чем 15 лет назад, вероятно, связанный не столько с увеличением продуктивности бентосных сообществ, сколько с деятельностью садковых рыбоводных хозяйств, в районах, которых появляется дополнительный источник кормовых ресурсов в виде выпадающих гранул комбикормов и фекалий товарной рыбы. Несмотря на более раннее половое созревание леща в водоеме-охладителе Смоленской АЭС по сравнению с другими водохранилищами Смоленской области, увеличению роста численности его популяции препятствует высокая заболеваемость лигулезом и диграммосом. По этой же причине лещ является второстепенным объектом промышленного и любительского рыболовства в Десногорском водохранилище.

Ключевые слова: лещ, *Abramis brama*, Десногорское водохранилище, водоем-охладитель Смоленской АЭС, садковые рыбоводные хозяйства.

ВВЕДЕНИЕ

Влияние термического режима водоемов спецводопользования энергетических объектов России и бывшего СССР на биологию карповых рыб рода *Abramis* достаточно хорошо описано в работах советских ихтиологов (Авинский, и др., 1990; Карлов, Крепис, 1988). Однако большинство этих работ посвящено оценке условий нагула и темпа роста, срокам полового созревания, интенсивности вылова (Никонов и др., 1985; Мосияш, Саппо, 1989). Публикаций по комплексному влиянию других факторов, в том числе и антропогенных на изменение популяционных характеристик и отдельных аспектов биологии леща, как экологически пластичного вида в условиях его оби-

тания в водоемах-охладителях ГРЭС и АЭС в настоящее время практически нет (Барышев, Болдаков, 2003).

В последние годы на ряде водоемов-охладителей ГРЭС и АЭС активно развивается садковое товарное рыбоводство с выращиванием преимущественно холодноводных объектов аквакультуры – радужной форели *Oncorhynchus mykiss*. Влияние садковых хозяйств на экосистему озер с естественным температурным режимом, в том числе и на рыбную часть сообщества уже описано на примере озер Северо-Западного региона России, преимущественно Карелии (Рыжков и др., 2014; Онищенко и др., 2017; Лапенков, и др., 2024). Работ по комплексной оценке

влияния деятельности садковых рыбоводных хозяйств в водоемах-охладителях на изменения структуры ихтиофауны, использующих не традиционные для тепловодной аквакультуры объекты – карпа *Cyprinus carpio*, растительных, осетровых, канального сома *Ictalurus punctatus*, а объект холодноводного рыбоводства (радужную форель) в настоящее время довольно мало.

Цель работы – показать изменения в темпе роста и сроках наступления полового созревания леща под влиянием нового антропогенного фактора – деятельности садковых рыбоводных хозяйств на примере Десногорского водохранилища (водоема-охладителя Смоленской АЭС).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор ихтиологического материала в Десногорском водохранилище в рамках исследований ФГБНУ «ВНИРО» осуществляли ставными (шаг ячеи 30–70 мм) сетями по разработанной для данного водоема сетке станций ихтиологического мониторинга (рис.). Дополнительно лещ для биоанализа отбирался из уловов крупноячейных сетей (шаг ячеи 80–130 мм), используемых для отлова толстолобика, а также в 2010 г. из уловов закидного невода бригады промышленного лова рыбхоза Смоленской АЭС (Материалы..., 2017).

Для оценки эффективности воспроизводства леща на отдельных станциях проводили притонения мальковым неводом (длина 5 м, шаг ячеи в крыльях и мотне 6 мм).

Определение возраста и полный биологический анализ 1017 экз. леща проводили по общепринятой методике. У всех рыб измеряли промысловую длину и массу тела, определяли пол, стадию зрелости половых продуктов, возраст определяли по чешуе (Правдин, 1966).

Сравнение темпа роста и полового созревания леща Десногорского водохранилища в настоящее время проводили с данными предыдущих исследований на этом

водоеме (Отчет о НИР..., 2001) и данными, полученными на других водоемах-охладителях (Мосияш, Саппо, 1989; Быков, и др., 2014), а также водохранилищах Смоленской области с естественным температурным режимом (Отчет о НИР..., 2000; Материалы..., 2017).

Вскрытие рыб и фиксацию паразитов выполняли по общепринятым методикам (Быховская-Павловская, 1985). Для идентификации паразитов использовали определители паразитов пресноводных рыб (Определитель... 1985, 1987). Количество обследованных рыб составляло всего 261 экз. Параметры инвазии оценивали по следующим показателям: экстенсивность инвазии (ЭИ, %) или встречаемость паразитов – процент хозяев, зараженных конкретным видом паразита, интенсивность инвазии (ИИ, экз./особь) – среднеарифметический показатель числа паразитов в одной зараженной особи хозяина и индекс обилия (ИО, экз./особь) – средняя численность определенного вида или группы паразитов у всех особей хозяина, включая незараженных.

Нормальность распределения значений длины рыб по возрастным группам оценивали с использованием критерия Шапиро-Уилка (Shapiro, Wilk, 1965). Сравнение средней длины тела для рыб в схожих возрастных группах из разных районов водохранилища и в разный временной интервал, проведена с использованием t-критерия (t-test) для двух независимых выборок. Статистическая значимость различий оценивалась на уровне $\alpha \leq 0,05$. Все расчеты проведены в программе Statistica 10.

Информация об объемах промышленного вылова леща в Десногорском водохранилище за 2014–2024 гг. приведена по данным ежегодной отчетности Московско-Окского территориального управления Росрыболовства. Статистическую обработку данных осуществляли биостатистическими методами с использованием программного пакета Microsoft Excel 10.

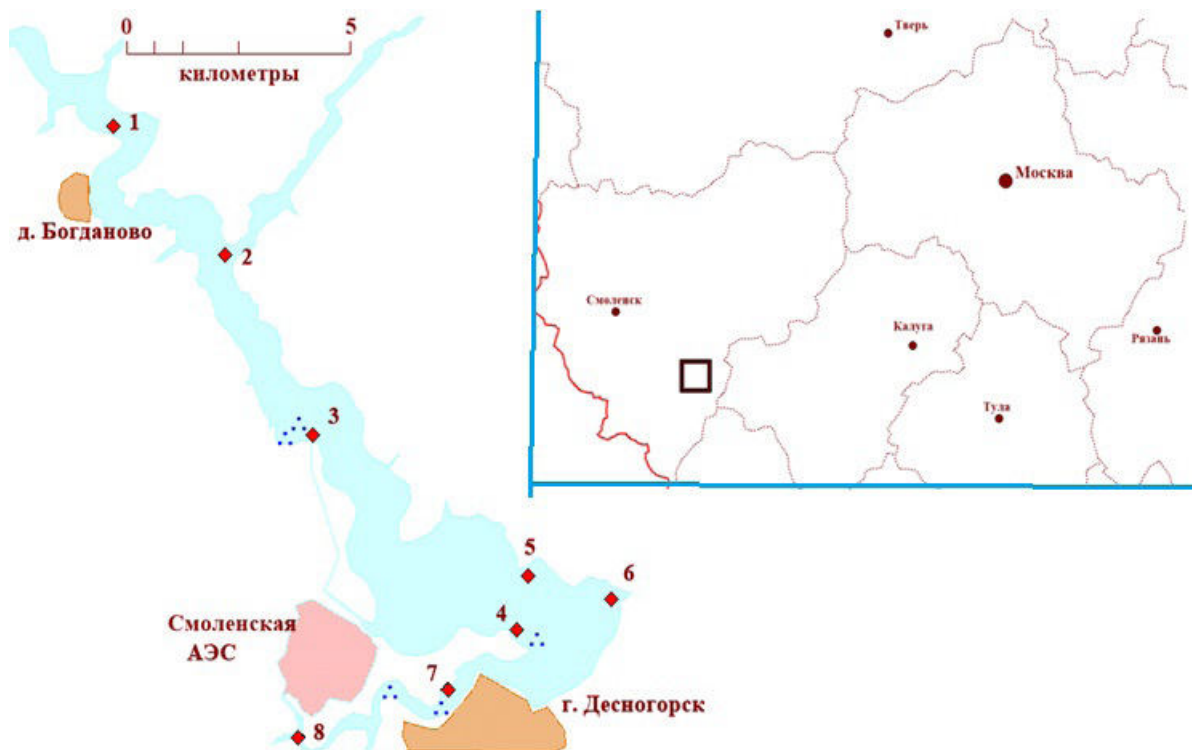


Рис. Карта-схема расположения учетных станций ихтиологического мониторинга на Десногорском водохранилище (точками показано расположение садковых рыбоводных хозяйств).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Лещ распространен по всему Десногорскому водохранилищу, однако его сезонное распределение по акватории неравномерно. В летний период, лещ, как и большинство видов рыб, избегает участков сброса теплых вод АЭС (преимущественно залив по р. Сельчанка) при повышении температуры воды выше 28°C . Половозрелый лещ в период нагула в водохранилище придерживается profundальной зоны водоема обычно до глубин 10 м. Неполовозрелые особи леща обитают преимущественно в sublittoralной зоне верхней части водоема-охладителя.

Из восьми учетных станций, где регулярно (с 2012 г.) выставлялись сетные порядки, наиболее часто лещ присутствовал в уловах выше зоны циркуляционного течения сбросных вод Смоленской АЭС (ст. №1 – выше д. Богданово), где попадались преимущественно неполовозрелые рыбы младших возрастных групп. Половозрелый лещ наи-

более часто попадался в нижней части водохранилища. Так, наибольшие концентрации крупного (массой более 1 кг) нагульного леща в летне-осенний период наблюдались только в районе садковых линий р/х Смоленской АЭС в 2010 г. (Быков и др., 2014, однако после ликвидации рыбхоза в 2011 г. в этом районе (ст. №7), лещ в последующий период наблюдений в сетях не попадался совсем. При этом, появление его в уловах в районе расположения садковых линий ООО «Редфиш» (ст. №3) весной и осенью 2025 г., вероятно, объясняется расположением в 70–100 м от сетных порядков садковых линий ООО «Редфиш», где концентрируется разная рыба, в том числе и лещ (табл. 1).

Наиболее высокая доля леща в учетных орудиях лова наблюдалась только в неводных уловах летом и осенью 2010 г. в районе садковых линий р/х Смоленской АЭС. Относительно многочислен лещ был только в крупнейшей сетях (шаг ячеей 50–80 мм), как, например, осенью 2007 г. из-за их селективно-

Таблица 1. Встречаемость леща и средние уловы на порядок стандартных сетей (шаг ячеи 30–50 мм) в сутки на разных участках Десногорского водохранилища за период наблюдений

Месяц, год	Единицы измерений	Названия и номера учетных станций							
		1	2	3	5	6	6	7	8
		Выше дер. Богданово	Устье р. Соложа	Трояновский сброс	Район очистных сооружений	Район «Белые горы»	Профилакторий	Район рыбхоза АЭС	Район сброса по р. Сельчанка
Май, 2012 г.	N/B, %	–	–	0,8/3,4	0,5/4,1	–	–	–	–
	экз/кг	–	–	0,2/0,1	0,3/0,1	–	–	–	–
Ноябрь, 2012 г.	N/B, %	–	5,1/3,5	–	20,4/29,3	–	–	–	0,4/0,4
	экз/кг	–	3,3/0,3	–	1/0,2	–	–	–	0,2/0,02
Ноябрь, 2015 г.	N/B, %	14,8/9,4	–	–	–	–	–	–	–
	экз/кг	4,7/0,4	–	–	–	–	–	–	–
Апрель, 2017 г.	N/B, %	3,4/2,9	–	–	2,1/3,2	–	1,4/1,4	–	–
	экз/кг	1,6/0,2	–	–	0,6/0,1	–	0,9/0,2	–	–
Апрель, 2018 г.	N/B, %	6,3/4,5	–	–	–	–	–	–	–
	экз/кг	2,5/0,2	–	–	–	–	–	–	–
Апрель, 2025 г.	N/B, %	–	–	8,3/8,7	–	–	–	–	–
	экз/кг	–	–	2,4/0,5	–	–	–	–	–
Июнь, 2025 г.	N/B, %	–	1,6/1,5	–	15,9/27,4	–	–	–	6,1/17,5
	экз/кг	–	0,3/0,1	–	6,6/2,1	–	–	–	1,9/0,9
Октябрь, 2025 г.	N/B, %	1,9/5,9	–	1,7/8,9	–	–	1,6/2,2	–	–
	экз/кг	0,8/0,4	–	1,2/1	–	–	1,3/0,4	–	–

Примечание: N/B, % – доля в уловах по численности и по массе; экз/сеть – стандартизированный улов леща в экз. и кг на 1 сеть в сутки.

сти и отсутствия или низкой встречаемости в них густеры и плотвы – самых массовых видов в сетных уловах. В уловах мелкочейных сетей (шаг ячеи 30–50 мм), доля леща за весь период наблюдений была низкой как по численности, так и по массе, а также и по показателям средних уловов на усилие. Средние показатели длины, массы и возраста леща в сетных уловах обычно возрастали, когда в сети с шагом ячеи 60–70 мм попадались отдельные крупные рыбы (табл. 2).

Возрастной состав выборки леща в разные годы наблюдений в зависимости от их объема был представлен рыбами от 1+ до 8+. Наибольшее число возрастных групп леща было зафиксировано в неводных уловах за 2010 г. (табл. 3).

Средние показатели длины и массы леща в возрастных группах 2+–5+ за период наблюдений имеют устойчивую тенденцию к увеличению этих значений, особенно при сравнении этих показателей за максимально боль-

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ЛЕЩА

Таблица 2. Доля в уловах, средние уловы, средние размеры и возраст леща Десногорского водохранилища за 2007–2025 гг.

Год, месяц	Доля в уловах за съемку, %		Средний улов на сеть		Средние показатели леща в уловах		
	N	B	экз.	кг	Длина, см	Масса, г	Возраст, г
2007, ноябрь ¹	51	14,3	2,5	1,0	26,4	400	5,2
2009, апрель	2	1,2	0,1	0,2	19	215	2,9
2010 июнь ²	35,5	41,5	53	26,5	28	500	5,2
2010, октябрь ²	7,8	13,8	52	9,31	21	180	4,0
2011, март	4,5	2,1	0,05	0,02	25,1	341	4,1
2012, май	0,4	2,5	0,17	0,08	31	707	5,3
2012, ноябрь	4,3	5,5	0,76	0,09	18,4	270	3,0
2013, декабрь	0,4	0,5	0,03	0,002	26	533	3,0
2015, ноябрь	3,7	2,3	1,2	0,1	25,6	603	4,4
2017, апрель	1,4	1,5	0,6	0,1	18,2	150	2
2018, апрель	1,0	0,7	0,42	0,03	15	155	2
2025, апрель	1,0	1,1	0,3	0,1	21,6	299	4,5
2025, июнь	5,9	11,6	2,2	0,8	21,6	270	4,1
2025, октябрь	0,6	2,1	0,4	0,2	33,4	786	4,8

Примечание: N – доля в уловах по численности; B – доля в уловах по массе; ¹ – только в уловах сетей 50–80 мм; ² – состав неводных уловов.

Таблица 3. Возрастной состав выборок, средняя длина и масса леща Десногорского водохранилища по возрастным группам

Возраст, лет	Год									
	1995*	2007	2009	2010	2011	2012	2013	2015	2017	2025
Возрастной состав выборок, %										
1+	–	–	22	7,5	–	–	–	–	25	–
2+	–	10	22	16,8	–	31	33,3	14	50	8,9
3+	–	17	33	28	30	31	–	43	25	24,8
4+	–	22	–	28	48	8	33,3	–	–	38,2
5+	–	41	11	9,3	19	15	–	14	–	15,9
6+	–	–	11	7,5	4	–	33,3	–	–	7,6
7+	–	10	–	1,9	–	15	–	14	–	4,5
8+	–	–	–	0,9	–	–	–	14	–	–
Длина, см										
1+	–	–	–	10,9	–	–	–	–	14	–

Таблица 3. Окончание

Возраст, лет	Год									
	1995*	2007	2009	2010	2011	2012	2013	2015	2017	2025
2+	13,2	19	14,7	17,9		14,6	14	16	18,5	19,9
3+	18,8	21,6	17,3	21,3	22	19,4	–	16,7	22	22,7
4+	22,8	22,6		23,2	23,5	28	27	–	–	28,9
5+	27,1	26,7	30	29,8	27,2	28,8	–	33	–	35,9
6+	29,7	–	31	33,5	–	–	37	–	–	33,8
7+	34	33	–	37,5	–	35	–	39,5	–	37,2
8+	–	–	–	42	–	–	–	40,5	–	
Масса, г										
1+	–	–	–	34	–	–	–	–	58	–
2+	55	155	67	139		66	70	80	147	174
3+	153	213	111	216	236	168,5	–	96	250	286
4+	278	267	–	283	302	492	394		–	543
5+	454	399	650	618	467	546	–	826	–	788
6+	686	–	700	951	738	–	1134		–	799
7+	1050	792	–	1422		1367	–	1300	–	1156
8+	–	–	–	1748		–	–	1726	–	–
n	25	23	9	107	27	13	3	7	4	43

Примечание: * по данным ГосНИОРХ (Отчет о НИР..., 2000).

шой временной интервал – в 1995 и 2025 гг. (табл. 3).

Это позволяет выдвинуть предположение, что ускорение темпа роста леща в рассматриваемом водохранилище произошло при улучшении условий нагула рыб-бентофагов, не столько из-за роста продуктивности кормовой базы, сколько из-за появления дополнительного источника питания – остатков комбикормов и фекалий рыб, выращиваемых в садковых рыбоводных хозяйствах, количество которых и площадь, занимаемая которыми за последние годы на данном водоеме существенно увеличилась.

Наблюдения за распределением и ростом рыб в водоемах, где расположены садковые рыбоводные хозяйства, показали, что наиболь-

шие концентрации рыб были зафиксированы под садковыми линиями. При проведении полного биологического анализа рыб пойманных в районах расположения таких хозяйств установлено, что большинство рыб переходят на питание выпадающими из садков гранулами комбикорма и их рост, относительно рыб, обитающих на других участках акватории при этом увеличивается (Рыжков, и др., 2014; Онищенко и др., 2017). Сравнение роста леща Десногорского водохранилища, пойманного неводом под садковыми линиями рыбхоза Смоленской АЭС в 2010 г. и пойманного сетями в другой части акватории данного водоема в смежные годы, показало, что достоверные различия средних показателей длины рыб наблюдались только в отдельных возрастных группах (2+), что

Таблица 4. Сравнение показателей линейного роста леща Десногорского водохранилища, пойманного на разных участках его акватории

Возраст, лет	Под садками		В других участках		t-критерий	P-уровень значимости
	В среднем	Пределы	В среднем	Пределы		
	2010		2009–2017			
1+	12,1 (13)	8–14,5	14,3 (7)	13,5–15	2,7	0,01
2+	19,3 (14)	17–22	16,7 (13)	14–20	4,2	0,0003
3+	21,4 (37)	19–25,5	21,6 (12)	17,5–25	0,3	0,73
4+	23,9 (23)	20,5–29	23,8 (14)	21,5–27	0,2	0,87
5+	30,2 (9)	26–34	28,5 (10)	25,5–33	1,5	0,15
6+	31,8 (5)	31–32,7	33,7 (3)	31–37	1,4	0,25
n	101		59			

Таблица 5. Сравнение показателей линейного роста леща Десногорского водохранилища за разный период наблюдений

Возраст, лет	2011–2017 гг.		2025 г.		t-критерий	P-уровень значимости
	В среднем	Пределы	В среднем	Пределы		
2+	14,6 (13)	14–17	18,4 (7)	15–26	-1,56	0,13
3+	21,1 (12)	17–25	21,1 (13)	18–26	0,55	0,58
4+	25,8 (14)	21–27	26,9 (15)	23–33	-3,59	0,001
5+	28,5 (10)	25,5–30	35,8 (5)	34,3–38	-6,60	0,00001
n	49		40			

вероятно объяснялось кормовыми сезонными миграциями рыб по водоему (табл. 4).

При этом, сравнивая линейный рост леща в 2011–2017 гг., и в настоящее время (2025 г.) можно отметить что, он сейчас растет в среднем быстрее, чем в десятые годы XXI в., что вероятно связано не с ростом продукции бентосного сообщества в данном водоеме, как основного источника кормовой базы рыб бентофагов в водохранилище (табл. 5), а с появлением дополнительного источника питания на значительно большей, чем ранее, площади акватории водохранилища под садковыми линиями.

В районах расположения садковых рыбодных хозяйств на Онежском озере, ранее было отмечено преобладание в наиболее

«кормных местах» под садками более крупных рыб (окунь и плотва), отгоняющих более мелких рыб от мест выпадения корма из садковой дели (Онищенко и др., 2017). Такой же характер распределения рыб наблюдается и для акваторий тепловодных садковых хозяйств, где на примере леща наблюдается более высокий рост у отдельных средних возрастных групп (табл. 5).

Сравнение весового роста леща из водохранилищ различных по термическому режиму показало, что в среднем лещ растет интенсивней в водоемах-охладителях Курской и Смоленской АЭС и Рязанской ГРЭС. Рост леща в водохранилищах Смоленской области с естественным термическим режимом – Вазузском и Яузском существенно

Таблица 6. Сравнение линейного роста леща из водохранилищ Центральной России различных по термическому режиму

Возраст, лет	Водоёмы-охладители АЭС и ГРЭС						Водоохранилища Смоленской области			
	Десногорское		Курчатовское		Новомичуринское		Вазузское		Яузское	
	1995 ¹	2009-2025	1983 ²	2009-2018	1981-1983 ³	2013-2017 ⁴	1995 ⁴	2008-2011	1995 ⁵	2008-2015
1+		13,7		14,5	8,2		7,1	11		13,1
2+	13,2	17,1		22,8	16,5	19,8	9,9	15,7	8,5	15,3
3+	18,8	21,3	16,5	26,6	23,8	23,5	13,4	19,0	11,6	19,8
4+	22,8	25,3	20,9	29,9	28,5	28,0	16,8	33,3	15,4	24,6
5+	27,1	30,8	24,6	34,8	30,1	30,9	19,8	26,7	18,9	26,7
6+	29,7	33,7	27,1	36		32,2	23,3	29,1	21,3	30,3
7+	34	37,3	31,2			33,5	26,3	32	24,7	30,4
8+		41,3	34			38,5	28,8		27,1	33,1
9+			38,3			39,5	31,2		29,4	
10+			41,1			40,5	33,3		31,8	
11+			46				34,8		33,2	
n	25	213	905	51		114		67		296

Примечание: ¹ – Отчет о НИР..., 2000; ² – Мосияш, Саппо, 1989; ³ – Никоноров, и др., 1985; ⁴ – Быков, и др., 2015; ⁵ – Отчет о НИР..., 2000.

ниже из-за более короткого периода нагула и более низкой интенсивности питания по сравнению с водоемами-охладителями.

В группе водоемов-охладителей энергетических объектов наиболее высокими показателями температуры воды на всей акватории характеризуется Курчатовское водохранилище, что способствует круглогодичному нагулу леща и его наиболее высокому темпу роста из всех водоемов рассматриваемой группы. В Десногорском водохранилище сходный термический режим наблюдается в средней и нижней частях акватории, что также способствует круглогодичному нагулу леща. У рыб в среднем (с возраста 6+) и более старших по возрасту рыб из водоема-охладителя Смоленской АЭС наблюдается тенденция к опережению роста леща из водоема-охладителя Курской АЭС. Возможно, это также свя-

зано с нагулом более крупных рыб под садковыми линиями рыбоводных хозяйств (табл. 6).

Самки леща Десногорского водохранилища начинают созревать в возрасте 5+, самцы – 4+. Массовое созревание самок происходит в возрасте 6+, а самцов, в возрасте 5+. В Новомичуринском водохранилище возраст наступления половой зрелости сходен с таковыми у рыб из водоема-охладителя Смоленской АЭС. Наступление половозрелости у самок и самцов из популяции леща Курчатовского водохранилища происходит на год раньше, чем в других водоемах-охладителях ГРЭС и АЭС Центральной России из-за наибольшей суммы температур воды в этом водоеме. В водохранилищах Смоленской области с естественным термическим режимом (Вазузском) массовое созревание леща происходит на год позднее, чем в Десногорском, а в более

глубоком и холодном Яузском – на два года позднее (Материалы..., 2017).

Основные нерестилища леща в Десногорском водохранилище расположены преимущественно в верхней его части на участках с естественным температурным режимом. Наибольшая встречаемость леща младших возрастных групп в сетных уловах наблюдалась также на самой верхней станции (ст. №1) у д. Богданово.

В нижней части водохранилища (в зоне циркуляционного течения сбросных вод Смоленской АЭС), несмотря на увеличение площади зарастаемости макрофитами литоральной зоны (следствие снижения численности белого амура в последние годы), заметного роста численности пополнения популяции леща не наблюдается.

Обловы мальковым неводом в нижней части водохранилища за весь период наблюдений показали отсутствие в уловах молоди леща на всех учетных станциях. Вероятно, что нагул молоди леща в Десногорском водохранилище, как и в других водоемах такого типа Центрального региона России происходит преимущественно на больших ($\geq 1,5$ м) глубинах, по сравнению с теми, где происходит облов мальковыми неводами и установить эффективность его воспроизводства довольно сложно. Однако и в уловах сетей с шагом ячеи 16–27 мм его доля по численности в рассматриваемом водоеме довольно низкая (Материалы..., 2017).

Возможной причиной невысокой численности леща в Десногорском водохранилище является массовая заболеваемость его цестодами, оказывающими негативное влияние на репродуктивную биологию данного вида рыб. Так, в Горьковском водохранилище высокая годовая смертность леща, пораженного лигулезом наблюдается ежегодно в старших возрастных группах (до 50%) (Новак, Новак, 2013).

Результаты паразитологического анализа рыб из водоема-охладителя Смоленской АЭС за ряд лет показали высокую зараженность

именно леща плероцеркоидами цестод – *Ligula intestinalis* и *Digamma interrupta*. Соотношение этих паразитов в леще составляло в разные годы 55–65% по диграмму и 35–37% по лигулезу (Отчет о НИР..., 2015).

Результаты ихтиопатологических исследований на Десногорском водохранилище в 2025 г. показали, что, у леща было выявлено четыре вида паразитов, относящихся к трем систематическим группам: Cestoda – 2, Trematoda – 1, Chromadorea – 1 (табл. 7).

Экстенсивность заражения леща плероцеркоидами ремнецов, например, в 2025 г. составила 32,5%, интенсивность инвазии 0,7 экз./рыбу, при индексе обилия 0,6 экз./рыбу. В полости тела лещей находилось от 1 до 6 экз. ремнецов. Достигая там больших размеров, плероцеркоиды сдавливают внутренние органы рыб, нарушают их функции, особенно печени, плавательного пузыря и половых желез (табл. 7).

Расчет показателей гонадо-соматического индекса у производителей леща, зараженного паразитами показал более низкие средние значения ГСИ в III стадии зрелости гонад у самок (0,63) и самцов (0,51) сходных размеров, по сравнению с рыбами из речных популяций (р. Ока) на этом же этапе созревания, однако не имеющих признаков заболеваний цестодами (Быков, 2024).

Так как основными объектами промысла на данном водоеме являются толстолобик, судак и щука, то лещ идет «добавочной» рыбой к уловам вышеперечисленных объектов. Специализированного лова и сезона промысла леща на данном водоеме не существует.

Доля леща в общем объеме промышленного вылова в Десногорском водохранилище с 2017 по 2024 гг. составляла в среднем 15,9%, с колебаниями от 11,3 до 22,7%. Количественные показатели вылова леща за этот период изменялись от 1,6 до 5,5 т, в среднем составляя около 3 т (табл. 8).

В любительских уловах лещ встречается преимущественно в зимний период в верхней

Таблица 7. Характеристика зараженности леща в Десногорском водохранилище

Вид паразита	Показатели численности		
	ЭИ, %	ИИ, экз. mean±SE (Min-max)	ИО, экз. mean±SE
Cestoda			
<i>Ligula intestinalis</i> (Linnaeus, 1758) Gmelin, 1790	36	1,75±0,47 (1 - 3)	0,64±0,31
<i>Digramma interrupta</i> Rudolphi, 1810	55	11,0±2,31 (5 - 21)	6,0±2,11
Trematoda			
<i>Posthodiplostomum cuticola</i> (von Nordmann, 1832) Dubois, 1936	9	18,0	1,64
Chromadorea			
<i>Raphidascaris acus</i> (Bloch, 1779) Railliet & Henry, 1915	36	16,0±3,84 (8 - 34)	8,73±3,22

Таблица 8. Динамика промышленного вылова леща и его доля в уловах от общего вылова на Десногорском водохранилище

Год	Вылов, т	Доля от общего вылова, %
2015	4,49	21,8
2016	1,8	33,6
2017	1,74	22,7
2018	2,15	17,1
2019	2,16	14,7
2020	3,17	16,9
2021	2,07	14,6
2022	1,63	13,1
2023	3,69	11,3
2024	5,5	16,8

части Десногорского водохранилища (больше всего в районе д. Богданово), когда рыболовы-любители ловят его со льда. В период открытой воды его ловят на поплавочные удочки и круглогодично в нижней части водоема-охладителя (в основном у г. Десногорска), однако лещ не пользуется популярностью у любителей, по причине относительно невысокой численности и массовой пораженности паразитарными заболеваниями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лещ является аборигенным представителем ихтиофауны Десногорского водохранилища и распространен неравномерно по его акватории. Верхняя часть водохранилища с естественным термическим режимом и высокой зарастаемостью макрофитами характеризуется как акватория воспроизводства и нагула преимущественно младших возрастных групп леща. Нижняя часть водохранилища, расположенная в зоне циркуляционного течения теплых сбросных вод, эксплуатируемая в режиме водоема-охладителя Смоленской АЭС, является местом круглогодичного нагула средних и старших возрастных групп леща. Повышенный температурный режим способствует более раннему созреванию и высокому темпу роста леща по сравнению с другими водохранилищами Смоленской области. Источником дополнительного питания для леща в последние годы является акватория водохранилища под садками нескольких рыбоводных хозяйств. Негативное влияние на процесс полового созревания оказывает массовое поражение леща паразитическими заболеваниями, прежде всего цестодозами.

Состояние популяции леща в Десногорском водохранилище за период наблюдений оценивается нами по динамике размерно-

возрастных показателей и средних уловов на усилии как стабильное, но зафиксированное на низком по встречаемости уровне.

Лещ Десногорского водохранилища является второстепенным объектом промышленного и любительского рыболовства из-за относительной его немногочисленности и высокой степени зараженности паразитами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авинский В.А., Печников А.С., Филиппов А.А. О рациональном рыбохозяйственном использовании водоемов-охладителей (на примере Черепетского водохранилища) // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1990. Вып. 309. С. 112–118.

Барышев А.А., Болдаков А.М. Поведение различных видов рыб при термовоздействии на гидроэкосистему водотоков // Вестник Костромского ГУ им. Н.А. Некрасова. Кострома, КГУ. 2002. №3. С. 39–45.

Быков А.Д., Меньшиков С.И., Митенков Ю.А., Соловьев И.Н. Особенности обитания и сезонного распределения рыб в зоне циркуляционного течения водоема охладителя Смоленской АЭС // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2014. № 4. С. 31–39.

Быков А.Д., Митенков Ю.А., Меньшиков С.И., Соловьев И.Н. Особенности формирования и состав рыбного населения водоема-охладителя Рязанской ГРЭС // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2015. № 8. С. 11–21.

Быков А.Д. Лещ в реках бассейна Оки // Вопр. рыболовства. 2024. Т. 25. № 1. С. 67–82.

Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб: руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 120 с.

Карлов В.И., Крепис О.И. Перестройка ихтиофауны, распределение и структура популяций промыслово-ценных видов рыб // В кн.: Биопродукционные процессы в водохранилищах-охладителях ТЭС. Кишинев: Изд-во «Штиинца». 1988. С. 165–180.

Лапенков А.Е., Зуев Ю.А., Поздняков Ш.Р. Опыт оценки влияния форелевых хозяйств на пресноводные экосистемы по системе МОМ на примере акваторий Валаамского архипелага //

Российский журнал прикладной экологии. 2024. № 4 (40). С. 50–61.

Материалы, обосновывающие объемы возможного вылова водных биоресурсов во внутренних водах Российской Федерации за исключением внутренних морских вод Российской Федерации на 2018 год. Том IV (в 2-х книгах) Волжско-Каспийский рыбохозяйственный бассейн. Кн. 1. Северный рыбохозяйственный район Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна // Фонды ФГБНУ «ВНИРО». Москва, 2017. 330 с.

Мосияш С.С., Сиппо Г.Б. Биологические показатели и численность промысловых видов рыб водоема-охладителя Курской АЭС // Сб. научн. тр. ГосНИОРХ. 1989. Вып. 227. С. 80–88.

Никоноров Ю.И., Чумаков В.К., Ермолин В.П., Таиров Р.Г. Ихтиофауна, состояние рыбных запасов и перспективы рыбохозяйственного использования водоемов-охладителей // Сб. научных трудов ГосНИОРХ. 1985. Вып. 227. С. 3–35.

Новак А.И., Новак М.Д. Изменение размерно-возрастных характеристик популяций леща в результате интенсивной инвазии *Ligula intestinalis* // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. № 6–1. С. 3049–3052.

Онищенко И.Н., Онищенко Н.А., Шустов Ю.А. и др. Особенности распределения, питания и роста озерных рыб в зоне форелевых хозяйств (Республика Карелия) // Вода: химия и экология. 2017. № 4 (106). С. 86–92.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические многоклеточные / Под ред. О.Н. Бауера. Л.: Наука, 1985. Ч. 1. Т. 2. 425 с.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические многоклеточные / Под ред. О.Н. Бауера. Л.: Наука, 1987. Ч. 2. Т. 3. 583 с.

Отчет о НИР: «Рыбоводно-биологическое обоснование по рыбохозяйственному использованию КРХ Гагаринского района (Вазузское и Яузское водохранилище)» // Фонды Верхне-

Волжского отделения ГосНИОРХ. г. Конаково, 2000. 16 с.

Отчет о НИР: «Биологическое обоснование на зарыбление водоема-охладителя Смоленской атомной электростанции растительно-ядными рыбами и карпом» // Фонды Верхне-Волжского отделения ГосНИОРХ. г. Конаково, 2001. 9 с.

Отчет о НИР по теме: «Эколого-эпизоотическое обследование Десногорского водохранилища весной 2015 г., выяснение причин гибели рыб в водоеме» // Фонды ФГБНУ «ВНИРО», 2015. 22 с.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб М.: Пищевая промышленность. 1966. 375 с.

Рыжков Л.П., Онищенко И.Н., Онищенко Н.А., Шустов Ю.А. Особенности распределения аборигенных озерных рыб в зоне влияния форелевой фермы // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2014. № 2 (139). С. 23–29.

Shapiro S.S., Wilk M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples) Get access Arrow // Biometrika, 1965. V. 52. P. 591–611.

BIOLOGY OF COMMERCIAL HYDROBIONTS

FEATURES OF BREAM BIOLOGY IN THE COOLING RESERVOIR OF THE SMOLENSK NPP

© 2026 y. A.D. Bykov, S.Y. Brazhnik, V.S. Borkichev, M.P. Plaksina

*State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO»
Russia, Moscow, 105187*

Bream is a common but few representative of the ichthyofauna of the Desnogorsk reservoir. Its share in catches of fishing nets with mesh pitch from 30 to 70 mm during the period of accounting surveys in 2011–2025 ranged from 0,4 to 6% in number. Bream, in conditions of different temperature conditions in different parts of the cooling reservoir of the Smolensk NPP, is unevenly distributed over the reservoir area. The upper part of the reservoir serves as a breeding area for bream, and the lower part serves as a place for round-the-clock feeding due to the elevated temperature regime of the warm discharge waters of the Smolensk NPP. The results of a complete biological analysis of bream samples from this reservoir show that in recent years there has been a more intensive growth of bream than 15 years ago, probably due not so much to an increase in productivity of benthic communities as to the activity of cage fish farms, in areas where an additional source of feed resources appears in the form of falling pellets of feed and feces of commercial fish. Despite the earlier puberty of bream in the cooling reservoir of the Smolensk NPP in comparison with other reservoirs of the Smolensk region, the increase in the growth of its population is hindered by the high incidence of ligulosis and digrammosis. For the same reason, bream is a secondary object of industrial and amateur fishing in the Desnogorsk reservoir.

Keywords: bream, *Abramis brama*, Desnogorsk reservoir, cooling reservoir of the Smolensk NPP, cage fish farms.

**ПОТРЕБЛЕНИЕ ГИДРОБИОНТОВ МОЙВОЙ
MALLOTUS VILLOSUS CATERVARIUS (OSMERIDAE)
В ЭПИПЕЛАГИАЛИ БЕРИНГОВА МОРЯ**

© 2026 г. К.М. Горбатенко¹ (spin: 9081-3762),
И.В. Мельников¹ (spin: 8515-8383), А.Ю. Шейбак² (spin: 3301-0064)

1 – Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»
(ТИНРО), Владивосток, 690091

2 – ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187
E.mail: sheibak@vniro.ru

Поступила в редакцию 20.03.2026 г.

Проведена оценка потребления гидробионтов мойвой в Беринговом море в период с 1986 по 2020 гг. Выявлено, что наиболее активно она питается в летний период. При этом пищевой спектр ее молоди схож с таковым у взрослых особей. В разные сезоны в пищевом рационе мойвы отмечено преобладание различных групп зоопланктона – осенью и зимой – эвфаузииды, а весной и летом – копеподы. В меньшей степени в питании мойвы отмечены гиперииды и сагитты, наибольшая доля которых наблюдалась в зимний период. Суммарно за год в эпипелагиали Берингова моря мойва выедала 22,3 млн т кормовых объектов. На обеспечение годового рациона мойвы уходило всего 2,9% валового запаса и 0,9% продукции зоопланктона. В период максимального запаса мойвы, наблюдавшегося в 1980-е годы, на обеспечение ее годового рациона уходило 4,5% валового запаса и 2,1% продукции зоопланктона.

Ключевые слова: Берингово море, эпипелагиаль, мойва, накормленность, пищевой рацион, зоопланктон, эвфаузииды, копеподы, гиперииды.

ВВЕДЕНИЕ

Берингово море является одним из важных промысловых районов северо-западной части Тихого океана. Основу вылова морских рыб в российских водах Берингова моря составляют представители семейств тресковых Gadidae, сельдевых Clupeidae и камбаловых Pleuronectidae (Булатов, 2025; Датский, 2025; Датский, Антонов, 2025; Смирнов и др., 2025). Биомасса промыслового запаса семейства корюшковых Osmeridae в западной части Берингова моря в период с 1997 по 2022 гг. составляла в среднем 52,8 тыс. т, или 1,1% от сырьевой базы морских рыб российских вод этой промысловой зоны (Датский, 2025), из которых на мойву приходилось 0,9% или 44,7 тыс. т. При этом во всём Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне за счет резких колебаний запасов мойвы и низкой

стоимости продукции из нее, отсутствует организация стабильного промысла (Новикова, Наумова, 2017). Также мойва относится к важным компонентам ихтиоцены дальневосточных морей и входит в рацион питания массовых видов рыб (Шунтов, 2000; Савин, 2001; Дулепова и др., 2004; Новикова, 2012; Carscadden et al., 2001).

Многолетние исследования в Беринговом море позволили определить роль нектона и его отдельных видов в трофической структуре пелагических сообществ и оценить их пищевую обеспеченность (Чучукало, 2006; Шунтов, 2016). Основу численности и биомассы нектона в эпипелагиали большинства районов Берингова моря составляют минтай, мойва, сельдь, тихоокеанские лососи, дальневосточная серебрянка, а также кальмары (Шунтов, 2016; Датский, 2025). Как и

в других дальневосточных морях, в Беринговом море биомасса и соотношение массовых видов биологических ресурсов в разные периоды лет значительно изменялись. Так в 1984–1990 гг. рыбопродуктивность дальневосточных морей, в том числе и Берингова моря, была наиболее высокой (Шунтов, 2009; Макрофауна пелагиали ..., 2012, Gorbatenko et al., 2022). В более поздние периоды численность рыб снижалась, а кальмаров и медуз увеличивалась.

Цель данной работы – анализ сезонной динамики питания и годового потребления кормовых объектов мойвой в эпипелагиали Берингова моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал по питанию мойвы собран при выполнении ТИНРО комплексных съемок в 1986–2020 гг., целью которых являлось изучение состояния биоты в пелагиали Берингова моря (Горбатенко и др., 2024).

Питание мойвы изучалось при отборе ее желудков от 20–25 особей каждой размерной группы (длина по Смитту – *FL*) из резуль- тативных тралений. Обработку желудков выполняли количественно-весовым методом, без предварительной фиксации формалином. Также определяли массу каждого пищевого компонента, степень переваренности по четырем стадиям, значимость массовых видов (% общей массы пищи, общие и частные индексы наполнения желудков) (Чучукало, Волков, 1986; Волков, 2008а). Анализ питания мойвы рассматривали отдельно по сезонам: зима (декабрь–март), весна (апрель – 15 июня), лето (16 июня – 15 сентября) и осень (16 сентября – ноябрь) (Волков, 2008б).

Биомасса мойвы в западной части Берингова моря за 1986–2009 гг. взята из монографии Шунтова с соавторами (Шунтов и др., 2012), биомасса за 2010–2020 гг. рассчитана по данным траловых съемок ТИНРО. Расчет запаса проводили площадным методом с применением коэффициента уловистости 0,1

для особей всех размерных групп (Атлас ..., 2003). Значения биомассы мойвы в восточной части Берингова моря за 1986–2020 гг. взяты из отчетов по оценке состояния его запасов, проводимой Национальным управлением океанических и атмосферных исследований США (Jennifer, 2005; Ferriss, Zador, 2022). Всего было обработано 2581 желудков из 164 проб.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 1980-е годы ТИНРО проводил траловые съемки в Беринговом море, результаты которых отражали состояние пелагических сообществ водных биологических ресурсов в слое от 0 до 200 м. В связи с развитием мониторинга морского периода жизни тихоокеанских лососей, начиная с 1990-х гг., исследования проводятся только в верхней эпипелагиали (0–50 м).

Как известно мойва входит в группу доминирующих видов пелагических рыб эпипелагиали Берингова моря (Шунтов, 2000, 2009; Шунтов и др., 2012). В то же время ее запас подвержен сильным колебаниям различной периодичности (табл. 1). В рассматриваемых частях Берингова моря со второй половины 1980-х гг. наблюдалось снижение плотности скоплений мойвы, соответственно и ее биомассы, практически на порядок. При этом в восточной части моря снижение биомассы носило волнообразный характер, с минимальным показателем в 1991–1995 гг. (152,3 тыс. т) и максимальным – во второй половине 1980-х гг. (1976,3 тыс. т). Невысокие оценки численности и биомассы мойвы в 2000-е гг. свидетельствуют об устойчиво депрессивном состоянии ее популяции.

Среднемноголетние данные по составу пищи мойвы в Беринговом море в различные сезоны представлены в таблице 2. В пище разноразмерной мойвы отмечено 15 таксономических групп гидробионтов, однако наиболее существенную роль в питании играет планктон, а именно, десять видов копепод, четыре вида эвфаузиид, три вида гипериид и

Таблица 1. Средние значения плотности скоплений и биомассы мойвы в эпипелагиали Берингова моря в 1986–2020 гг.

Годы	Район (площадь, тыс. км ²)					
	Западная часть (716,7)		Восточная часть (1351,9)		Все море (2068,6)	
	D	B	D	B	D	B
1986–1990 гг.	1017,4	729,1	1439,6	1946,3	1293,3	2675,4
1991–1995 гг.	974,5	698,4	112,7	152,3	411,3	850,7
1996–2010 гг.	557,7	399,7	532,4	719,8	541,2	1119,5
2011–2020 гг.	110,4	79,1	146,9	198,7	134,3	277,8
1986–2020 гг.	602,5	431,8	589,1	796,5	593,8	1228,3

Примечание: D – плотность, т/км²; B – биомасса, тыс. т.

один вид щетинкочелюстных. Помимо планктона в желудках мойвы найдены представители nekтона – рыбы и пять таксономических групп бентоса, с преобладанием гаммарид.

Молодь мойвы ($FL < 10$ см) имеет большое сходство по пищевому спектру с взрослыми особями ($FL > 10$ см). Основу ее пищи составляют десять видов копепод, четыре вида эвфаузиид и в меньшей степени – три вида гипериид (табл. 2).

В летний период основу пищи молодежи мойвы составляли планктонные организмы (91,9%), среди которых преобладали копеподы (69,6%) и эвфаузииды (20,7%). Также в ее рационе в незначительном количестве отмечены щетинкочелюстные (0,5%) и крылоногие моллюски (1,0%). Помимо планктона в желудках молодежи присутствовали и бентосные организмы (8,1%), в основном представленные мизидами (6,8%). Осенью массовая доля зоопланктона в рационе молодежи незначительно увеличивалась до 97,3%. При этом снижалась доля копепод (46,3%), увеличивались доли эвфаузиид (39,6%) и щетинкочелюстных (4,2%). В пище появлялись гиперииды (4,5%), оболочники (1,5%) и представители меропланктона (1,1%). Однако значение бентосных организмов в питании снижалось до 2,2%. В летний период молодежь мойвы максимально накормлена, индекс наполнения желудков

составлял 151,2‰, суточный рацион – 6,0% массы тела (табл. 2).

На протяжении всего года в питании взрослой мойвы преобладал зоопланктон, массовая доля которого варьировала от 89,4% (лето) до 100,0% (весна) (табл. 2). При этом доминантами в рационе оставались копеподы и эвфаузииды. Наибольшая доля копепод в пище наблюдалась весной – 64,3%, снижаясь от лета к зиме до 10,7%. Наибольшее количество эвфаузиид взрослая мойва потребляла осенью (67,7%) и зимой (63,6%). Весной наблюдалось минимальное потребление (27,7%) этой таксономической группы гидробионтов. Помимо этого, в пищевом комке взрослой мойвы из представителей зоопланктона были заметны своей долей гиперииды – от минимального значения летом (4,0%) до максимального зимой (10,0%). Стоит отметить, что в Беринговом море некоторым видам рыб присущ зимне-весенний тип нереста (преимущественно представителям семейств тресковых и камбаловых), икра этих видов на начальных стадиях развития находится в поверхностных слоях, что приводит к увеличению в питании взрослой мойвы значения ихтиопланктона до 7,8%. Нектон в питании взрослой мойвы играет незначительную роль, его доля увеличивается от зимы (1,0%) к осени (3,2%). Несмотря на то, что мойва

Таблица 2. Состав пищи (% по массе) и другие характеристики питания различных размерных групп мойвы в Беринговом море по сезонам (в среднем 1986–2020 гг.)

Компонент пищи (число видов) и другие показатели	Длина тела по Смитту (<i>FL</i>), см					
	>10	>10	<10	>10	<10	>10
	Зима	Весна	Лето		Осень	
Планктон, в том числе:	94,8	100,0	91,9	89,4	97,3	93,6
Copepoda (10 видов)	10,7	64,3	69,6	34,8	46,3	15,4
Euphausiacea (4 вида)	63,6	27,7	20,7	48,6	39,6	67,7
Hyperiididae (3 вида)	10,0	6,9		4,0	4,5	5,5
Chaetognatha (?)	2,0	1,1	0,5	0,8	4,2	3,9
Ctenophora (?)	0,7					
Tunicata (?)					1,5	0,7
Pteropoda (?)			1,0	0,2		0,2
Меропланктон (?)				0,7	1,1	0,1
Ихтиопланктон (?)	7,8			0,4		0,1
Нектон, в том числе:	1,0			1,9	0,5	3,2
Pisces (?)	1,0			1,9	0,5	3,2
Бентос, в том числе:	4,2		8,1	8,7	2,2	3,2
Gammaridae (?)	4,2			+		0,1
Mysidacea (?)			6,8	8,2	2,2	2,3
Decapoda (?)				0,5		0,8
Mollusca (?)			1,1			+
Polychaeta (?)			0,3			0,1
СР, % массы тела	3,5	5,1	6,0	5,6	5,1	4,9
ИНЖ, ‰	88,5	128,2	151,2	139,8	127,9	122,1
Масса тела, г	14,9	18,0	3,3	15,4	4,9	15,9
<i>FL</i> , см	13,5	14,1	8,5	13,6	8,6	13,7
Количество проб, шт.	12	11	8	36	12	85
Количество желудков, шт.	187	172	147	650	139	1286

Примечание: (?) – число видов не определено, СР – суточный рацион, ИНЖ – индекс наполнения желудка, «+» – массовая доля < 0,1%.

является пелагическим видом, в ее рационе присутствуют гидробионты, относящиеся к зообентосу. Вероятнее всего это связано с его суточными кормовыми миграциями от дна в верхние слои моря и обратно. Так наибольшая доля бентоса встречена в желудках мойвы в

летний период (8,7%), наименьшая – в осенний (3,2%).

Большую часть года взрослой мойве присуща высокая интенсивность питания, суточный рацион весной составлял – 5,1%, летом – 5,6% и осенью – 4,9%. Также наблюдалось уве-

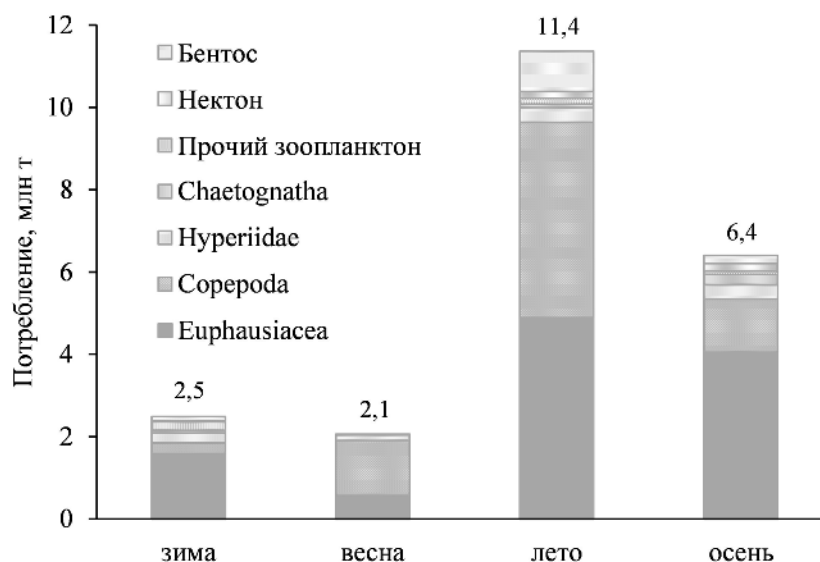


Рис. 1. Сезонное и годовое потребление мойвой доминирующих групп гидробионтов в эпипелагиали Берингова моря по среднемноголетним данным за 1986–2020 гг.

личение суточных рационов от зимы к лету, осенью происходит их снижение. При этом накормленность летом была несколько выше 139,8‰, чем весной – 128,2‰ и осенью – 122,1‰.

Приведенные нами данные по биомассе (табл. 1), составе пищи и среднесуточным рационам (табл. 2) разноразмерной мойвы позволили рассчитать потребление видом кормовых объектов как в разные сезоны, так и в течение года.

В зимний период в верхней эпипелагиали Берингова моря мойва выедала в среднем за год 2,494 млн т пищи, основным компонентом которой являлся зоопланктон – 2,364 млн т (94,8%) (рис. 1). Оставшееся количество потреблённых кормовых объектов составляли нектон и бентос – 0,130 млн т (5,2%).

Несмотря на то, что для планктона весна является началом вегетативного периода, а зоопланктон на ранних стадиях развития более доступен для потребления разноразмерной мойвой, в данный период наблюдалось незначительное снижение потребления пищи до 2,072 млн т. Зоопланктон оставался единственной пищей (100%) для мойвы. При этом в ее питании существенно снижалась массо-

вая доля эвфаузиид (27,7%) и возрастала доля копепод – до 64,3%.

В летний период, при появлении молоди мойвы, существенно увеличивалось общее потребление пищи – до 11,367 млн т. При этом доля зоопланктона в питании разноразмерной мойвы оставалась значительной – 89,9%. Наблюдалось практически равное потребление эвфаузиид и копепод – 4,894 (43,1%) и 4,740 (41,7%) млн т, соответственно. Стоит отметить, что в пище мойвы в летний период появлялись нектонные и бентосные организмы, суммарное выедание которых составляло 1,149 млн т или 10,1% от всех таксономических групп.

Осенью потребление пищи мойвой снижалось практически в два раза, составляя 6,408 млн т. Зоопланктонные организмы продолжали превалировать в ее питании, их суммарная массовая доля составляла 94,1%. Уровень потребления эвфаузиид мойвой несколько снизился и составил 4,061 млн т. Однако в общей массе съеденного мойвой зоопланктона за сезон эвфаузииды составляли наибольшую долю – 63,4%. Продолжилось снижение потребления и копепод, составившее в среднем за сезон 1,293 млн т (20,2%).

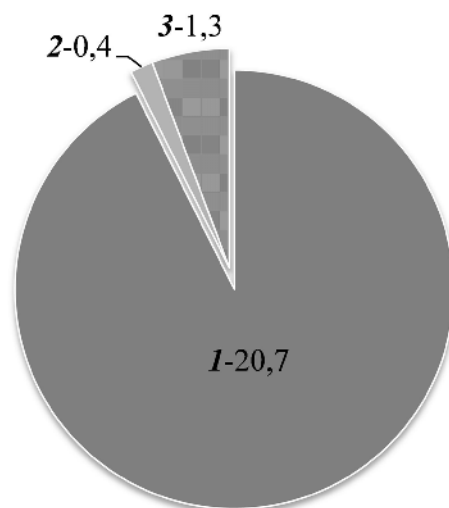


Рис. 2. Годовое потребление (млн т) гидробионтов мойвой в эпипелагиали Берингова моря в среднем за 1986–2020 гг.

Таблица 3. Среднегодовое значения валового запаса (В) и продукции (Р) зоопланктона и доля выедания их мойвой в эпипелагиали Берингова моря в 1986–2020 гг.

Группа	Доля, %						В, млн т	Р, млн т
	В	Р	В	Р	В	Р		
	1986–1990 гг.		2011–2020 гг.		1986–2020 гг.			
Euphausiacea	22,3	10,0	2,4	1,1	10,5	5,2	26,5	212,5
Copepoda	3,2	1,4	0,3	0,1	1,4	0,6	135,0	1378,6
Hyperiididae	6,3	2,1	0,9	0,3	3,9	1,2	7,0	90,9
Chaetognatha	0,3	0,2	0,001	0,03	0,2	0,10	64,4	422,8
Весь зоопланктон	4,5	2,1	0,5	0,2	2,1	0,9	232,9	2104,8

В то же время наблюдался рост потребления прочего зоопланктона, суммарно составивший 0,678 млн т или 10,6%. Общее выедание нектона и бентоса снизилось до 0,376 млн т (5,9%).

Анализ среднегодовых данных по потреблению мойвой кормовых объектов в эпипелагиали Берингова моря за весь рассматриваемый период с 1986 по 2020 гг. показал, что оно в среднем составляло 22,341 млн т/год, доминировал зоопланктон – 20,687 млн т или 92,6% по массе (рис. 2). Наибольшему выеданию подвергались эвфаузииды – 11,117 млн т (49,8%), копеподы – 7,631 млн т (34,2%) и

гиперииды – 1,097 млн т (4,9%). Масса остального зоопланктона, потребленного мойвой, не превышала 1 млн т (3,7%). При этом суммарная биомасса нектона и бентоса составляла 1,654 млн т (7,4%).

Сопоставление усредненных данных по валовому запасу и продукции зоопланктона и его доминирующих групп (Горбатенко, 2021) с потреблением пищевых компонентов различной мойвой за весь период исследований показало, что на обеспечение ее годового рациона уходило 2,1% валового запаса и 0,9% продукции зоопланктона (табл. 3). При этом больше всего мойвой выедалось эвфаузиид и

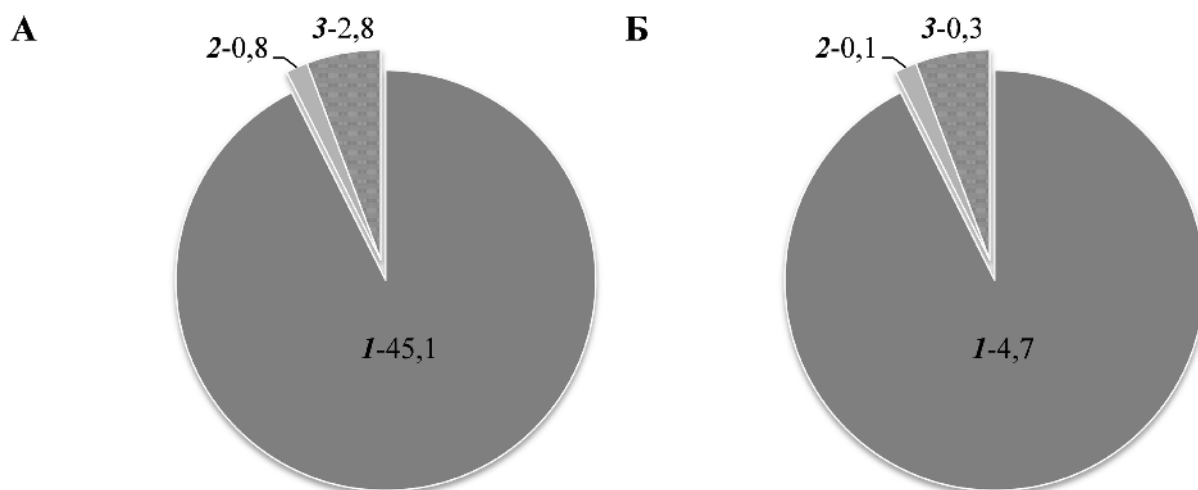


Рис. 3. Годовое потребление (млн т) гидробионтов мойвой в эпипелагиали Берингова моря в среднем за 1986–1990 гг. (А) и 2011–2020 гг. (Б).

гипериид – 10,5 и 3,9% их общего запаса и 5,2 и 1,2% продукции.

Как показали наши исследования, при максимальном запасе мойвы в Беринговом море в 1986–1990 гг. – 2,675 млн т (табл. 1), в год ею потреблялось 48,663 млн т кормовых объектов, среди которых наибольшее количество приходилось на зоопланктон – 45,060 млн т (рис. 3). В то же время на обеспечение годового рациона мойвы требовалось 4,5% валового запаса и 2,1% продукции зоопланктона (табл. 3).

В современный период 2011–2020 гг. биомасса мойвы была ниже почти на порядок, чем в 1980-е годы (табл. 1). В этот период годовое потребление зоопланктона мойвой составляло 0,5% от его валового запаса и 0,2% от его продукции (табл. 3). При этом средне-многолетнее потребление кормовых объектов мойвой составило всего 5,053 млн т/год (рис. 3), среди которых преобладал зоопланктон – 4,679 млн т, или 92,6% по массе. Также в течение года мойва активно потребляла эвфаузиид – 2,514 млн т и копепод – 1,726 млн т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты настоящего исследования показали, что в Беринговом море в пище раз-

норазмерной мойвы наблюдалось до 15 таксономических групп гидробионтов. Пищевой спектр молоди мойвы был схож с таковым взрослых особей этого вида. В течение года накормленность мойвы была относительно высокой, с максимальной активностью питания в летний период. Осенью и зимой в пищевом рационе преобладали эвфаузииды, а весной и летом – копеподы. В то же время наибольшее количество гипериид и сагитт в рационе мойвы наблюдалось в зимний период.

Годовое потребление мойвой гидробионтов в среднем за 1986–2020 гг. в эпипелагиали Берингова моря составляло 22,342 млн т, среди которых преобладал зоопланктон – 20,687 млн т (92,6%). При этом наибольшему выеданию подвергались эвфаузииды – 11,117 млн т (49,8%), копеподы – 7,631 млн т (34,2%) и гиперииды – 1,097 млн т (4,9%). Доля бентоса в рационе составляла 5,7%, а нектона – всего 1,7%.

По среднемноголетним данным за 1986–2020 гг. разноразмерной мойвой выедалось 2,9% валового запаса и 0,9% продукции зоопланктона. Наибольшему потреблению подвергались эвфаузииды и гиперииды – 10,5% и 3,9% от их общего запаса и 5,2% и 1,2% от их продукции.

В период максимального запаса мойвы в Беринговом море, наблюдавшегося в 1980-е годы, она выедала 4,5% валового запаса и 2,1% продукции зоопланктона. В период ее низкого запаса (2011–2020 гг.) потребление составляло 0,5% валового запаса зоопланктона и 0,2% его продукции. Наиболее сильный пресс со стороны мойвы был на эвфаузиид и гипериид, годовое потребление которых составляло 2,4% и 0,9% от их общего запаса и 1,1% и 0,3% от их продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас количественного распределения нектона в Охотском море.* М.: Нац. рыб. ресурсы, 2003. 1031 с.
- Булатов О.А. Размножение, запасы и промысел минтая в восточной части Берингова моря // *Вопр. рыболовства.* 2025. Т. 26. № 2. С. 49–76.
- Волков А.Ф. Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию нектона (пошаговые инструкции) // *Изв. ТИНРО.* 2008а. Т. 154. С. 405–416.
- Волков А.Ф. Среднеголетние характеристики зоопланктона Охотского и Берингова морей и СЗТО (межгодовые и сезонные значения биомассы, доминирование) // *Изв. ТИНРО.* 2008б. Т. 152. С. 253–270.
- Горбатенко К.М. Биомасса и продукция сетного зоопланктона Берингова моря // *Изв. ТИНРО.* 2021. Т. 201. Вып. 1. С. 191–205.
- Горбатенко К.М., Мельников И.В., Шейбак А.Ю. Питание минтая *Gadus chalcogrammus* (Gadidae) в эпипелагиали Берингова моря // *Вопр. ихтиологии* 2024. Т. 64. № 3. С. 341–353.
- Датский А.В. Современное состояние запасов и промысла водных биологических ресурсов в российских водах Берингова и Чукотского морей и рекомендации по их рациональному использованию // *Тр. ВНИРО.* 2025. Т. 199. С. 86–126.
- Датский А.В., Антонов Н.П. Тресковые рыбы дальневосточных морей и тихоокеанских вод Камчатки и Курильских островов: запасы и перспективы промысла // *Тр. ВНИРО.* 2025. Т. 201. С. 70–95.
- Дуленова Е.П., Волков А.Ф., Чучукало В.И. и др. Современный статус биоты дальневосточных морей // *Изв. ТИНРО.* 2004. Т. 137. С. 16–27.
- Макрофауна пелагиали западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы.* 1982–2009 гг. Владивосток: ТИНРО-центр, 2012. 480 с.
- Новикова О.В. Некоторые особенности питания дальневосточной наваги на западно-камчатском шельфе в 2010–2011 гг. // *Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана.* 2012. Вып. 27. С. 69–81.
- Новикова О.В., Наумова Т.Н. Промысел тихоокеанской мойвы (*Mallotus villosus catervarius*) в Дальневосточном бассейне в 2010–2016 гг. // *Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана.* 2017. Вып. 45. С. 34–43.
- Савин А.Б. Динамика основных биологических показателей дальневосточной мойвы *Mallotus villosus catervarius* (Osmeridae) в ее зимовальных, преднерестовых и посленерестовых скоплениях у Западной Камчатки // *Вопр. ихтиол.* 2001. Т. 41. № 5. С. 620–630.
- Смирнов А.А., Датский А.В., Антонов Н.П. Состояние запасов и динамика промысла дальневосточных сельдей (*Clupea pallasii* Valenciennes, 1847) // *Рыбн. хозяйство.* 2025. № 3. С. 61–70.
- Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения нектона и нектобентоса в дальневосточных морях. 2006. Владивосток.: ТИНРО-Центр. 484 с.
- Чучукало В.И., Волков А.Ф. Руководство по изучению питания рыб. Владивосток: Изд-во ТИНРО, 1986. 32 с.
- Шунтов В.П. Результаты изучения макроэкосистем дальневосточных морей России: задачи, итоги, сомнения // *Вестник ДВО РАН.* 2000. № 1. С. 19–29.
- Шунтов В.П. Состояние биоты и биоресурсов морских макроэкосистем дальневосточ-

ной экономической зоны России // Вестник ДВО РАН. 2009. № 3. С. 15–22.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России. Владивосток: Изд-во ТИНРО-Центр, 2016. Т. 2. 604 с.

Шунтов В.П., Бочаров Л.Н., Волвенко И.В., Кулик В.В. Макрофауна пелагиали западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы, 1982–2009 гг. Владивосток: Изд. ТИНРО-Центр, 2012. 479 с.

Carscadden J.E., Frank K.T., Leggett W.C. Ecosystem changes and the effects on capelin (*Mallotus villosus*), a major forage species // Can J Fish Aquat. 2001. V. 58. P. 73-85.

Gorbatenko K.M., Melnikov I.V., Baitalyuk A.A. Pelagic Food Chain of the Bering Sea // J. Ichthyol. 2022. V. 62. P. 657–680.

Jennifer B. Ecosystem Considerations for 2005 // North Pacific Fishery Management Council 605 W. November 2004 4th Avenue, Suite 306 Anchorage, 2005. AK 99501. 260 p. (<https://apps-afsc.fisheries.noaa.gov/REFM/docs/2022/EBSecosys.pdf>).

Ferriss B., Zador S. Ecosystem Status Report 2022: Gulf of Alaska, Stock Assessment and Fishery Evaluation Report // North Pacific Fishery Management Council. 2022. 1007 West Third, Suite 400, Anchorage, Alaska 99501. 223 p. (https://apps-afsc.fisheries.noaa.gov/refm/docs/2004/BSAIGOA_Ecosystem_2004_2.pdf)

**CONSUMPTION OF AQUATIC ORGANISMS BY CAPELIN
MALLOTUS VILLOSUS CATERVARIUS (OSMERIDAE)
IN THE EPIPELAGIC ZONE BERING SEA**

© 2026 г. К.М. Gorbatenko¹, I.V. Melnikov¹, A.Y. Sheibak²,

*1 – Pacific branch of the State Science Center of the «VNIRO»,
Russia, Vladivostok, 690091*

2 – State Scientific Center of the «VNIRO», Russia, Moscow, 105187

The assessment of capelin consumption of aquatic organisms in the Bering Sea in the period from 1986 to 2020 was carried out. It was revealed that she eats most actively in the summer. At the same time, the food spectrum of its juveniles is similar to that of adults. In different seasons, different groups of zooplankton predominate in the capelin diet: euphausiids in autumn and winter, and copepods in spring and summer. To a lesser extent, hyperiids and sagittae are noted in capelin nutrition, the largest proportion of which was observed in winter. In total, capelin ate 22,3 million tons of fodder objects per year in the Bering Sea archipelago. It took only 2,9% of the gross stock and 0,9% of zooplankton production to ensure the annual capelin ration. During the period of the maximum capelin stock observed in the 1980s, 4,5% of the gross stock and 2,1% of zooplankton production were used to ensure its annual diet.

Keywords: Bering Sea, epipelagic, capelin, feeding habits, food ration, zooplankton, euphausiids, copepods, hyperiids.

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПРОМЫСЛА ЧЕХОНИ
PELECUS CULTRATUS (CYPRINIFORMES) В РОССИЙСКОЙ
ЧАСТИ КУРШСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

© 2026 г. Р.В. Трофимов (spin: 3315-7870), Т.А. Голубкова (spin: 1086-5752)

Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» (АтлантиНИРО),
Россия, Калининград, 236022
E-mail: trofimov@atlant.vniro.ru

Поступила в редакцию 30.01.2026 г.

В работе анализируется многолетняя (1958–2024 гг.) динамика промысла и структура промысловых уловов чехони (*Pelecus cultratus*) в российской части Куршского залива Балтийского моря. Показано, что среднегодовой вылов вида изменяется в широких пределах – от близких к нулю значений до 482 т. В период 2000–2016 гг. средний вылов чехони составлял 311 т, начиная с 2017 г. наблюдается снижение вылова до среднего значения 197 т за 2017–2024 гг. Рыбодобывающая база включает 52 пользователя водных биоресурсов, 25 из которых имеют квоты на вылов чехони. Наибольшие уловы обеспечивают сельскохозяйственные производственные кооперативы рыбаков колхозов. В последние годы в уловах отмечено уменьшение средних значений размерно-весовых показателей чехони. Состояние запаса вида за последнее десятилетие оценивается как хорошее.

Ключевые слова: чехонь *Pelecus cultratus*, динамика промысла, видовая структура, промыслово-биологические параметры, общий допустимый улов, Куршский залив.

ВВЕДЕНИЕ

Куршский залив является рыбохозяйственным водоемом с богатой историей промыслового использования. Рыболовство на нем осуществляется со средних веков, и за столь длительный период претерпело значительные изменения в зависимости от состояния рыбных запасов, применяемых мер регулирования промысла и экономических условий его функционирования (Трофимов, 2023). Имеющиеся данные позволяют проследить динамику рыбодобычи почти за столетний период и выделить два основных периода: 1927–1960 гг. – практически нерегулируемого рыболовства, 1960 г. – по настоящее время – регулируемого рыболовства. В первый период промысел носил стихийный характер, осуществлялся практически повсеместно и круглогодично, рыба добывалась преимущественно мелкочейными тралями и закидными неводами. С принятием в 1960 г. Правил рыболовства были введены

меры регулирования рыболовства, включающие запрет на применение любых тралящих орудий лова, установление весенне-летнего запрета на лов рыбных ресурсов, ограничение размеров орудий лова и ячеи, определение параметров расстановки орудий лова, установление промысловой меры разрешенных к добыче рыб, лимитирование объемов вылова ценных промысловых видов рыб на основе общих допустимых уловов (ОДУ) (Осадчий, 2000; Голубкова, 2003).

Трансграничный статус Куршского залива подразумевает совместное использование его биоресурсов двумя государствами – Россией (75% площади залива) и Литовской республикой (25%). В рамках настоящей работы авторы анализируют данные, относящиеся к российской части акватории залива.

Состав промысловой ихтиофауны Куршского залива формируют 23 вида рыб (Хлопников и др., 2008). Основными промыс-

ловыми видами являются лещ, плотва, чехонь и судак – на которые устанавливается объемы ОДУ. Добыча остальных видов осуществляется на основании договоров пользования водных биоресурсов.

Чехонь (*Pelecus cultratus*) является многочисленным и важным промысловым объектом. С начала XXI в. средний годовой вылов данного вида составляет 274 т (11% от общего вылова), максимальный годовой улов за этот период достиг 440 т. Запас чехони в заливе начал резко увеличиваться с 1990-х гг. и в настоящее время остается на стабильно высоком уровне. Высокая численность чехони в заливе нежелательна, т.к. этот вид является факультативным хищником, и в большом количестве способен поедать молодь пелагических рыб (Хлопников, 1992), что может привести к сокращению пополнения их запасов.

Целью настоящей работы является анализ многолетней динамики промысла и основных биологических характеристик популяции чехони Куршского залива

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом послужили статистические данные промысловой статистики Западно-Балтийского территориального управления (ЗБТУ) Росрыболовства (база пользователей водных биоресурсов, сведения о выданных разрешениях и выделенных квотах, 5-ти дневная отчетность пользователей об объемах вылова многолетних данных массовых промеров (43 тыс. экз.) и биологического анализа (14 тыс. экз.) из информационной базы данных по промыслу и учетных траловых съемок Атлантического филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»).

Ихтиологические наблюдения включали определение массы и видового состава уловов, исследование размерно-весового и полового состава уловов, а также сбор возрастных проб.

Для массовых промеров брали случайную пробу. Промер крупных рыб выполнялся для всего улова. Классовый интервал для промера длины – 1 см.

При биологическом анализе измеряли абсолютную (L) и стандартную (l) длины (l – длина рыбы определяется путем измерения от вершины рыла (при закрытом рте) до основания средних лучей хвостового плавника, L – длина рыбы определяется путем измерения от вершины рыла (при закрытом рте) до конца самого длинного луча хвостового плавника, при минимальном угле расхождения верхней и нижней лопастей хвостового плавника), с точностью до 1 см. Рыбу взвешивали с точностью до 1 г. Определяли пол, стадию зрелости гонад, степень наполнения пищеварительного тракта и ожирения внутренних органов (Правдин, 1966). Отбирали регистрирующие возрастные структуры (чешую), которые направляли в «АтлантНИРО» для дальнейших исследований. Норма отбора структур для определения возраста из общего улова съемки – 500 экз., при меньшем улове – у всех выловленных экземпляров.

В работе приведены индексы численности поколений, представляющие собой долю младших возрастных групп (сеголетки – трехгодовики) от общего улова вида по данным учетных траловых съемок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В довоенный период уловы чехони не учитывались, впервые вылов был зарегистрирован в 1946 г. По данным К. Гайгаласа (1979) в 1947–1952 гг. среднегодовой вылов чехони составил 209 т при максимальном вылове 667 т в 1951 г. В 1950-е гг. уловы несколько снизились до 106 т, а в 1960-е годы сократились до нулевых значений. Ретроспективный анализ выявил высокую изменчивость среднегодовых уловов рассматриваемого вида (0,2–482,2 т), обусловленную динамикой запаса и интенсивностью его промысловой эксплуатации. Последняя зависит от экономической заинтересованности и характера организации добычи (Голубкова, 2000; Keida, Golubkova, 2001).

До начала 1970-х годов объемы вылова чехони не давали объективного представле-

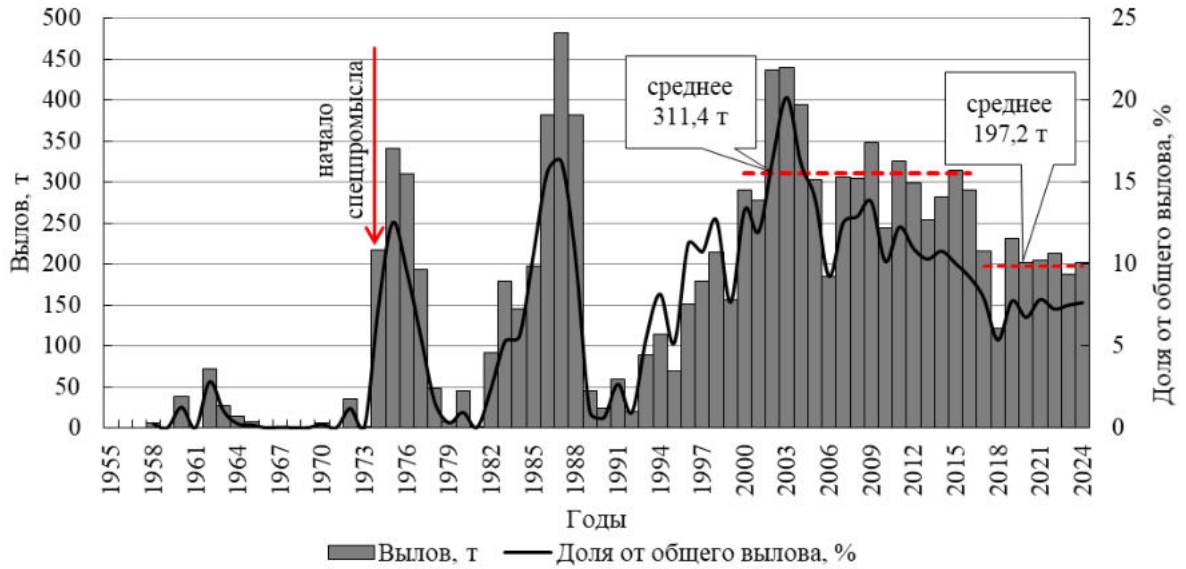


Рис. 1. Промысловый вылов чехони в Куршском заливе в 1958–2024 гг.

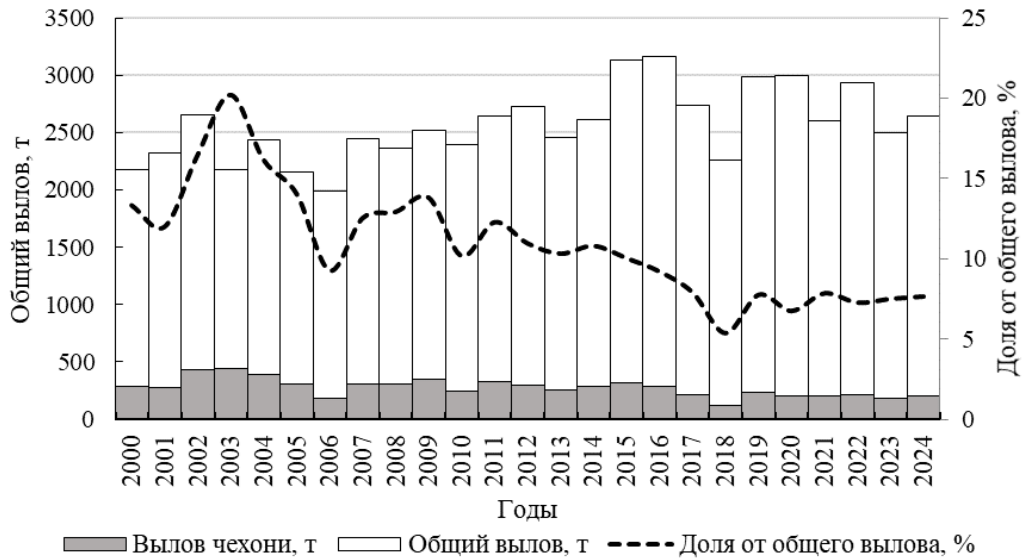


Рис. 2. Вылов чехони на фоне общего вылова в Куршском заливе в 2000–2024 гг.

ния о реальном состоянии ее запаса. Доказательством этому служат результаты целенаправленного промысла, начатого в 1974 г., когда вылов вида резко увеличился до 218 т. В 1980-е годы запас находился в хорошем состоянии. В этот период вылов достиг рекордного значения в 1987 г. – 482 т или 16,2% от общего вылова. С 1989 г. объемы добычи резко сократились, а с 1994 г. начали постепенно возрастать и в 2000-х годах стаби-

лизировались на высоком уровне, составляя в среднем 311 т. Начиная с 2017 г. отмечается снижение среднегодового вылова чехони до 197 т, обусловленное как некоторым уменьшением запаса вида в водоеме, так и характером организации промысла (рис. 1).

В современный период (2000–2024 гг.) среднегодовой вылов составляет 2562 т рыбы в год, из которых чехони 275 т или 10,7% (рис. 2).

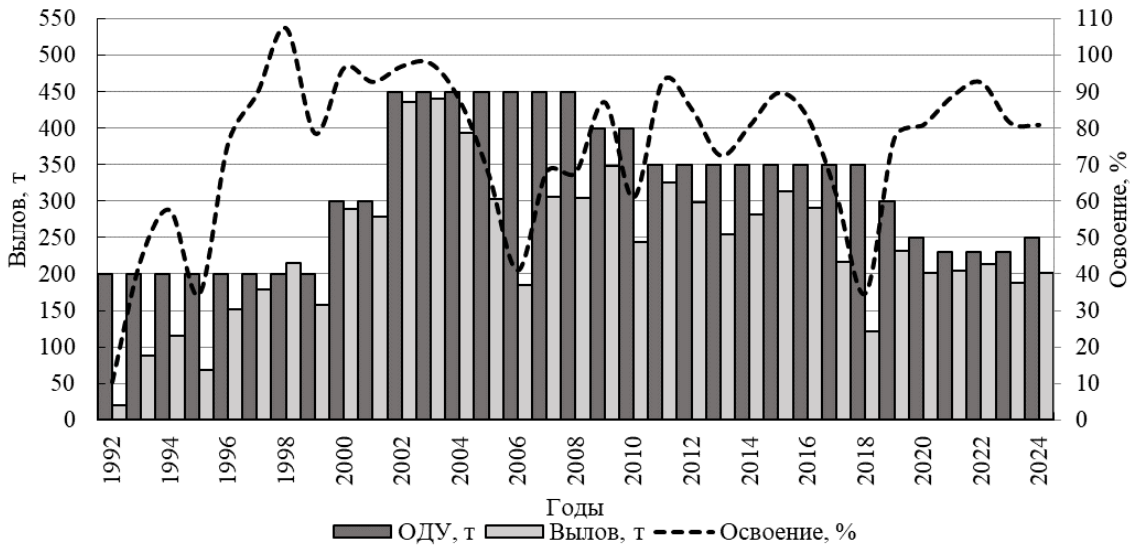


Рис. 3. ОДУ и вылов чехони в Куршском заливе в 1992–2024 гг.

С 1992 г. вылов чехони в Куршском заливе лимитируется. Среднемноголетний (1992–2024 гг.) общий допустимый улов вида составляет 316 т при среднем уровне освоения около 75% (рис. 3).

Видовая структура промысловых уловов водных биоресурсов Куршского залива за длительный период (1958–2024 гг.) претерпела значительные изменения. Характер этих изменений четко прослеживается при анализе вылова доминирующей группы рыб, состоящей из восьми видов: лещ, судак, плотва, чехонь, окунь пресноводный, корюшка европейская, ерш пресноводный, снеток.

В 1958–1970 гг. промысловая ихтиофауна была представлена преимущественно малоценными видами рыб (снеток, ерш), на долю которых приходилось более половины уловов. Роль чехони в уловах этого периода была незначительной – 0,4%.

В 1971–1980 гг. присутствие чехони возросло в девять раз – с 0,4 до 3,6% от общего улова, более чем в два раза увеличилась доля леща – с 11,6 до 27,6% и плотвы – с 4,5 до 9,2%. Доля снетка в промысле сократилась с 36,5 до 18,6%.

В 1981–1990 гг. видовой состав промысловых видов рыб стал более равномерным:

удельный вес четырех основных видов (лещ, плотва, снеток, ерш) изменялся в пределах 12–27%. Доля чехони увеличилась с 3,6 до 5,6%.

После 1990-х гг. доминирующими видами в уловах стали лещ (39,0–47,6%) и плотва (15,5–17,2%), чехонь заняла третье место (7,6–13,8%), четвертое – судак (8,1–9,7%). Суммарно группа этих видов на протяжении трех десятилетий формирует видовой состав промысловой ихтиофауны Куршского залива (73,1–83,1%).

В целом при анализе видовой структуры промысловых уловов отмечено постепенное увеличение доли чехони с 0,4 в 1960-х до 13,8% в 2010-х гг. В современный период она составляет 8,7% (рис. 4).

В работе нами рассмотрена современная деятельность добывающих рыбопромысловых организаций в Куршском заливе. В настоящее время промысел в заливе осуществляют 52 пользователя водных биоресурсов. В их число входят 4 сельскохозяйственных производственных кооператива рыболовецких колхозов (СПК РК), 15–17 обществ с ограниченной ответственностью или аналогичных предприятий (ООО) и 31–33 индивидуальных предпринимателя (ИП). Квоты на вылов

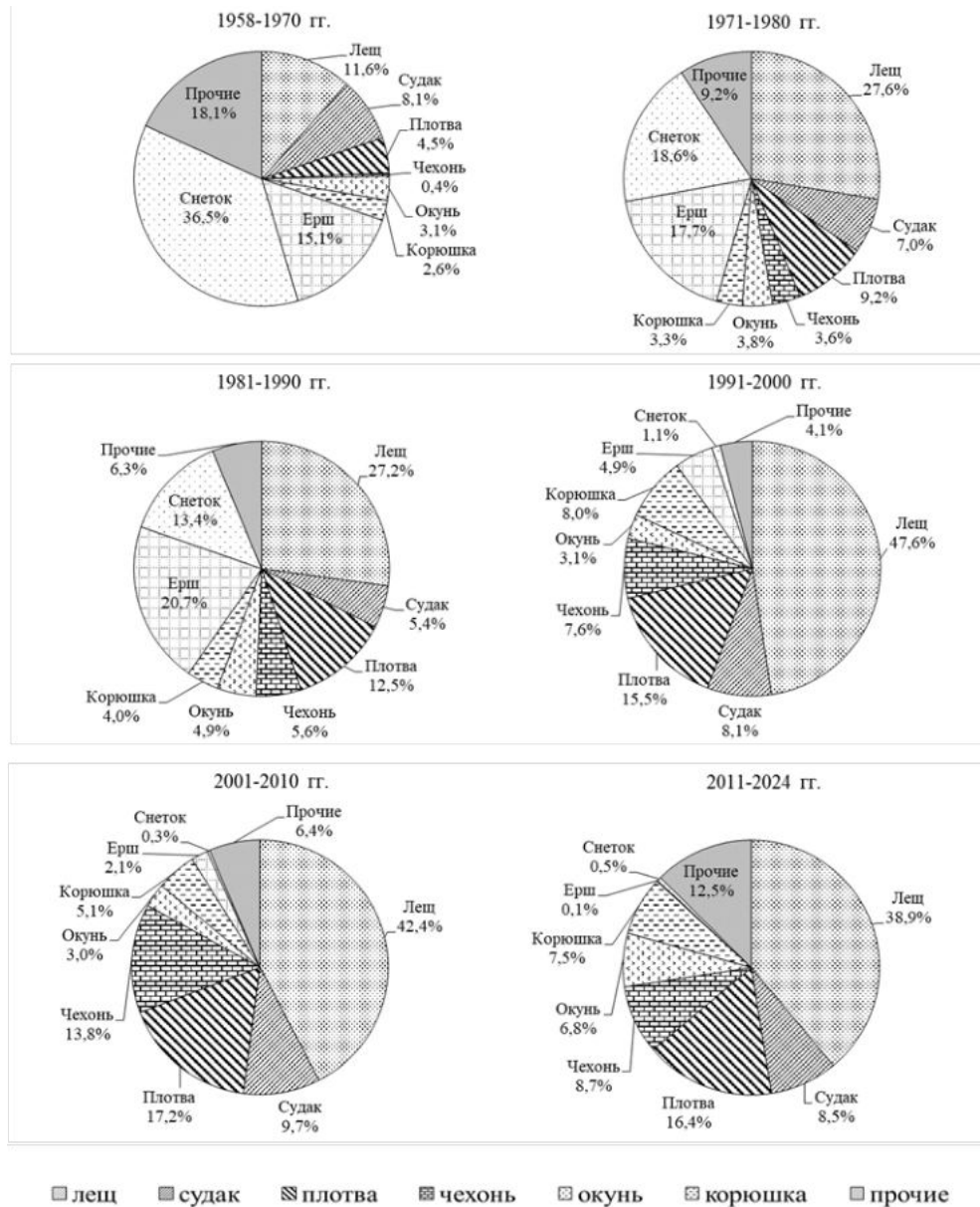


Рис. 4. Видовая структура промысловых уловов в Куршском заливе в 1958–2024 гг.

чехони имеют около 25 пользователей: 4 СПК РК, 14 ООО и 7 ИП. У 44% пользователей уловы данного вида составляют от 1 до 5 т в год, наибольшие уловы, более 20 т в год приходятся на организации системы рыболовецких колхозов (табл. 1).

Традиционно промысел базируется на деятельности четырех сельскохозяйственных производственных кооперативах рыболовецких колхозов: СПК «Рыболовецкий колхоз «Доброволец», СПК «Рыболовецкий колхоз «Рыбак Балтики», СПК «Рыболовецкий кол-

хоз «Труженик моря» и СПК «Рыболовецкий колхоз «им. Матросова».

По обобщенным данным ЗБТУ в современный период этими организациями добывается около 55% от общего вылова, в том числе чехони 7,0% или 110,6 т. Специализированный промысел чехони ведет СПК «Рыболовецкий колхоз «Доброволец». Этот вид составляет значительную долю (13,4% или 44,8 т) в улове кооператива. Существенную роль в промысле стали играть общества с ограниченной ответственностью, на долю

Таблица 1. Объем вылова чехони пользователями различных форм собственности в Куршском заливе

Объем вылова чехони, т	Количество пользователей различных форм собственности			
	СПК РК	ООО	ИП	Всего
<1	-	2	2	4
1-5	-	7	4	11
5-10	-	3	1	4
10-15	1	-	-	1
15-20	-	2	-	2
20-30	2	-	-	2
>40	1	-	-	1
Итого:	4	14	7	25

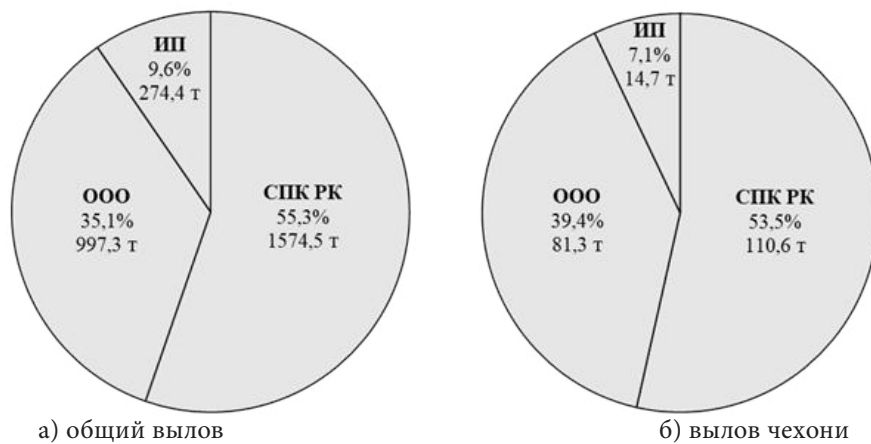


Рис. 5. Распределение вылова между пользователями различных форм собственности.

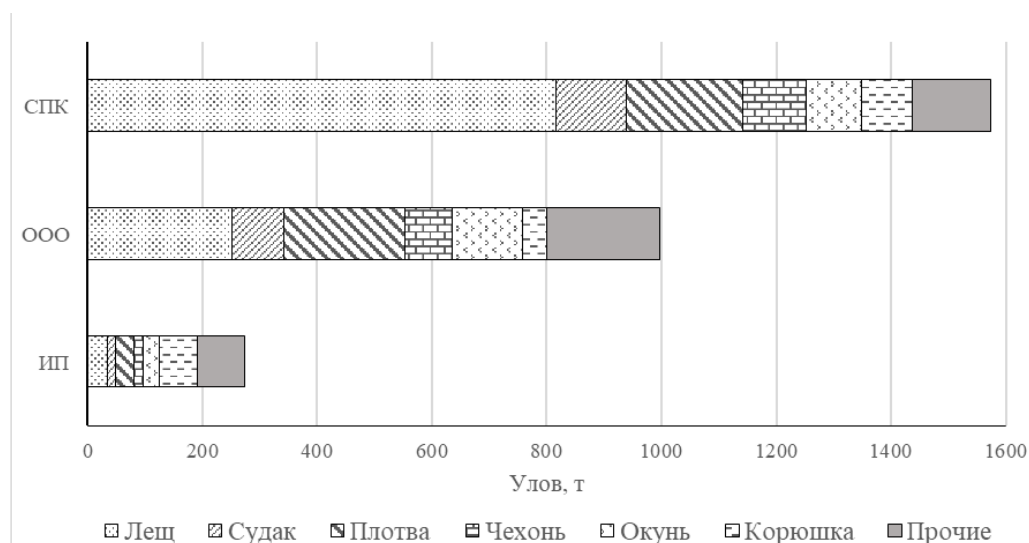


Рис. 6. Видовой состав уловов пользователей различных форм собственности.

Таблица 2. Видовой состав уловов пользователей различных форм собственности, т

Пользователи	Виды рыб						
	Лещ	Судак	Плотва	Чехонь	Окунь пресноводный	Корюшка европейская	Прочие
СПК «РК Рыбак Балтики»	246,2	45,8	81,9	25,2	44,0	10,2	73,3
СПК «РК Труженик моря»	233,0	30,6	38,4	26,3	33,0	0,1	7,9
СПК «РК им. Матросова»	198,5	20,9	31,1	14,3	10,8	33,4	35,8
СПК «РК Добровolec»	138,6	25,9	50,4	44,8	9,3	44,8	19,9
СПК РК	816,3	123,2	201,8	110,6	97,1	88,5	136,9
ООО	251,2	91,3	211,1	81,3	122,6	42,1	197,8
ИП	34,2	14,6	33,0	14,7	28,4	66,2	83,3
Итого:	1101,7	229,1	445,9	206,6	248,1	196,8	418,0

Таблица 3. Видовая структура уловов пользователей различных форм собственности, %

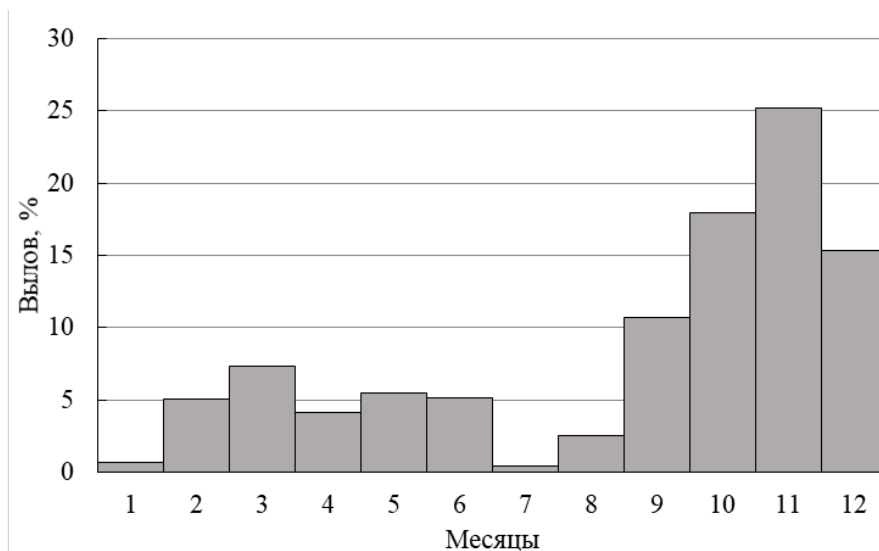
Пользователи	Виды рыб						
	Лещ	Судак	Плотва	Чехонь	Окунь пресноводный	Корюшка европейская	Прочие
СПК «РК Рыбак Балтики»	46,7	8,7	15,6	4,8	8,4	1,9	13,9
СПК «РК Труженик моря»	63,1	8,3	10,4	7,1	8,9	0,1	2,1
СПК «РК им. Матросова»	57,6	6,1	9,0	4,1	3,1	9,7	10,4
СПК «РК Добровolec»	41,5	7,8	15,1	13,4	2,8	13,4	6,0
СПК РК	51,9	7,8	12,8	7,0	6,2	5,6	8,7
ООО	25,2	9,2	21,1	8,2	12,3	4,2	19,8
ИП	12,4	5,3	12,0	5,4	10,3	24,2	30,4
Итого:	38,7	8,0	15,7	7,3	8,7	6,9	14,7

которых приходится 35,1% или 997,3 т, в том числе чехони 8,2% или 81,3 т. Индивидуальными предпринимателями добывается 9,6% или 274,4 т, включая чехонь 5,4% или 14,7 т. В настоящее время в Куршском заливе добывается 206,6 т чехони, а ее доля в видовой структуре уловов составляет 7,3% (рис. 5, 6; табл. 2, 3).

В Куршском заливе чехонь облавливается преимущественно мелкочейными ставными сетями с шагом ячеи 36–40 мм (Правила рыболовства ..., 2020), которыми вылавливается 95–98% от общего вылова вида (Осадчий, 2000), для нее установлена промысловая мера: по стандартной длине – 28 см, по абсолютной (зоологической) длине – 32 см.

Таблица 4. Видовая селективность мелкочейных орудий лова, % (Осадчий, 2000)

Орудия лова	Виды рыб								
	Плотва	Чехонь	Окунь пресноводный	Лещ	Судак	Налим	Угорь речной	Щука	Прочие
Сеть ставная мелкочейная	62,5	24,6	4,1	2,2	2,7	0,5	-	0,3	3,1
Ловушка угревая	41,6	1,8	35,4	0,8	4,5	8,0	4,9	1,3	1,8
Вентерь мелкочейный	48,8	1,3	37,1	1,6	2,0	6,8	-	0,3	2,1

**Рис. 7.** Распределение внутригодового вылова чехони в Куршском заливе по месяцам.

Для промысла чехони в основном используются сторожковые капроновые сети, доля которых составляет 28%. Длина одной сети 18–22 м, высота 1,5–3,0 м. При специализированном промысле мелкочейные ставные сети выставляются в поверхностных слоях воды в центральной части залива (Осадчий и др., 2008).

В ставных сетях с ячейей 40 мм чехонь после плотвы является вторым по значимости видом в улове (около 25%). Чехонь также является неизбежным приловом в другие применяемые орудия лова. В основном это угревые ловушки с минимальным шагом ячей

14 мм и мелкочейные вентеря с минимальным шагом ячей 24 мм (табл. 4).

Интенсивность лова чехони варьирует по сезонам. По данным последних лет основной промысловый период приходится на завершающую треть года (сентябрь–декабрь). В этот период изымается приблизительно 70% от годового вылова вида. Малоинтенсивный промысел отмечается в феврале–июне (27%). В осенний период прослеживается нарастание доли уловов с 11 в сентябре до 25% в ноябре, тогда как в декабре доля уловов вновь снижается до 15%, а в январе вылов практически отсутствует.

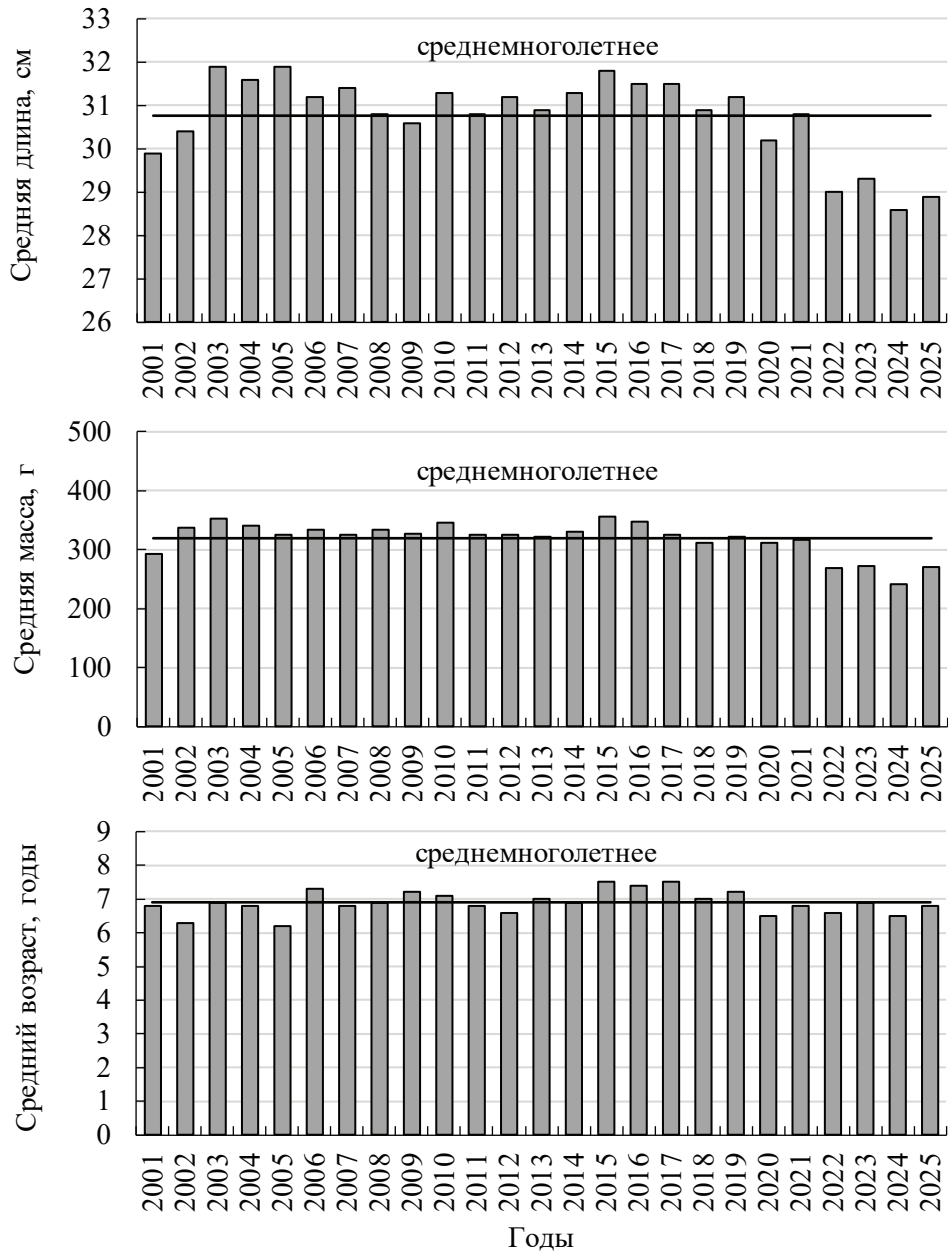


Рис. 8. Промыслово-биологические параметры чехони в Куршском заливе в 1996–2024 гг.

Таким образом, основной период промысла данного вида приходится на весну и осень (рис. 7).

Авторами изучены биологические параметры промысловой части популяции чехони Куршского залива. В уловах за период 1996–2024 гг. данный вид был представлен особями длиной 20–41 см, массой 78–850 г, возрастом 3–15 лет. Среднеголетние значения указанных параметров составили $31,2 \pm 1,24$ см,

$326,7 \pm 29,7$ г, $7,1 \pm 0,61$ года, соответственно (рис. 8).

Начиная с 2022 г. средние показатели длины и массы демонстрируют незначительное снижение при неизменной селективности, что свидетельствует о вступлении в промысел высокоурожайных поколений. В целом размерно-возрастные показатели вида остаются стабильными на протяжении длительного периода.

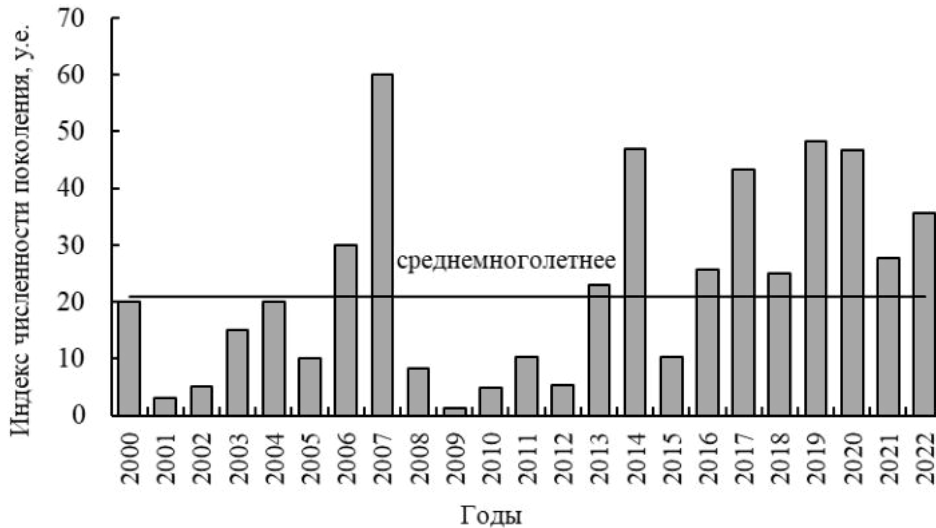


Рис. 9. Индексы численности поколений чехони в Куршском заливе по данным траловых съёмок, условные единицы.

Основу промыслового запаса чехони в ближайшей перспективе будут составлять урожайные и высокоурожайные поколения 2016–2022 гг. рождения что обеспечит устойчивый вылов данного вида в 2027–2030 гг. (рис. 9).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Динамика промыслового вылова чехони в российской части Куршского залива характеризуется значительными колебаниями среднегодового вылова (0,2-482 т). По сравнению с концом XX – началом XXI в., в современный период наблюдается снижение вылова чехони, в среднем до 197 т в год, что связано как с некоторым уменьшением запаса вида в водоеме, так и с изменением характера организации промысла.

Анализ динамики видовой структуры промысловых уловов свидетельствует о постепенном увеличении доли чехони в них: с 0,4 в 1960-х до 13,8% в 2010-х гг. В современный период доля вида в промысле составляет 8,7%.

Квоты на вылов чехони в Куршском заливе имеют 25 из 52 пользователей водных биоресурсов: 4 СПК РК, 14 ООО и 7 ИП. Наибольшие уловы обеспечивают сельскохозяйственные производственные кооперативы –

около 55% от общего вылова, в том числе чехони 7,0% или 110,6 т. Специализированный промысел чехони ведет СПК «Рыболовецкий колхоз «Доброволец».

Лов чехони в течение года осуществляется неравномерно: промысел небольшой интенсивности наблюдается весной, основной период добычи приходится на осенний период.

В последние годы в промысловых уловах регистрируется уменьшение средних значений биологических параметров чехони в связи с вступлением в промысел высокоурожайных поколений. В целом размерно-возрастные показатели вида остаются стабильными на протяжении длительного периода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гайгала К.С. О некоторых экологических особенностях и хозяйственном значении чехони *Pelecus cultratus* (L.) в бассейне зал. Куршю Марес Нямунас // *Вопр. ихтиологии.* 1979. № 1. С. 85–92.

Голубкова Т.А. Динамика запаса чехони в Куршском заливе Балтийского моря // *Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию основания Калининградского государственного технического университета (17–18 окт.): тез. Калининград: КГТУ, 2000. С. 14–17.*

Голубкова Т.А. Эколого-биологическая характеристика и динамика запаса судака Куршского залива Балтийского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград, 2003. 23 с.

Осадчий В.М. Регулирование рыболовства и стратегия использования рыбных ресурсов в Куршском заливе: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград, 2000. 24 с.

Осадчий В.М., Шибяев С.В., Федоров Л.С. и др. Куршский залив. Рыбодобывающая база // Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов России (Калининградская область) и Литвы. Калининград: Изд-во «ИП Мишуткина», 2008. С. 64–77.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). Москва: Пищ. пром-ть, 1966. 376 с.

Правила рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна. Утверждены приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 г. № 620. 108 с.

Трофимов Р.В. Промысел чехони в Куршском заливе Балтийского моря // Современные аспекты рыбохозяйственной науки и геномные технологии в аквакультуре и рыболовстве: науч. школа-конф. молодых ученых и спец. ФГБНУ «ВНИРО» с межд. участием, Моск. область, д. Аносино, 30 ноября–04 декабря 2023 года. Москва: ВНИРО, 2023. С. 79.

Хлопников М.М. Питание хищных рыб в Вислинском заливе Балтийского моря // Вопр. ихтиологии. 1992. Т. 132. № 3. С. 171–174.

Хлопников М.М., Голубкова Т.А., Репечка Р. Куршский залив. Промысловая характеристика ихтиофауны // Рыбохозяйственный кадастр трансграничных водоемов России (Калининградская область) и Литвы. Калининград: Изд-во «ИП Мишуткина», 2008. С. 77–88.

Keida M.E., Golubkova T.A. Anomaly of stock dynamic of sichel (*Pelecus cultratus* L.) in the Vistula and Kuronian Lagoons of the Baltic Sea: response to modern ecological conditions. // Abstracts of the Symposium on the Occasion of the 80th Anniversary of the Sea Fisheries institute

«Variability of the Baltic Sea environment and living resources: Responses to climate change and anthropogenic pressure» Gdynia (Poland), 22–23 June, 2001. Gdynia, 2001. p. 10–11.

**LONG-TERM DYNAMICS OF THE FISHERY OF SABREFISH
PELECUS CULTRATUS (CYPRINIFORMES) IN THE RUSSIAN
PART OF THE CURONIAN LAGOON OF THE BALTIC SEA**

© 2026 г. R.V. Trofimov, T.A. Golubkova

*Atlantic branch of the State Scientific Center of the Russian
Federation «VNIRO», Russia, Kaliningrad, 236022*

This study analyzes the long-term (1958–2024) dynamics of fishing and the composition of commercial catches of sabrefish (*Pelecus cultratus*) in the Russian part of the Curonian Lagoon of the Baltic Sea. It is shown that the species' mean annual catch varies widely – from values close to zero to 482 t. In the period 2000–2016, the average catch of sabrefish was 311 t; since 2017 a decline has been observed, with an average of 197 t for 2017–2024. The fishing base comprises 52 aquatic resource users, 25 of whom hold quotas for sabrefish. The largest catches are provided by agricultural production cooperatives of fishing collective farms. In recent years, the mean size-weight parameters of sabrefish in the catches have decreased. The stock status of the species over the past decade is assessed as good.

Key words: sabrefish *Pelecus cultratus*, fishery dynamics, species structure, commercial and biological parameters, total allowable catch, Curonian Lagoon.

**К ВЫЖИВАЕМОСТИ «МОЛОДИ» ГРЕБЕНЧАТОЙ
КРЕВЕТКИ *PANDALUS HYP SINOTUS* (DECARODA,
PANDALIDAE), ВОЗВРАЩАЕМОЙ В МОРЕ НА
ЛОВУШЕЧНОМ ПРОМЫСЛЕ В ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ**

© 2026 г. Д.Н. Юрьев (spin: 3985-8796)

Хабаровский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» (ХабаровскНИРО),
Россия, Хабаровск, 680038
E-mail: yuriev@khabarovsk.vniro.ru

Поступила в редакцию 12.01.2026 г.

Приведены данные о смертности особей гребенчатой креветки Татарского пролива размерами менее промыслового при многократных спусках-подъемах в ловушках с закрытыми входными отверстиями в условиях весенней гомотермии и в экспериментах, имитирующих перепады температур воды у дна и в поверхностных слоях, имеющих место в проливе в теплое время года. Обсуждается целесообразность выпуска в море особей гребенчатой креветки размерами менее 130 мм по длине тела на ловушечном промысле. *Ключевые слова:* Татарский пролив, гребенчатая креветка *Pandalus hypsinotus*, промысловый размер, ловушечный промысел, выживаемость молоди.

ВВЕДЕНИЕ

Специализированный промысел гребенчатой креветки *Pandalus hypsinotus* J.F. Brandt in von Middendorf, 1851 в Татарском проливе ведется с 1979 г. креветочными ловушками. Ловушки являются пассивными орудиями лова. Поэтому запреты, установленные правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна в части, касающейся добычи креветок тралами (на период массовых линек, нереста и др.) к ним не относятся. Единственное действующее ограничение для промышленного лова гребенчатой креветки (помимо инструмента ОДУ) касается изъятия «особей менее промыслового размера (молоди¹)», равного 130 мм по длине тела от заглазничной впадины до конца тельсона. При этом допускается прилов молоди в

ограниченных количествах (Приказ Минсельхоза...№ 285, пп. 38, 38.2, 38.3)

Важнейшей, с точки зрения управления запасом, особенностью биологии этой креветки является протандрический гермафродитизм, при котором неполовозрелые животные (собственно молодь) сначала развивают мужские органы и функционируют как самцы, а потом женские, и далее до конца живут как самки. Промысловый размер 130 мм соответствует возрасту смены пола, равному 5–6 лет, при средней продолжительности жизни гребенчатой креветки в Татарском проливе 12–14 лет (Юрьев, 2024; Буяновский и др., 2025).

Таким образом, выпуску после вылова, согласно вышеупомянутому ограничению, подлежат практически все половозрелые самцы и значительная часть маломерных

¹ В данной работе термин «молодь» относится ко всем особям размером, менее промыслового (130 мм по длине тела), включая самцов и самок, как это указано в Правилах рыболовства (Приказ Минсельхоза...№ 285, п. 38). Неполовозрелые особи будут обозначаться словосочетанием «собственно молодь».

самок (собственно молодь, в силу ее мелких размеров и концентрации в прибрежных водах, ловушками почти не облавливается). В результате, например, в 2022–2023 гг., доля выбросов, в виде запрещенной к изъятию молоди, достигала 77–92% от числа и 62–80% массы гребенчатой креветки в ловушечных уловах (Юрьев, Андронов, 2024). Соответственно, значительной могла быть и гибель среди особей, возвращаемых в море после сортировки улова – «косвенная промысловая смертность» (Алексеев и др., 2011). При этом, подавляющая часть массы выпущенных креветок могла бы войти в состав дорогостоящей продукции, востребованной на рынке.

Исследованию косвенной промысловой смертности крабов при многократных подъемах на ловушечном промысле посвящен целый ряд публикаций (Иванов, Карпинский, 2003а; Иванов, Соколов, 2003б; Моисеев, Моисеева, 2010; Моисеев, 2012, Моисеев и др., 2012 и др.). Действовала даже специальная «Программа по изучению влияния ловушечного промысла на запасы промысловых видов крабов в дальневосточных морях России». В отношении креветок этот вопрос изучен крайне недостаточно. Имеются лишь некоторые данные, полученные при отработке методики мечения гребенчатых креветок в Татарском проливе (Шмигирилов, Новомодный, 2001).

Цель данной работы – изучить выживаемость (смертность) гребенчатых креветок, размерами меньше промыслового, в серии подъемов-спусков в ловушке с закрытыми входами («глухой») в условиях весенней гомотермии и в экспериментах, имитирующих возможные в Татарском проливе в теплый период года перепады температур воды у дна и в поверхностном слое.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал собирали в апреле 2024 и 2025 гг. во время промысла на СРТМ «Залив Находка» и «Апостол Пётр» в северной части Татарского пролива, ограниченной координатами

49°30'–50°20' с.ш. и 141°10'–141°50' в.д. на глубинах от 120 до 220 м.

Всего за это время было выполнено 38 спусков-подъемов глухих ловушек с подопытной молодью гребенчатой креветки, присоединенных к промысловым порядкам. Из них 28 были направлены на изучение выживаемости молоди при многократных спусках-подъемах и 10 – при перепадах температур. В аквариумных условиях было проведено 10 суточных наблюдений за молодью креветок, предварительно подвергавшихся тепловому воздействию разной интенсивности и продолжительности.

Во избежание каннибализма, возможного при содержании в замкнутом пространстве мелких и крупных особей вместе, в каждую ловушку или аквариум подсаживали только однородную молодь. В экспериментах по влиянию многократных спусков-подъемов на выживаемость молоди разных размеров использовали особей пяти размерно-весовых классов. Для этого (поскольку работа имеет прикладное значение и может быть интересна рыбакам) отбор креветок проводили в соответствии с сортностью продукции, традиционно поставляемой в Японию (табл. 1). К молоди, согласно таблице 1, относятся все самцы сортов BSS, BS, BMS, а также особи сортов BM (самцы и самки с гонадами) и BFMS (самки с наружной икрой) с индивидуальной массой ниже той, что соответствует промысловому размеру – 35,3 г.

Креветок для экспериментов отбирали сразу после того, как улов из ловушки высыпался на стол первичной ручной сортировки. Со стола в ведро объемом 18 л с забортной водой отбирали 45–50 экз., из тех, что не имели заметных повреждений карапакса или конечностей и показывали высокую двигательную активность (энергичное биение хвостом). Затем их переносили в бак с крышкой объемом 60 л, наполненный свежей забортной водой, где они находились около часа до постановки опытов. В конце такой переделки большинство креветок в баке спо-

койно стояли на ходильных ногах. Их считали здоровыми и использовали в опытах. Креветок, которые лежали на боку или быстро плавали, обычно с креном на бок или вертикально «свечкой», выбраковывали, считая травмированными.

Во всех экспериментах суммарное время пребывания подопытных креветок на воздухе при манипуляциях с ними (от выхода ловушки из моря до помещения отобранных особей в емкость с забортной водой, при пересадке креветок в процессе их пересчета, при переносе в экспериментальную ловушку и постановке последней, при пересадках в теплую воду и обратно) составляло не более 15–30 сек.

Температуру воды у поверхности моря и в опытах с креветками на борту судна измеряли спиртовым градусником со шкалой от -2 до +20°C и ценой деления 0,1°C. Температура воды у дна в районе лова фиксировалась электронными датчиками «ECO Temperature Logger SBE 56» (США), закрепленными в ловушке одного или двух порядков, с частотой один раз в 10 мин.

Изучение влияния многократных спусков-подъемов в глухих ловушках молоди гребенчатой креветки на ее жизнеспособность

Экспериментальные ловушки с подсаженными в них креветками выставляли в промысловых порядках (по одной на порядок, если по две, то вторая контрольная) на глубинах 123–189 м. Входы в ловушки закрывали, сдавливая металлические кольца входных отверстий «в нить». Приманка (минтай) в глухих ловушках при каждом подъеме обновлялась.

Перед постановкой порядка отсаживали из бака в ведро 30 внешне здоровых особей (см. выше), накрывали его плотной тканью и несли на корму. Во время постановки, креветок с водой выливали в поднятую над палубой вверх дном глухую ловушку, снабженную яркой меткой. Дно при этом было раскрыто. Сразу же после помещения креветок в

Таблица 1. Весовые характеристики и схема укладки гребенчатой креветки *Pandalus hypsinotus* в продукции разных сортов, производимых на промысле в Татарском проливе для японского рынка

Сорт	Масса особей, г	Количество особей в 0,5 кг
BF3L	≥72	6–7
V3L, BFLL	63–71	8
BLL, BFL	51–62	9–10
BL, BFM	42–50	11–12
BM, BFMS	29–41	13–17
BMS	23–28	18–22
BS	18–22	23–28
BSS	13–17	29–40

Примечание: Промысловому размеру 130 мм по длине тела соответствует индивидуальная масса, равная 35,3 г.

ловушку, ее зашнуровывали, присоединяли к порядку и опускали на грунт.

Одноразмерных креветок каждого сорта отбирали на глаз по образцу. Таковым, для сортов BSS, BS и BMS, служили 2–3 особи, лежавшие под рукой в ванночке. Вес каждой из них соответствовал середине допустимого для данного сорта диапазона, например, 20 г для сорта BS. При отборе креветок сортов BM и BFMS, имеющих размеры как более, так и менее промыслового, образцом служили особи с индивидуальной массой 32 г (средняя между минимально допустимой – 29 г, и промысловой – 35,3 г).

Во время выборки порядка содержимое помеченной ловушки высыпали в бак с забортной водой, выживших креветок считали, пересаживая их с помощью сачка в ведро, и затем снова опускали в этой же ловушке на дно при постановке данного порядка. Учитывали число мертвых креветок и экзоскелетов в ловушках.

10 апреля 2024 г. пять глухих ловушек, с креветками одного из вышеназванных сортов, последовательно отобранными из пяти порядков, были опущены на грунт в составе этих же порядков. Каждую такую ловушку при

выборке порядка поднимали на борт пять раз (ловушка с креветками сорта BSS была поднята только три раза из-за технического сбоя), а с учетом первого вылова, выжившие к концу опытов креветки поднимались на поверхность шесть (BSS – четыре) раз. На весь цикл уходило от 16 (для сорта BFMS) до 22 (BMS) дней, 2 мая эксперимент был закончен. В 2025 г. пятикратный подъем креветок сорта BS в глухой ловушке повторили в период с 1 по 17 апреля. В оба года застой ловушек составлял 2–4 сут., а в двух случаях – 8 сут. (4-й подъем сортов BM и BMS в 2024 г.). Всего выполнили 28 спусков-подъемов креветок в глухих ловушках.

Изучение влияния перепадов температуры на жизнеспособность молоди при однократном спуске-подъеме в глухой ловушке и в аквариумных условиях

В опытах использовали креветок сорта BS, как наиболее массовых в уловах. Отобранных при их первом вылове особей, подвергали тепловому воздействию, а затем переносили в емкости с забортной водой. Воду нужной температуры готовили, смешивая забортную воду с нагретой в котле до +80°C. В контроле креветки содержались только в забортной воде. Подопытных и контрольных креветок в одной серии экспериментов опускали в глухих ловушках на грунт, в другой – наблюдали за их поведением в аквариумах, которыми служили ведра объемом 18 л.

В 2024 и 2025 гг. на дно опустили 10 ловушек (из них 2 – контрольные) с 30-ю креветками сорта BS в каждой, предварительно выдержанными в воде с температурой от +12 до +20°C в течение 3–10 мин. Эксперимент заканчивали при первом же подъеме ловушек с учетом выживших в них особей.

Для аквариумных экспериментов креветок отбирали утром при выборке первого порядка. В опыте 20 особей выдерживали в воде с температурой +10, +15 и +20°C в течение 5, 10, 15 и 20 мин, после чего их пересаживали в ведро с забортной водой. В контроле в другое ведро помещали 20 особей, не подвер-

гавшихся тепловому воздействию. Оба ведра стояли в холодном месте (близ морозильных камер) 20–22 ч. Днем через каждые 2 ч проверяли состояние креветок в контроле и опыте, учитывали и удаляли погибших, измеряли температуру воды, обновляли ее. Затем ведра оставляли на ночь, а утром следующего дня делали последнюю ревизию.

Смертность оценивали по формуле:

$$100 \% \times (1 - N_k / N_n),$$

где N_n – число креветок в ловушке перед ее спуском, N_k – число креветок в ловушке после ее подъема.

Математическую обработку результатов проводили в программе Excel пакета Microsoft Office Home & Business 2013 ver: 15.0.5603.1000.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Фоновые температурные условия

В оба года температура воздуха в 14–16 ч по показаниям уличного бытового градусника обычно не превышала +6°C, в конце месяца – +10–12°C.

В 2024 г. температура поверхностного слоя воды во время проведения экспериментов обычно была близка к +1°C, варьируя от -1 до +2°C. В 2025 г. температура забортной воды, как правило, составляла +1–2°C при крайних значениях от +0,2 до +3,8°C.

Температура придонного слоя воды по данным измерений датчиками «SBE 56» изменялась по районам промысла, годам и глубинам (табл. 2). К примеру, на одном из самых продуктивных участков добычи к северу от 50° с.ш. средняя температура воды у дна на близких по величине глубинах была в 2024 г. почти в четыре раза выше, чем в 2025 г. На всех представленных в таблице 2 локальных участках промысла, крайние значения температуры воды у дна варьировали в очень узких границах, а их средние величины почти не отличались от приведенных выше значений температуры воды у поверхности.

Таблица 2. Результаты измерений температуры воды у дна электронными датчиками, закрепленными в промысловых ловушках

Период наблюдений	№ порядка	Число постановок	Широта, с.ш.	Долгота, в.д.	Глубина, м	Температура, °С <u>мин.-макс.</u> средняя	Число измерений
09.04–14.04.2024	9	2	50°14.42' – 50°16.80'	141°40.13' – 141°41.14'	124–136	<u>1,709–1,765</u> 1,730	759
15.04–28.04.2024	11	5	49°36.51' – 49°55.89'	141°36.98' – 141°45.88'	174–191	<u>0,880–1,834</u> 1,064	1848
24.03–19.04.2025	24	1	47°49.50' – 47°51.90'	140°09.00' – 140°09.00'	239–288	<u>0,978–1,394</u> 1,150	3738
28.03–05.04.2025	20	4	50°02.55' – 50°06.43'	141°46.52' – 141°46.86'	147–153	<u>0,269–0,500</u> 0,444	1152

Таким образом, в оба года креветки в экспериментальных ловушках не испытывали шок от перепадов температур при подъемах-спусках, поскольку температурные условия у дна и на поверхности были сходными, что обычно и наблюдается в условиях весенней гомотермии.

В суточных аквариумных экспериментах температура воды в контроле и опыте поддерживалась в диапазоне от +1 до +4°C путем регулярного (см. выше) обновления воды.

Учет травмированных особей до начала экспериментов

Число травмированных (согласно описанным выше признакам) и отбракованных креветок варьировало после часовой передержки в баке от 0 до 4 экз. на 45–50 экз. первично отобранных для экспериментов особей и в среднем составляло около 4% (N=8). Эта величина не включает особей, получивших серьезные механические повреждения или демонстрировавших слабую двигательную активность, которые выбраковывались при первичном отборе подопытных креветок со стола. Не учитывает она и тех креветок, которые могли погибнуть от скрытых травм при более длительных, чем часовая, передержках. Поэтому величину отхода креветок от травм

при вылове, равную 4%, можно рассматривать как близкую к минимально возможной и требующую уточнения.

Влияние многократных спусков-подъемов в глухих ловушках молоди гребенчатой креветки на ее жизнеспособность

По результатам 28 спусков-подъемов испытуемых креветок пяти сортов в глухих ловушках, их смертность за одну операцию варьировала от 0 до 75% и в среднем составляла 30% (рис. 1). В сериях пятикратных спусков-подъемов убыль остающегося числа подопытных креветок была не всегда равномерной, тем не менее, общая закономерность очевидна – от первого подъема к пятому доля отхода (гибели) молоди, независимо от сорта (размера), в целом возрастала. Максимальные ее значения в трех сериях из пяти (не считая прерванной с креветками сорта BSS) пришлись на пятый подъем, в остальных двух – на четвертый. В общей выборке креветок всех сортов, принявших участие в эксперименте (180 экз.), средняя доля их отхода с ростом числа спусков-подъемов возрастала линейно (рис. 2). После пятого подъема средняя смертность молоди всех размеров была почти в три раза больше, чем после первого – 45,8 против 15,6%, соответственно.

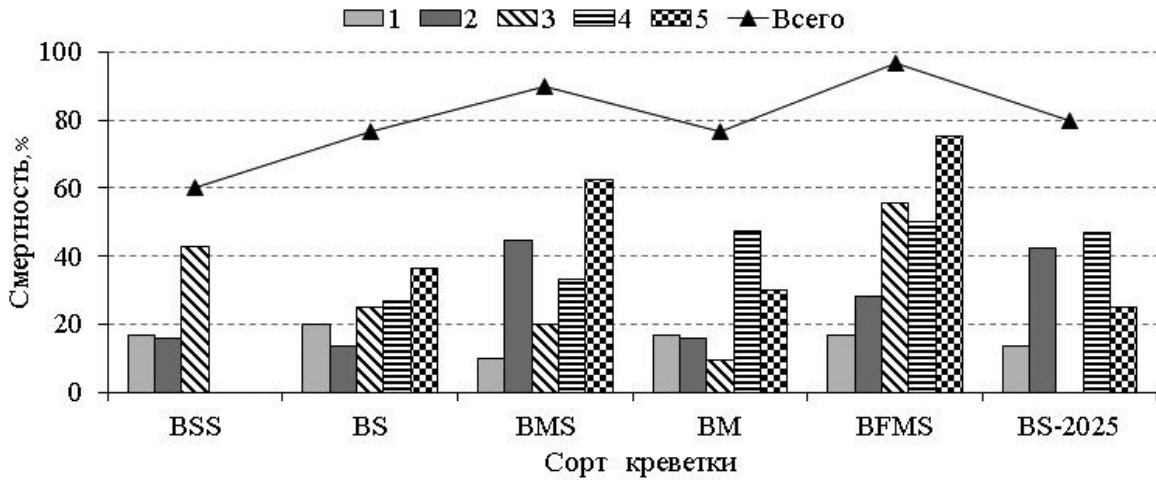


Рис. 1. Динамика относительной смертности молоди гребенчатой креветки пяти сортов с ростом числа операций по ее спуску-подъему в глухой ловушке в апреле 2024 и 2025 гг. По оси ординат: столбцы – убыль, в % от числа особей в ловушке перед ее очередным спуском; линия – итоговая смертность в серии спусков-подъемов в % от начального числа особей в ловушке; 1–5 – порядковый номер операции в серии спусков-подъемов глухой ловушки с креветками.

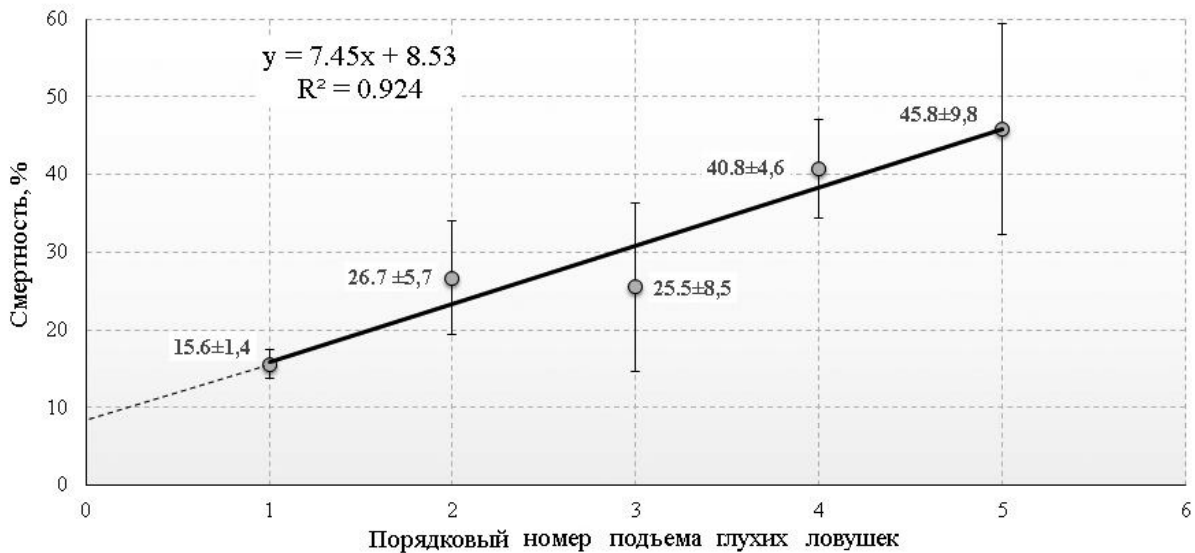


Рис. 2. Изменение средней (\pm стандартная ошибка) относительной смертности молоди гребенчатой креветки всех испытанных сортов с ростом числа операций по ее спуску-подъему в глухих ловушках.

Итоговая смертность креветок в каждой серии из пяти подъемов выражалась близкими величинами – от 76,7 до 96,7% (рис. 1), и в среднем составила 84% от 30-ти первоначально посаженных в ловушки экземпляров. Общее число мертвых особей, обнаружен-

ных во всех поднятых ловушках, составило 3, экзоскелетов – 18 (счет велся по карапаксам, так как целые скелеты почти не попадались). Большая часть недостающих креветок исчезли бесследно, очевидно, по причине вымывания фрагментов экзоскелета при подъеме ловушек.

Влияние перепада температур на жизнеспособность молоди

При планировании экспериментов, имитирующих влияние разности температур воды у дна и на поверхности, имеющих место в летне-осенний период, на выживаемость выпускаемой после вылова молоди гребенчатой креветки, исходили из следующих соображений. В октябре 1997 и 1998 гг. выловленные в Татарском проливе гребенчатые креветки оставались живыми и активно питались в ваннах с забортной водой с температурой около $+10^{\circ}\text{C}$ в течение 7 и 24 сут. (Шмигирилов, Новомодный, 2001). Фактором, резко увеличивавшим смертность креветок при повторном подъеме, являлся перепад температур придонных и поверхностных слоев воды более 7°C (там же). Максимальные значения температуры воды на поверхности, по данным гидрологических наблюдений, проводившихся в Татарском проливе в последнее время, были близки в пору «гидрологического лета» к $+20^{\circ}\text{C}$, а у дна на глубинах 100–200 м они составляли $+2-3^{\circ}\text{C}$ (Рейсовый отчет, 2011; Рейсовый отчет, 2021). Отсюда диапазон температур, который целесообразно было задавать в экспериментах, определили в $+10-20^{\circ}\text{C}$.

Время воздействия этих температур на креветок составляло в экспериментах от 3 до 20 мин. В этом случае ориентиром служили следующие данные. В сентябре толщина верхнего однородного слоя воды с температурой $+17,5^{\circ}\text{C}$ составляла над глубинами близкими к 200 м около 30 м, толщина слоя $+10^{\circ}\text{C}$ – около 40 м (Рейсовый отчет, 2014). Скорость подъема промыслового порядка в норме (в отсутствие сильного волнения и технических неполадок) составляла 1 м/сек. Скорость свободного падения обездвиженной креветки, измеренная в столбе спокойной воды (в баке) – около 4,5 м в минуту. В Татарском проливе на промысловых участках постоянно действуют сильные течения (до бурунов вокруг заякоренного бую), которые могут замедлить скорость вертикального падения обездвиженной тепловым шоком креветки.

В 2024 г. в опытах с однократными спусками-подъемами в закрытых ловушках креветок сорта BS, предварительно подвергавшихся в течение 3 и 6 мин воздействию температур, превышающих ту, что была у дна более, чем на $+10^{\circ}\text{C}$, смертность была в половине опытов не выше, чем в контроле (табл. 3). Если сравнить результаты опытов с порядковыми номерами 3 и 7, 4 и 6, 5 и 7, то губительное влияние теплового стресса однозначно прослеживается только в случае контактов креветок с водой $+20^{\circ}\text{C}$, после которых отмечались самые высокие значения смертности – 58 и 100%.

В 2025 г. ловушка, в которой опустили на грунт 30 самцов сорта BS после 10-минутной их выдержки в воде 20°C , вернулась через четверо суток совершенно пустой, без каких-либо фрагментов экзоскелетов. Вероятно, все креветки погибли и были съедены бокоплавами вскоре после спуска. В контрольной ловушке было поднято 26 живых креветок из 30-ти, как и в 2024 г. – отход 13,3%.

В аквариумных экспериментах, проводившихся в апреле 2025 г. (рис. 3), в контроле за неполные сутки погибало от 1 до 6 креветок или от 5 до 30% (рис. 3 А–И). В среднем по результатам этих девяти суточных экспериментов смертность креветок в контроле составила 2,22 особи или 11,1%.

В опыте отход креветок в шести случаях из девяти превышал таковой в контроле, в одном случае первый оказался в итоге даже ниже (рис. 3 Б), что может быть объяснено погрешностью выборки, еще в двух – различий не было (рис. 3 А, 3 В). Смертность рассчитывали, предварительно отняв число креветок погибших в опыте, от такового в контроле. При этом условии отход креветок, выдержанных в воде с температурой $+10$ и $+15^{\circ}\text{C}$ в течение 5, 10 и 15 мин., составлял после 8–12 ч реабилитации в забортной воде от 1 до 3 особей или от 5 до 15%, а после 22 ч – от 0 до 3 особей (0–15%), то есть к концу суток не увеличивался (рис. 3–А, Б, В, Д, Е, Ж). После 20-минутной экспози-

Таблица 3. Выживаемость самцов сорта BS после 3–10 минутной выдержки в воде температурой +12–20°C с последующим спуском-подъемом в глухой ловушке

№ п/п глухой ловушки	№ порядка	Дата отбора и спуска креветок	Температура воды в опыте, °C	Выдержка в теплой воде, мин.	Дата подъема ловушки	Застой, сут.	Живых особей, экз.	Отход %
1	9	27.04.2024	1	0 (контроль)	30.04.24	3	26	13,3
2	9	27.04.2024	12	3	30.04.24	3	26	13,3
3	12	30.04.2024	14,5	3	03.05.24	3	26	13,3
4	12	30.04.2024	17	3	03.05.24	3	24	20,0
5	11	01.05.2024	12	6	04.05.24	3	21	30,0
6	5	02.05.2024	16	3	04.05.24	2	28	6,7
7	12	03.05.2024	14	6	06.05.24	3	26	13,3
8	9	03.05.2024	20	3	06.05.24	3	13	57,7
9	20	01.04.2025	1	0 (контроль)	05.04.24	4	26	13,3
10	20	01.04.2025	20	10	05.04.24	4	0	100,0

ции креветок при этих же температурах их отход возрастал до 4–6 особей или 20–30% (рис. 3 Г, З). При контакте с температурой +20°C смертность резко возрастала. Среди креветок, испытавших 5-минутный контакт, она быстро достигла 65–70% и осталась на этом уровне до конца опыта (рис. 3 И). Креветки, пребывавшие в воде +20°C в течение 10 мин., все погибли в первые два часа (рис. 3 К).

ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования по мечению крабов показали, что повторные поимки одного и того же краба крайне редки (Моисеев, 2012). Меченые особи гребенчатой креветки ловились вторично с интервалом от 3 до 42, в среднем 22,5 сут. (Шмигирилов, Новомодный, 2001). Учитывая тот факт, что в Татарском проливе доля подлежащей выпуску молодежи гребенчатой креветки может достигать в уловах 92% (см. выше), а ее допустимый прилов крайне мал (Приказ Минсельхоза...№285, п. 38.2, 38.3), повторные поимки на промысле выпу-

щенных особей представляются более, чем вероятными.

В четырех экспериментах с самцами сорта BS (см. рис. 1 и табл. 3 – контроль), как и в опытах с молодью остальных сортов, отход креветок при повторном подъеме (первом в глухих ловушках) измерялся близкими величинами – от 10 до 20%, и в среднем для всех сортов составил $15,00 \pm 0,98\%$ ($N=8$). Эту величину можно было бы использовать для учета косвенной промысловой смертности гребенчатой креветки Татарского пролива в холодный период года. Однако, вероятность повторных поимок выпускаемых на промысле креветок, как и их частота, не определены. Между тем, частота сильно влияла на жизнеспособность промысловых ракообразных. Так, в серии последовательных подъемов-спусков в ловушках крабов-стригунов опилио, их физиологическое состояние, оцениваемое по двигательной активности, заметно ухудшалось при подъемах, повторяющихся через двое суток. Однако после 4-х суточного застоя ловушек состояние крабов улучшалось,

К ВЫЖИВАЕМОСТИ «МОЛОДИ» ГРЕБЕНЧАТОЙ КРЕВЕТКИ

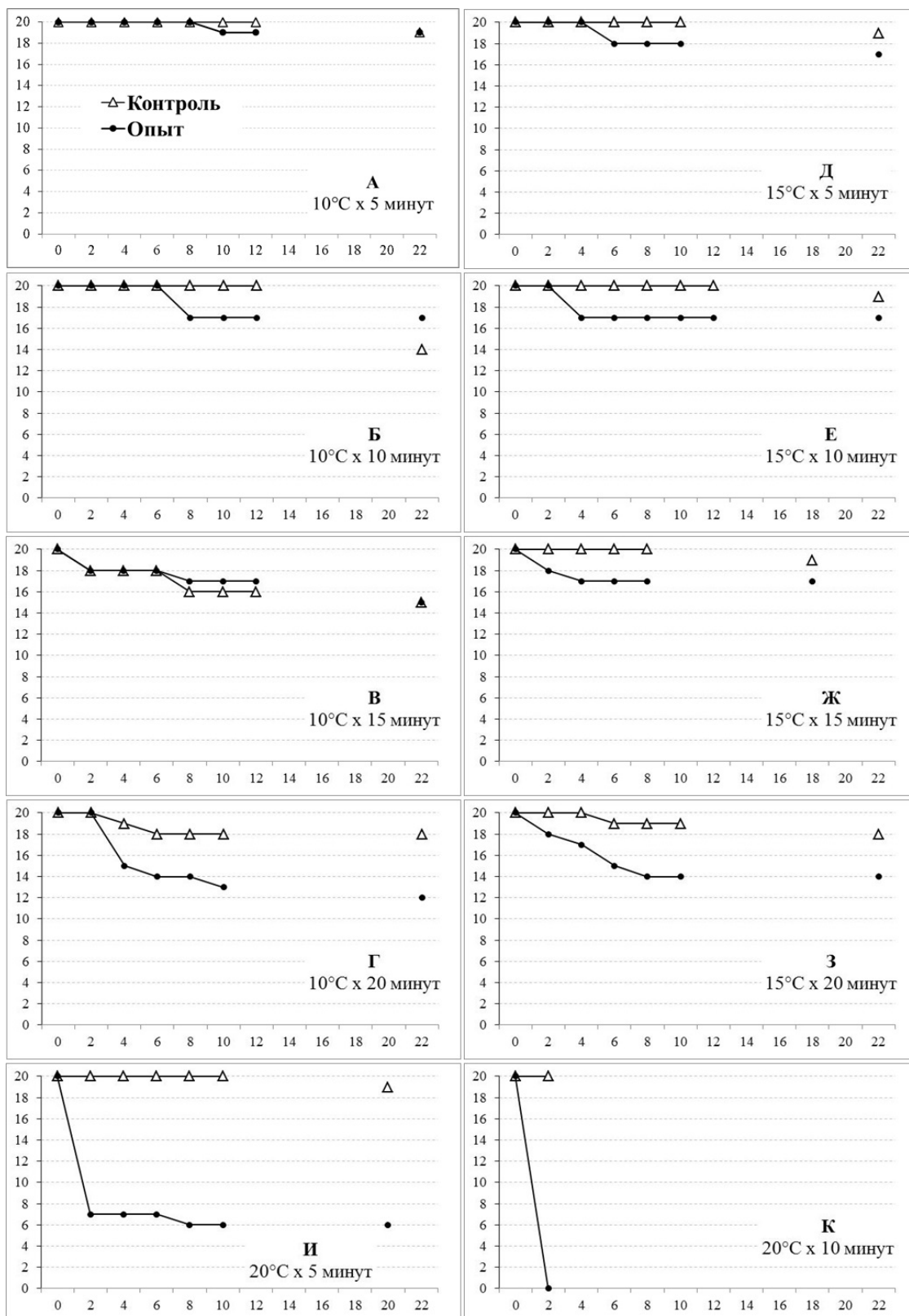


Рис. 3. Почасовая динамика отхода самцов гребенчатой креветки сорта BS, подвергавшихся (опыт) и не подвергавшихся (контроль) тепловому стрессу разной интенсивности и продолжительности, по результатам аквариумных экспериментов. По оси абсцисс – время в часах после воздействия повышенных температур; по оси ординат – число живых особей, экз.

а после 8-ми суточной экспозиции крабы полностью восстанавливались и по своей активности не уступали только что пойманым животным (Иванов, Карпинский, 2003; Иванов, Соколов, 2003; Моисеев и др., 2012). Исходя из сказанного, при определении косвенной промысловой смертности, связанной с батическим стрессом, корректнее будет, до проведения соответствующих исследований, ориентироваться на единственный подъем-спуск, который претерпевают все без исключения выловленные и затем отпущенные обратно в море особи. Согласно выявленной связи, отход молоди гребенчатой креветки в этом случае может составлять в среднем 8,53% (точка пересечения прямой с осью у на рисунке 2).

В летне-осенний период, когда температура воды в поверхностных слоях значительно превышает таковую у дна, смертность от единственного подъема-спуска может быть намного выше, чем 8,53%. Так, при перепаде температур немногим более 7°C смертность выловленных креветок при их повторном подъеме составляла 70–80% (Шмигирилов, Новомодный, 2001). Однако, в наших экспериментах такая высокая смертность не наблюдалась и при значительно больших разностях температур воды в контроле и опыте. Так, самцы весом 20 г, без больших потерь переносили пребывание в воде с температурой от +10 до +17°C в течение 3–15 мин. И только при перепаде в 18,5°C (2024 г.) и 19,5°C (2025 г.), а именно, выдержке подопытных особей в воде, доведенной до +20°C, в течение 3, 5 и 10 мин., смертность достигала 44, 65, и 100%, соответственно (табл. 3, рис. 3И-3К).

Сообщалось также, что при разности температур у поверхности и у дна менее 7°C, смертность при повторном подъеме составляла не более 5% (там же). В нашем случае, при минимальной разности температур придонной и забортной воды, составлявшей в апреле 2024 и 2025 гг. примерно от +0,5 до +1,5(2)°C, отход креветок при повторном

подъеме составлял, как было показано выше, в среднем 15±0,98%.

Таким образом, представленные данные не совсем согласуются с приведенными А.П. Шмигириловым и Г.В. Новомодным (2001). По результатам наших экспериментов определенно можно сказать, что критическим для выживания креветок оказался перепад температур более, чем на 18°C. Для более точной количественной оценки влияния теплового стресса на выживаемость выпускаемой молоди и его вклада в итоговую косвенную промысловую смертность необходимо проведение экспериментов с повторными подъемами креветок в глухих ловушках в сезон «гидрологического лета».

С этой же целью целесообразно провести оценку смертности креветок от травматизма, неизбежного при ловушечном промысле в любое время года. Травмы креветок возможны при ударах, выходящих из воды ловушек о борт судна, при падении креветок из раскрытой ловушки на стальную поверхность сортировочного стола с высоты 20–40 см, при соударениях с массивными и очень многочисленными в прилове букцинидами, рыбами, прочими животными. Показательны в этом отношении результаты учета креветок после второго и третьего их подъемов в серии BS-2025 (рис. 1). Перед ее вторым спуском перенос креветок из ведра в ловушку был выполнен очень неудачно – часть особей упали на палубу. В результате отход креветок при их подъеме через трое суток составил 11 особей из 26 или 42,3%. Перед третьим спуском ловушки креветок посадили аккуратно и все 15 особей вернулись наверх живыми.

Несмотря на предварительную выбраковку травмированных креветок, далее в наших аквариумных экспериментах наблюдалась высокая доля отхода условно здоровых особей в контроле – в среднем 11,1% за неполные сутки наблюдений. Это могло быть связано отчасти с несколько стесненными условиями содержания (по 20 осо-

бей в ведре), отчасти, опять же, с травмами, полученными во время выборки, только не такими сильными, чтобы быть замеченными сразу или в течение часовой передержки до начала эксперимента, но чреватые более отдаленными последствиями. Так или иначе, очевидно, что смертность выпускаемой в море молоди, связанная с травматизмом, требует отдельного, специального исследования.

Пока в этом вопросе нет ясности, можно принять, что минимальный отход молоди на ловушечном промысле, связанный с травматизмом, составляет около 4%, а суммарная, с учетом батического фактора (8,53%), смертность в период гомотермии – минимум 12,5%. Несомненно, что в период максимального прогрева поверхностных слоев воды и воздуха (август-сентябрь) итоговая смертность может только возрасти за счет теплового стресса. Еще выше эти величины окажутся, если будет определена смертность от повторных поимок (рис. 2).

Серьезные безвозвратные потери при добыче гребенчатой креветки связаны, кроме того, с невозможностью точно разделить ее улов на промысловую и не промысловую части как в процессе первичной ручной сортировки, так и вторичной механической. Поэтому по окончании выборки порядка всегда остаётся некоторое количество не попавших в продукцию и уже нежизнеспособных креветок размерами менее 130 мм. В 2022 г. на одном из судов их выбросы составили в среднем 17% (N=10) от массы улова гребенчатой креветки, оставшейся после его ручной сортировки (Юрьев, Андронов, 2024).

Подводя итог вышесказанному, приходится констатировать, что действующее ограничение на добычу гребенчатой креветки, менее промыслового размера, не только «не отвечает... принципам рационального природопользования и ресурсосбережения» (Юрьев, Андронов, 2024), но, более того, неизбежно приводит к неоправданной гибели значительной части ресурса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При многократных спусках-подъемах молоди гребенчатой креветки в глухих ловушках средняя доля ее отхода линейно возрастала с каждым следующим подъемом: от 15,0% в первый, до 45,8% в пятый. Поскольку эксперименты проводились в условиях гомотермии, полученная закономерность (рис. 2) обусловлена батическим фактором, негативное влияние которого на состояние креветок, при многократных, с частотой раз в 2–4 сут., подъемах быстро накапливалось. Согласно этой же закономерности, в холодный период года (примерно с ноября по июнь) косвенная промысловая смертность молоди после однократного вылова-выпуска составит в среднем 8,53%.

Результаты экспериментов по влиянию теплового стресса на жизнеспособность гребенчатой креветки указывают на то, что она, по-видимому, способна выдерживать значительно большие перепады температур воды у дна и на поверхности, чем указывалось ранее (Шмигирилов, Новомодный, 2001), а именно до 18°C, а не до 7°C. Для определения косвенной промысловой смертности, связанной с перепадом температур, необходимо проведение специальных исследований в августе-сентябре.

Предварительная оценка показала, что от полученных при первичной сортировке улова травм гибнет минимум 4% выпускаемой обратно в море молоди гребенчатой креветки.

Таким образом, в период весенней гомотермии, суммарная смертность молоди от стресса, связанного с единственным выловом-выпуском, и от травм, полученных при сортировке улова, оценивается минимум в 12,5%.

Приведенные данные указывают на большую практическую значимость определения всех составляющих косвенной промысловой смертности гребенчатой креветки для рационального управления ее запасами и их освоения. Поэтому исследования

в этом направлении необходимо продолжить. Но еще важнее с этой точки зрения основательно пересмотреть целесообразность установления промыслового размера 130 мм в качестве меры, ограничивающей добычу гребенчатой креветки. Не исключено, что наилучшим во всех отношениях решением окажется, если не снятие этого ограничения, то значительное увеличение допустимого прилова молоди.

Благодарности

Автор выражает искреннюю признательность д.б.н. А.И. Буяновскому (ВНИРО) и д.б.н. Д.О. Алексееву (ВНИРО) за ценные замечания при подготовке рукописи, а также благодарит экипажи промысловых судов СРТМ-К «Залив Находка» и «Апостол Пётр» и руководство предприятия-судовладельца ООО «Оплот Мира» за помощь и содействие при организации работ по сбору материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев Д.О., Буяновский А.И., Моисеев С.И. Учет косвенной промысловой смертности некоторых ракообразных при прогнозировании их численности // Тез. докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2011. С. 126.

Буяновский А.И., Юрьев Д.Н., Жуковская Г.В. Исследования гребенчатой креветки в Татарском проливе. 1. Подходы к оценке возрастного состава уловов // Тр. ВНИРО. 2025. Т. 200. С. 22–36.

Иванов Б.Г., Карпинский М.Г. Смертность крабов в ловушках: краб-стригун в северной части Охотского моря // Вопр. рыболовства. 2003. Т. 4. № 4 (16). С. 590–607.

Иванов Б.Г., Соколов В.И. Смертность крабов в ловушках: камчатский краб у Западной Камчатки // Вопр. рыболовства. 2003. Т. 4. № 1 (13). С. 116–134.

Моисеев С.И. Особенности выживаемости крабов при ловушечном промысле в западной

части Берингова моря // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы III Всероссийской науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012. С. 221–222.

Моисеев С.И., Моисеева С.А. Отдаленные последствия подъема в ловушках для различных видов крабов // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы XI междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения выдающихся российских ихтиологов А.П. Андрияшева и А.Я. Таранца. Петропавловск-Камчатский: «Камчатпресс», 2010. С. 190–193.

Моисеев С.И. Особенности выживаемости крабов при ловушечном промысле в западной части Берингова моря // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы III Всероссийской науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012. С. 221–222.

Моисеев С.И., Моисеева С.А., Лаптева А.М. Изменение показателей гемолимфы у крабов-стригунов вследствие стресса, вызываемого ловушечным промыслом // Вопр. рыболовства. 2012. Т. 13. № 1(49). С.125–144.

Приказ Минсельхоза России от 06.05.2022 №285 (ред. от 10.03.2023) «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна». 120 с.

Шмигирилов А.П., Новомодный Г.В. Результаты мечения гребенчатой креветки *Pandalus hypsinotus* Brandt и проблемы оценки ее запаса в Татарском проливе // Сб. науч. трудов «Исследования биологии промысловых ракообразных и водорослей России». Москва: Изд-во ВНИРО, 2001. С. 227–235.

Юрьев Д.Н. Об особенностях жизненного цикла гребенчатой креветки *Pandalus hypsinotus* (Decapoda, Pandalidae) в Татарском проливе // Изв. ТИНРО. 2024. Т. 204. С. 134–145.

Юрьев Д.Н., Андронов П.Ю. О промысловой мере как инструменте регулирования добычи гребенчатой креветки *Pandalus*

hypsinotus (Decapoda, Pandalidae) в Татарском проливе // XV Национальная (Всероссийская) науч.-практ. конф. «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование». КамчатТГУ, 2024. С. 32–37.

Рейсовый отчет о результатах донной траловой съемки на РК МРТ «Бухоро» в северо-западной части Татарского пролива (подзона 61.06.1), в период с 1 сентября по 15 октября 2011 г., № 1736. Хабаровск, 2011. 89 с.

Рейсовый отчет о результатах донной траловой съемки, проведенной на РК МРТ «Бухоро» в северо-западной части Татарского пролива (район 61.06.1) в период с 15 сентября по 20 октября 2014 г., № 1803 Хабаровск, 2014. 88 с.

Рейсовый отчет о научно-исследовательских работах по исследованию тихоокеанских лососей в Японском море и акустического поиска скоплений сельди на юго-западном шельфе и в зал. Анива о. Сахалин на НИС «Владимир Сафонов» с 20 октября по 18 ноября 2021 г. Владивосток, 2021. № 28787. 68 с.

**TO THE SURVIVAL OF THE SHRIMP *PANDALUS HYP SINOTUS*
(DECAPODA, PANDALIDAE) INDIVIDUALS SMALLER
THAN THE COMMERCIAL SIZE, RETURNED TO THE
SEA IN THE TRAP FISHING IN THE TATAR STRAIT**

© 2026 y. D.N. Yuriev

*Khabarovsk branch of State Scientific Center of the Russian
Federation «VNIRO», Russia, Khabarovsk, 680038*

The article presents data on the mortality of Tatar Strait *Pandalus hypsinotus* during repeated dives and ascents in traps with closed entrances under conditions of spring homothermy and in experiments that emulate the temperature differences between the bottom and surface layers of the water in the Strait during the warm season. The article discusses the feasibility of releasing *Pandalus hypsinotus* individuals smaller than 130 mm in body length into the sea during trap fishing.

Key words: Tatar Strait, *Pandalus hypsinotus*, commercial size, trap fishing, survival of the shrimp.

МИКРОПЛАСТИК В ВОДНОЙ СРЕДЕ И ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ

© 2026 г. В.А. Беляев¹ (spin: 7717-0509), А.А. Лукин^{2,3}, (spin: 2692-9210),
И.В. Седлецкий¹ (spin: 6788-5926)

1 – ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187

2 – ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет,
Россия, Челябинск, 454080

3 – ФГАОУ ВО Южно-Уральский государственный университет (Национальный
Исследовательский Университет), Россия, Челябинск, 454080
E.mail: sedletskiy@vniro.ru

Поступила в редакцию 2026 г.

Обзор посвящен изучению загрязнения морской среды микропластиком и его негативному воздействию на рыбные ресурсы, продовольственную безопасность и здоровье человека. Приводятся многочисленные исследования, демонстрирующие присутствие микропластика в морских экосистемах и его влияние на различные виды морских организмов, включая рыбу. Описываются пути проникновения микропластика в пищевые цепи и рассматриваются возможные последствия для здоровья человека. Подчеркивается важность продолжения исследований и разработки комплексных мер для уменьшения негативного воздействия микропластика на морские экосистемы и здоровье человека.

Ключевые слова: загрязнение морской среды, микропластик, рыбные ресурсы, продовольственная безопасность, здоровье человека, биологическое накопление

Пластиковое загрязнение перерастает в острую экологическую проблему планетарного масштаба, оказывающую пагубное влияние на живую природу, экологические системы и самочувствие людей. В настоящем аналитическом обзоре представлен всесторонний анализ широко распространенной проблемы загрязнения микрочастицами пластика, основанный на обширной базе исследовательских данных (Беляев и др., 2024б). Благодаря массовому применению и ненадлежащей утилизации, пластик, обусловленный своей неспособностью к биоразложению, обнаруживается как в наземных, так и в морских экосистемах.

Микрочастицы пластика, определяемые как пластиковые фрагменты размером менее 5 мм, проникают в экологические системы по всему миру, включая реки, озера, океаны и городские территории. Микропластик, попадающий в морскую среду, стал объектом многочисленных исследований (Polidoro et al.,

2022; Song et al., 2022; Беляев и др. 2024 а). Но, на наш взгляд, некоторым вопросам его присутствия в пресноводных экосистемах и воздухе жилых и производственных помещений не уделялось должного внимания.

Недавние исследования, проведенные на пляжах Бангладеш и в Таиланде (Kasamesiri et al., 2023), выявили негативное воздействие загрязнения микрочастицами пластика на экосистемы и здоровье населения. Микропластик способен проникать через желудочно-кишечный тракт человека в лимфатическую систему, что может вызывать проблемы со здоровьем. В статье подчеркивается, что микропластики размером менее 150 мкм особенно опасны, так как могут перемещаться по организму человека.

Поглощение микропластика морскими обитателями, включая рыб и моллюсков, вызвало опасения по поводу биоаккумуляции и ее последствий для потребителей (рис. 1) (Luqman et al., 2021).

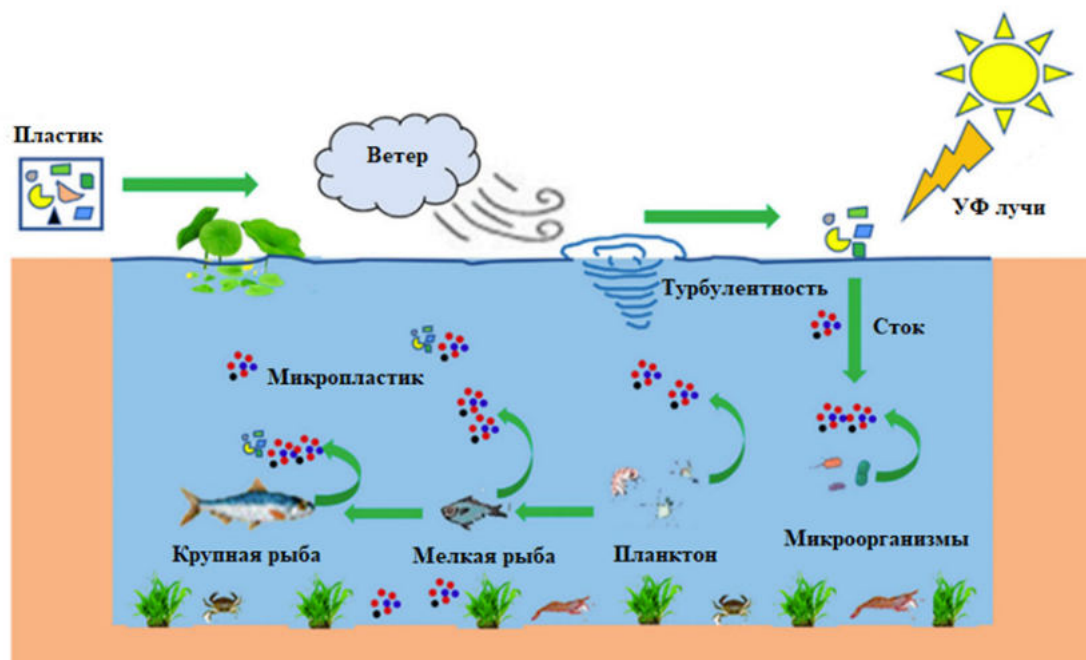


Рис. 1. Процесс образования микрочастиц микропластика в водных объектах (по Luqman et al., 2021).

Кроме того, исследования, проведенные в Испании, выявили сложную динамику распространения микропластика в окружающей среде и подчеркнули роль очистных сооружений в загрязнении микропластиком (Bayo et al., 2023). Для решения этой проблемы могут быть использованы физико-химические методы как в качестве предварительной, так и последующей обработки. Китайские ученые продемонстрировали динамичный характер этого процесса, показывая сезонные колебания концентрации микропластика в различных средах. Исследование показало существенные сезонные различия в пространственном размещении пластиковых отходов на береговых линиях и определило ключевую роль приливных процессов и антропогенного фактора в формировании реестра пластикового загрязнения морской среды. Концентрация пластикового мусора в летний период (среднее значение: $6,00 \pm 2,10$ единиц/м²) значительно превышала зимние показатели (среднее значение: $3,75 \pm 2,12$ единиц/м²; $p < 0,05$), что вероятно обусловлено повышенной интенсивностью человеческой деятельности в теплое время года (Zhang et al., 2022).

Более того, Г. Сунь с соавторами (Song et al., 2022) отметили, что пандемия COVID-19 не преднамеренно открыла уникальную возможность изучить взаимосвязь между снижением активности человеческой деятельности и загрязнением микропластиком.

Так в Бангладеше провели исследование, которое проливает свет на влияние мер изоляции на содержание микропластика в уличной пыли и на качество воздуха, предоставляя информацию об экологических последствиях ограничений, связанных с пандемиями (Rabin et al., 2023).

Разработка мер и стратегий по смягчению последствий загрязнения микропластиком среды имеет жизненно важное значение, поскольку ситуация с каждым годом усугубляется.

Цель настоящего исследования состоит в том, чтобы провести литературный обзор проблем, связанных с загрязнением микропластиками водной среды. Задача состоит в том, чтобы заложить основу для последующих исследований, способствовать принятию обоснованных решений и стимулировать глобальные усилия, направленные на

смягчение повсеместной и давней проблемы загрязнения микропластиком.

Проблема утилизации твердых отходов представляет собой серьезную экологическую и санитарную проблему в глобальном масштабе, т.к. в результате индустриальной и сельскохозяйственной деятельности человека в окружающую среду поступает огромное количество разнообразных материалов (Kole et al., 2017; Sobhani et al., 2020; Bashir et al., 2021). Термин «твердые отходы» охватывает разнообразные материалы, которые могут существовать в твердом, жидком, полутвердом или газообразном состояниях. Утилизация муниципальных твердых отходов (МТБО) представляет собой многогранную и сложную проблему, включающую в себя несколько типов отходов, в том числе бытовых, коммерческих, институциональных, отходов от уборки улиц, строительные и санитарные отходы.

Широкое применение пластиковых материалов в нашей повседневной жизни принесло неоспоримые социальные выгоды, начиная с улучшения здоровья и заканчивая повышением комфортности в повседневной жизни. Тем не менее, резкое увеличение производства и потребления пластика привело к опасности загрязнения микрочастицами пластика. Эти крошечные пластиковые частицы, проникли в экосистемы по всему миру, от морских глубин до воздуха, которым мы дышим, и не оставили незатронутым ни один квадратный метр на нашей планете (рис. 2) (Zhai et al., 2023).

Массовое использование и долговечность пластмасс в современной цивилизации привели к непредвиденным последствиям, в частности, к распаду крупных пластиковых изделий на мелкие частицы, которые составляют микропластик. В результате эти микроскопические частицы пластика попадают в экосистемы, загрязняя атмосферу, воду, почву и пищевые продукты.

Согласно исследованию К.М. Бёргера и соавторов (Boerger et al., 2010), в пищеварительном тракте приблизительно трети рыб,

отловленных в центральной части Тихого океана, были идентифицированы пластмассовые фрагменты сантиметрового размера, со средней концентрацией 2,1 частицы на особь. Авторы данной статьи также приступили к исследованию важного промыслового вида Каспийского моря – долгинской сельди (*Alosa braschnikowi*) на присутствие микропластика и других посторонних частиц на примере особей, отловленных в естественных условиях Северного Каспия (Седлецкий и др., 2025a). Предварительные данные выявили значительное загрязнение как микропластиком, так и другими частицами различного происхождения. В частности, на каждую особь было обнаружено множество неидентифицированных инородных частиц, включая микропластик, мезопластик размером от 5 до 50 мм и макропластик более 50 мм.

При анализе пелагических и донных видов рыб из акватории Ла-Манша микропластик были зафиксированы в желудочно-кишечных тракте у трети исследованных образцов. В ходе исследования было обследовано 504 экз. рыб. Пластиковые частицы обнаружены в пищеварительном тракте у 36,5% изученных особей. Присутствие пластика было отмечено во всех десяти рассматриваемых видах, включая пять пелагических и пять донных. Из 184 штук рыб, содержавших пластик, среднее количество частиц на одну особь составило $1,90 \pm 0,10$. Метод инфракрасной Фурье-спектроскопии позволил идентифицировать 351 пластиковый фрагмент. Наиболее распространенными материалами оказались полиамид (35,6%) и полусинтетическая целлюлоза – вискоза (57,8%). Существенных различий в объеме потребленного пластика между пелагическими и донными рыбами не установлено (Lusher et al., 2013).

Изучение содержимого желудков ряда промысловых видов у побережья Португалии выявило присутствие в среднем $1,40 \pm 0,66$ частиц на особь ($n = 52$), диаметр которых находился в интервале от 220 до 4800 микрометров. Среди 535 рыб, собранных в пресно-

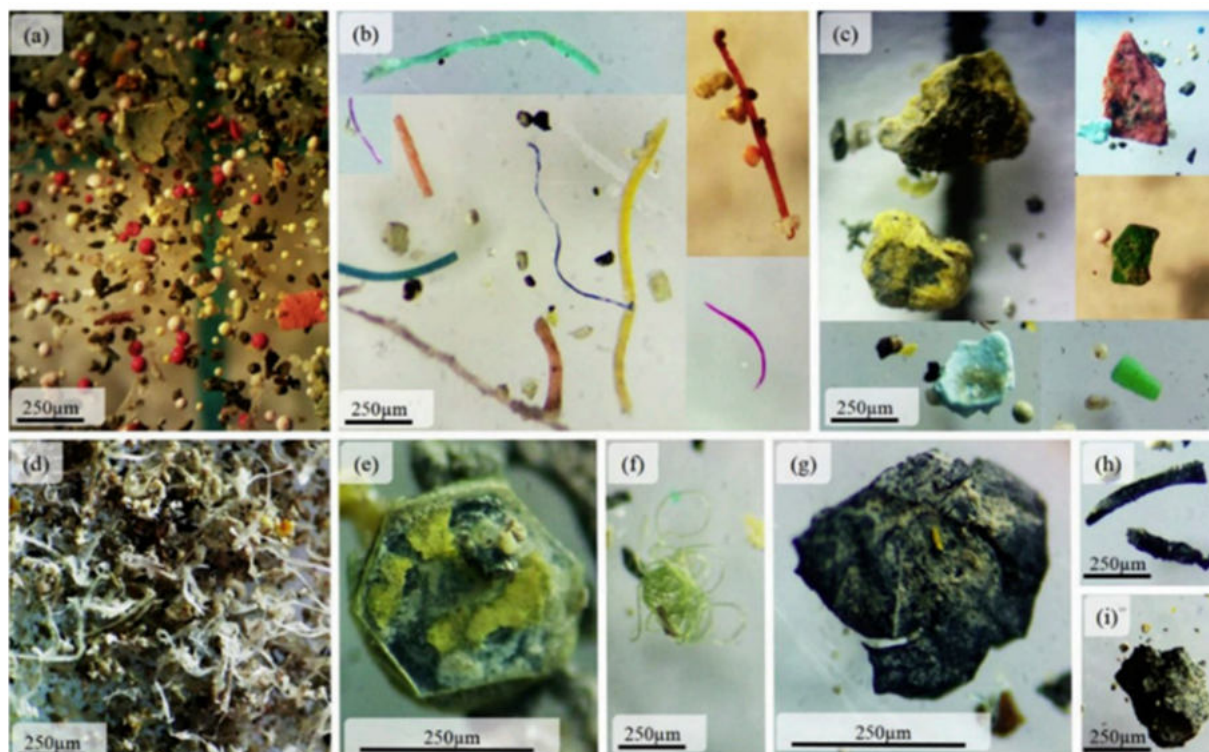


Рис. 2. Изображения микропластика, полученные с помощью микроскопа: (а) сферические микро-частицы, (б) волокнистые микрочастицы, (с) фрагментированные микрочастицы, (д) мембранные микрочастицы, (е) одиночные гексагональные мембранные микрочастицы, (ф) линейные микро-частицы, (г) мембранный МР, (h) волокнистый и (i) фрагментированный МР (по Bostan et al., 2023).

водных водотоках и эстуарной зоне Мексиканского залива, частицы микропластика в пищеварительном тракте содержали 8% пресноводных и 10% морских особей (Phillips, Bonper, 2015). Частота встречаемости проглоченного рыбой микропластика в ненарушенных антропогенным воздействием ручьях (5%) была ниже, чем в урбанизированном водотоке (29%). Распределение микропластика между различными местообитаниями (бенталь, пелагиаль) и трофическими гильдиями оказалось статистически однородным.

Распространенность пластикового мусора антропогенного происхождения в желудочно-кишечном тракте рыб (*Oreochromis niloticus*, *Katsuwonus pelamis*, *Rastrelliger kanagurta*, *Decapterus macrosoma*, *Spratelloides gracilis*, *Siganus argenteus*, *Siganus fuscescens*, *Siganus canaliculatus*, *Lutjanus gibbus*, *Selar boops*), отобранных для анализа на рынках Индонезии и Калифорнии (США), была оце-

нена в работе Рочмен с соавторами (Rochman et al., 2015). В образцах из Индонезии микропластик был обнаружен у 28% отдельных особей и у 55% из 11 исследованных видов, со средним значением 5,03 частицы на рыбу. Аналогично, в образцах из США микропластик присутствовал у 25% особей (2,03 частицы/рыбу) и у 67% из 12-ти изученных видов. Частицы, извлеченные из индонезийской рыбы, были классифицированы как фрагменты и пленки, тогда как в американских образцах доминировали волокна.

Исследование К. Рюммеля и коллег, посвященное обнаружению полимеров, включая микропластик, у пелагических (сельдь, скумбрия) и донных рыб (треска, камбала, речная камбала) из Северного и Балтийского морей, показало, что пластиковые частицы содержались у 5,5% обследованных особей (Rummel et al., 2016). При этом 74% всех извлеченных частиц соответствовали раз-



Рис. 3. Креветка вида *Crangon crangon* (Devriese et al., 2015).

мерному классу микропластика (менее 5 мм), с количеством от 1 до 7 частиц на рыбу, и почти 40% частиц состояли из полиэтилена. Инцидентность проглатывания пластика была достоверно выше у пелагических видов по сравнению с придонными (10,7% против 3,4%). Однако остается невыясненным, было ли потребление микропластика рыбами в рассмотренных исследованиях прямым или являлось следствием трофического переноса (Rummel et al., 2016).

Синтетические волокна размером от 200 до 1000 микрометров были идентифицированы у креветок вида *Crangon crangon* (рис. 3), выловленных в различных районах Ла-Манша. Волокна присутствовали в 63% проанализированных образцов, со средним содержанием $0,68 \pm 0,55$ частиц микропластика на грамм мышечной ткани, что эквивалентно 1,23–0,99 частицы на одну креветку (Devriese et al., 2015). Авторы отметили сезонную динамику, зафиксировав более высокие концентрации микропластика в октябре по сравнению с мартом.

Исследование мягких тканей диких и культивируемых моллюсков мидий (*Mytilus edulis*, *Mytilus galloprovincialis*), а также их гибридной формы), отобранных на бельгийс-

ком побережье (три волнолома и три участка набережной) и в трех бельгийских супермаркетах, выявило присутствие микроскопических синтетических волокон длиной от 200 до 1500 микрометров (De Witte et al., 2014). Спектр обнаруженных цветов включал черный, красный, синий, пурпурный, полупрозрачный, прозрачный, оранжевый, зеленый и желтый, причем наиболее часто встречался размерный класс 1000–1500 мкм. Общая концентрация микропластика колебалась в пределах 0,26–0,51 волокна на грамм мышечной ткани. Повышенная встречаемость оранжевых волокон в образцах с причалов коррелировала с активностью рыболовства.

В другом исследовании в мидиях (*M. edulis*), выращенных в Северном море, и в тихоокеанских устрицах (*Crassostrea gigas*), культивируемых в Атлантическом океане, было установлено среднее содержание загрязнителей на уровне 0,36 и 0,47 частиц на грамм соответственно (Van Cauwenberghe et al., 2015). После трехдневного процесса очистки (депурации) количество микропластика снизилось до 0,24 и 0,35 частиц на грамм у мидий и устриц, соответственно. В очищенных мидиях преобладали частицы размером 5–10 мкм (50%), тогда как в устрицах наиболее

распространенными были фракции 11–15 мкм (30%) и 16–20 мкм (33%).

В процессе очистки пищеварительного тракта мидий и устриц наблюдается преобладание частиц микропластика крупных размеров. Это явление обусловлено следующими причинами:

- крупные фрагменты с большей вероятностью задерживаются в пищеварительной системе и эффективно элиминируются из организма моллюсков в процессе депурации.

- мелкие частицы, обладая способностью к пенетрации в более глубокие слои тканей, могут оставаться в организме значительно дольше.

- большинство исследовательских методик сосредоточено на анализе содержимого желудочно-кишечного тракта, где макрочастицы визуальнo и аналитически определяются проще.

Более высокие концентрации микропластика, в диапазоне 2,1–10,5 частиц на грамм, были зафиксированы в тканях девяти видов промысловых двустворчатых моллюсков, приобретенных на рынках Китая (Li et al., 2015). Размер частиц варьировался от 5 до 5000 мкм, при этом около 60% всех частиц находились в интервале 5–250 мкм. Во всех исследованных образцах присутствовали различные типы микропластика: волокна, фрагменты и гранулы. Волокнистые частицы являлись наибо-

лее распространенной формой и в большинстве случаев составляли свыше половины от общего числа.

Мидии (*M. edulis*) (рис. 4), собранные в шести локациях вдоль франко-бельгийско-голландского побережья, после 24-часовой депурации для полного очищения кишечника содержали в среднем 0,2–0,3 частицы на грамм (размерный диапазон 20–90 мкм), с максимальным значением 1,1 частицы на грамм (Van Cauwenberghe et al., 2015).

Микрочастицы пластика представляют собой важный переносчик загрязняющих веществ (фталаты, бисфенолы, антипирены, свинец, кадмий, хром, медь, бактерии, грибки, простейшие, пестициды, антибиотики, парабены) из-за их небольшого размера и способности адсорбировать опасные вещества, что усугубляет их воздействие как на окружающую среду, так и на здоровье человека. Кроме того, питьевая вода в развивающихся странах сильно загрязнена микрочастицами пластика и другими загрязняющими веществами. Поэтому использование бытовых технологий очистки воды имеет решающее значение для защиты здоровья людей (Niloy, Chowdhury, 2017).

Исследователи применяют оценку риска для изучения воздействия микропластика на экосистемы и здоровье человека (Беляев и др., 2024 а). Оценка потенциальных проблем для здоровья, связанных с воздействием микропластика на организм, упрощается путем расчета коэффициентов опасности на основе концентрации микропластика в исследуемых образцах. Важными аспектами этих подходов являются сезонные колебания и временная динамика. Исследования, проводимые в разные сезоны, позволяют понять, как деятельность человека и климатические условия влияют на распространение микропластика (Седлецкий и др., 2025б). Изучение изменений в распределении типов микропластика в различные периоды внешних воздействий, таких как карантинные меры, связанные с COVID-19 (Song et al., 2022), позволило углубить наше



Рис. 4. Мидия *Mytilus edulis*.

Таблица 1. Общие методы сбора и анализа образцов

Образец	Анализ	Ссылка
Проведение отбора проб микропластика в прибрежных зонах морской среды, расположенных в Американском Самоа	Методы микроскопии и спектроскопии	(Polidoro et al., 2022)
Сбор использованных защитных масок для лица в нескольких береговых зонах Китая в период распространения COVID-19	Стереомикроскоп и ИК-спектроскопия	(Song et al., 2022)
Сбор проб с береговой линии Пхукета, в том числе взятие проб морских отложений и двусторчатых моллюсков	Микроскопический анализ, LDIR, микро-FTIR и Рамановская микроскопия	(Akkajit et al., 2023)
Забор проб воздуха внутри зданий, расположенных рядом с комплексами для очистки канализационных вод	Методы микроскопии (размер, форма, цвет)	(Bayo et al., 2023)
Регулярный мониторинг и сбор образцов пластиковых отходов, выбрасываемых на берег в прибрежной зоне парка Юган	Анализ сезонных изменений, количественный анализ	(Zhang et al., 2022)
Отбор проб воды с поверхности (глубина 0–30 см) и образцов донных осадков из водоема Уболратана	Извлечение микропластика, его характеристика, оценка рисков	(Kasamesiri et al., 2023)

понимание взаимосвязи между факторами окружающей среды и загрязнением микропластиком. В таблице 1 приведены методы, применяемые для сбора и анализа образцов со ссылками на источники.

Обобщение результатов, проанализированных выше исследований предоставляет важную информацию о загрязнении микропластиком в различных экосистемах и регионах мира. В совокупности эти важные выводы формируют наше представление о сложном феномене загрязнения микропластиком.

Сезонные различия. Исследования показывают, что могут наблюдаться существенные сезонные колебания концентрации микропластика – в летние месяцы концентрация микропластика увеличивается, по-видимому, в связи с большей активностью человека и погодными факторами (сочетание высокой температуры, солнечной радиации, влажности, увеличения стока и экстремальных погодных явлений летом приводит к заметному росту концен-

трации микропластика в окружающей среде) (Kasamesiri et al., 2023).

Изобилие и состав. Количество и состав микропластика меняется в зависимости от экологической обстановки. Он регулярно обнаруживается в пробах воды, а также в морских и прибрежных отложениях. Микропластик может принимать различные формы, наиболее распространенными из которых являются волокна, фрагменты, пленки и сферы. Среди популяции часто идентифицируют белый, цветной и прозрачный микропластик на основе его цвета (Luqman et al., 2021).

Размер. Микропластик представляет собой мельчайшие частицы размером до 5 мм, однако по ряду классификаций к этой категории могут относиться и более крупные пластиковые фрагменты длиной 2,5 см и более. Окружающая среда наполнена как крупным пластиковым мусором, так и микропластиком. Разнообразие размеров влияет на их под-

вижность, способность к поглощению животными и возможное проникновение в пищевую цепь (Rabin et al., 2023).

Источники. Проанализированные публикации в совокупности демонстрируют, что существует множество путей и источников загрязнения микропластиком. В качестве распространенных источников можно привести примеры сточных вод, промышленных выбросов и пластикового мусора. Согласно данным Т. Дейвида с соавторами, микропластик может попадать в экосистемы через реки, переносимые по воздуху отложения и прямое загрязнение окружающей среды (David et al., 2023).

Очистные сооружения как источники и поглотители сточных вод. По данным Дж. Байо с коллегами (Bayo et al., 2023), станции очистки сточных вод являются основными источниками загрязнения микропластиком. Эти предприятия могут функционировать и как резервуары, накапливая микропластик из бытовых и промышленных сточных вод, и как источники, выбрасывающие микропластик в окружающую среду со стоками. Эффективность очистных сооружений в удалении микропластика варьируется, что подчеркивает необходимость совершенствования методов очистки.

Риски для здоровья и экологии: Проанализированные публикации в совокупности подчеркивают потенциальную опасность загрязнения микропластиком для здоровья человека и окружающей среды. Многие виды животных могут потреблять микропластик, что может приводить к физическим повреждениям, а также к накоплению химических токсинов. Потребление морепродуктов, содержащих микропластик, может негативно сказываться на морской флоре и фауне и, следовательно, на здоровье человека (Polidoro et al., 2022). Микроскопические частицы пластика способны провоцировать физические травмы у обитателей морской среды, поскольку не усваиваются и откладываются в их органах и тканевых структурах. Следствием этого становится ухудшение трофического обеспечения,

сбои в процессах размножения и угнетение защитных функций организма. Пластиковые отходы могут ограничивать проникновение солнечного света к водорослям и иным морским растениям, что способно вызвать их отмирание и последующую деградацию экосистемы (Neves et al., 2015). Кроме того, микропластик выступает в роли транспортера опасных химических соединений, которые обладают свойством аккумулироваться в телах морских животных, провоцируя интоксикацию и тяжелые патологические состояния.

Употребление в пищу морепродуктов, загрязненных микрочастицами пластика, способно вызывать ряд негативных последствий для здоровья, среди которых выделяются воспалительные реакции, окислительный стресс и повышение вероятности возникновения хронических болезней (Espinosa et al., 2017; Herrera, 2022).

Результаты проведенных изысканий позволили существенно расширить наше понимание проблемы загрязнения окружающей среды микропластиком, а также его воздействия на здоровье людей и экологические системы. Данный комплекс исследований вносит существенный вклад в развитие соответствующей научной области.

Глобальное распространение: проанализированные литературные источники свидетельствуют о повсеместном распространении микропластиковых частиц по всему миру. Они акцентируют внимание на необходимости повышения уровня осведомленности общественности, научного сообщества и лиц, принимающих политические решения, о вездесущности микропластика в различных природных средах и о важности согласованных действий, в направлении практических решений глобального вопроса цивилизации XXI в.

COVID-19 и проблема микропластика (Song et al., 2022). Указанное исследование демонстрирует существенный вклад одноразовых масок в общую проблему загрязнения

микропластиком в мировом масштабе. Оно подчеркивает необходимость ответственного подхода к утилизации отходов, возникших в период пандемии, а также значимость понимания влияния мер общественного здравоохранения на окружающую среду.

Влияние прибрежного туризма Результаты этой работы указывают на значительное влияние туристической деятельности на накопление пластикового мусора на удаленных прибрежных территориях. Это подтверждает необходимость экологически ответственного туризма и помогает глубже понять взаимосвязь между туризмом и состоянием планеты (Zhang et al., 2022).

Модели оценки риска микропластика Существуют различные подходы к оценке рисков, связанных с загрязнением микропластиком, и указанные статьи представляют и анализируют некоторые из них (Akkajit et al., 2023).

Экологические модели риска – учитывают концентрацию микропластика в различных матрицах (вода, осадки, биота), его размер, форму, тип полимера и потенциальную опасность для экосистем. Например, анализируется распределение микропластика по размерам (малые и крупные частицы), преобладающие формы (чаще всего волокна), а также наиболее распространенные полимеры (полиэтилен, полиуретан, полиамид) и их токсикологические профили

Модели оценки риска для здоровья человека включают анализ путей поступления микропластика в организм (через воду, пищу, воздух), его способности проникать через биологические барьеры, вызывать воспалительные процессы, окислительный стресс и повреждать клеточные структуры. Также рассматриваются риски, связанные с переносом патогенных микроорганизмов на поверхности микропластика.

Недостатки рассмотренных исследований. Несмотря на ценность представленной информации, указанные работы имеют определенные ограничения. Ряд исследований

ограничивают применимость своих выводов из-за сосредоточения на конкретных географических областях или экосистемах. Некоторые работы используют относительно небольшие выборки, что может повлиять на репрезентативность результатов. Использование различных методологических подходов в разных исследованиях может затруднять прямое сопоставление, что подчеркивает необходимость унификации процедур отбора проб и анализа. Отмечается недостаток исследований, комплексно изучающих воздействие загрязнения микропластиком на окружающую среду и здоровье человека, что указывает на необходимость проведения более масштабных исследований в данной области. Конкретные ограничения исследований представлены в таблице 2.

В будущих исследованиях необходимо сосредоточиться на следующих направлениях для дальнейшего изучения вопросов охраны окружающей среды и здоровья на рабочем месте в контексте загрязнения микропластиком:

Долгосрочные исследования. Исследовательские проекты, осуществляемые на протяжении многих лет или десятилетий, могут дать более полное представление о долгосрочных последствиях загрязнения микропластиком и динамике изменений.

Географическая диверсификация. Для оценки глобальных закономерностей распространения микропластика необходимо расширить географический охват исследований, включив в них более широкий спектр регионов и экосистем.

Оценка воздействия на здоровье и окружающую среду. Для определения влияния загрязнения микропластиком на здоровье человека и состояние окружающей среды необходимо проведение углубленных анализов. Научные исследования должны раскрывать механизмы воздействия загрязненных морепродуктов на организмы, а также возможные последствия для здоровья человека.

Таблица 2. Ограничения, указанные в отобранных статьях

Ограничения	Ссылка
Масштаб работы сужен территориальными рамками. Отсутствуют исчерпывающие сведения о влиянии на окружающую среду.	(Akkajit et al., 2023)
Недостаточно изучены специфические морские экосистемы. Применялись различные подходы к отбору проб и анализу данных, что создает сложности для сравнения результатов.	(Polidoro et al., 2022)
Эксперимент проведен на единственном пляже. Не учитывался микропластик мельче 1 мм.	(Luqman et al., 2021)
Оценка ограничивается анализом микропластика, образующегося от одноразовых масок, и не затрагивает другие актуальные вопросы, появляющиеся в связи с пластиковыми отходами во время пандемии.	(Song et al., 2022)
Исследование проведено на нескольких пляжах Китая. Не учитывались микрочастицы размером менее 1 мм.	(Zhang et al., 2022)
Работа посвящена сбросам сточных вод из очистных сооружений на юго-востоке Испании. Медицинское исследование ограничено. Последствия для здоровья не изучены.	(Bayo et al., 2023)
Небольшое количество образцов и исследование только одного озера с пресной водой. Минимальное изучение экологических последствий.	(David et al., 2023)
Акцент сделан на водохранилище Уболратана в Таиланде. Ограниченная оценка последствий для здоровья.	(Kasamesiri et al., 2023)

Стандартизация. Разработка единых стандартизированных процедур для отбора проб, анализа и представления результатов исследований по микропластику позволит обеспечить более надежное сравнение данных между различными исследованиями.

Стратегии снижения негативного воздействия. В будущих исследованиях необходимо уделить внимание разработке и оценке эффективных методов снижения негативного воздействия, таких как совершенствование управления отходами, разработка экологически безопасных альтернатив пластику и внесение изменений в законодательство.

Сотрудничество. Развитие междисциплинарного сотрудничества между учеными-экологами, специалистами в области здравоохранения, политиками и представителями бизнеса может стать эффективной стратегией борьбы с загрязнением микропластиком.

Рекомендации. Для эффективного сокращения загрязнения микропластиком необходим комплексный подход. Прежде всего, следует оптимизировать системы управления отходами для минимизации утечки пластика путем совершенствования сбора и переработки отходов, а также продвижения ответственных методов утилизации. Крайне важно сократить использование одноразовых пластиковых изделий посредством внедрения соответствующей политики и продвижения экологически чистых альтернатив. Для предотвращения попадания микропластика в водные экосистемы необходимо модернизировать системы очистки сточных вод, используя передовые технологии фильтрации. Для обеспечения сопоставимости данных между исследованиями необходимо разработать стандартизированные протоколы измерений. Для комплексного решения этой проблемы необходимо сотрудничество между учеными,

медицинскими работниками, политиками и представителями бизнеса в различных областях. Важно повышать осведомленность общественности и поощрять ответственное потребление и утилизацию посредством информационных кампаний. Поддержка исследований экологически чистых материалов и упаковочных решений, проведение долгосрочного мониторинга, оценка экологического и медицинского воздействия, а также содействие международному сотрудничеству посредством глобальных соглашений являются важными шагами. Внедрение таких мер, как ограничения на производство и предельные концентрации, а также продвижение принципов циркулярной экономики, помогут сократить загрязнение микропластиком, сохранить экосистемы и защитить здоровье человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, авторами был проведен анализ проблемы загрязнения окружающей среды микропластиком, особенно в контексте морских акваторий и пресноводных водоемов, пищевых цепей и возможных негативных последствий для здоровья человека. Приведены результаты научных исследований (на сегодняшний день), выявляющих широкое распространение микропластика в различных экосистемах, и раскрывающих сложность динамики накопления и миграции этих частиц.

Анализ показал, что микропластик присутствует практически повсеместно – от глубоких слоев океана до поверхностных вод и городского воздуха. Это свидетельствует о критичности проблемы и требует срочных мер и действий.

Предполагается, что наличие микропластика в организме животных и человека потенциально связано с биологическими нарушениями и заболеваниями. Потребление рыбы и морепродуктов, загрязненных микропластиком, вызывает серьезные опасения.

Источником загрязнений становятся антропогенные факторы, такие как промышленность, туризм, неправильная утилизация отходов и загрязнение канализационными системами. Частицы постепенно аккумулируются в воде, почве и атмосфере, создавая замкнутый цикл.

Выявлены значительные ограничения текущих исследований, касающиеся ограниченной выборки, узкого охвата регионов и отсутствия комплексной оценки рисков для здоровья и экологии. Необходима разработка и принятие российских и международных программ, объединяющих усилия ученых, медиков и политиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Беляев В.А., Педченко А.П., Седлецкий И.В. Актуальные направления исследований микропластика в морях российской Арктики // В сб.: Материалы науч.-практ. конф. «Рыбохозяйственная наука. История, современность, перспективы», посв. 110-летию ГосНИОРХ им. Л.С. Берга (С.-Петербург, 23–24 октября 2024 г.). 2024а. С. 55–61.

Беляев В.А., Седлецкий И.В., Педченко А.П. Влияние загрязнения морской среды микропластиком на рыбные ресурсы и аспекты продовольственной безопасности. Часть 1 // Исп. и охр. природн. ресурс. России, 2024 б. № 3 (179). С. 35–40.

Седлецкий И.В., Беляев В.А., Плинер Ю.И., Камшуков С.В. Полимерное загрязнение долгинской сельди (*Alosa braschnikowi*) на Северном Каспии. В сб.: «Микропластик как новейший токсикант позвоночных животных». Матер. Конф. ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцова и ГНЦ ФГБНУ ВНИРО (Москва, 4–5 декабря), 2025а. С. 43

Седлецкий И.В., Беляев В.А., Строганов А.Н. Попадание микропластиков в организм промысловых рыб: текущий опыт и перспективы // Экология: XVI Международный форум: 5–6 июня 2025 г., Москва: сб. докладов. Москва: АНО Центр содействия природ. инициат.

- «Экология», 2025б. С. 113–118. Akkajit P., Khongsang A., Thongnonghin B. Microplastics accumulation and human health risk assessment of heavy metals in *Marcia opima* and *Lingula anatina*, Phuket. Marine Pollution Bulletin, 2023. V. 186. P. 114404
- Bayo J., López-Castellanos J., Olmos S., Rojo D. A holistic approach on the impact of microplastic discharge from WWTPs to the neighboring environment in Southeast Spain. Water Research, 2023. V. 244. P. 120516.
- Bashir S.M., Kimiko S., Mak C.W. et al. Personal Care and Cosmetic Products as a Potential Source of Environmental Contamination by Microplastics in a Densely Populated Asian City // Front. Mar. Sci. 2021. V. 8. P. 683482.
- Boerger C.M., Lattin G.L., Moore S.L., Moore C.J. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre // Marine Pollution Bulletin. 2010. V. 60. P. 2275–2278.
- Bostan N., Ilyas N., Akhtar N. et al. Toxicity assessment of microplastic (MPs); a threat to the ecosystem. Environ. Res. 2023. V. 234. P. 116523.
- David T.I., Sheela M.S., Krishnakumar S. et al. Distribution and characterization of microplastics and ecological risks in Vellayani Lake, Kerala, India // Total Environment Research Themes, 2023. V. 7. P. 100065.
- Devriese L.I., van der Meulen M.D., Maes T. et al. Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area // Marine Pollution Bull. 2015. V. 98. P. 179–187.
- De Witte B., Devriese L., Bekaert K. et al. Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): comparison between commercial and wild types // Marine Pollution Bull. 2014. V. 85. 146–155.
- Espinosa C., Cuesta A., Esteban M.A. Effects of dietary polyvinylchloride microparticles on general health, immune status and expression of several genes related to stress in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) // Fish and Shellfish Immunology. 2017. V. 68. P. 251–259.
- Herrera A. Bioaccumulation of additives and chemical contaminants from environmental microplastics in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) // Sci. of the Total Environment. 2022. V. 822. P. 153–396.
- Kasamesiri P., Panchan R., Thaimuangphol W. Spatial-Temporal Distribution and Ecological Risk Assessment of Microplastic // Pollution of Inland Fishing Ground in the Ubolratana Reservoir, Thailand. Water, 2023. V. 15(2). 330 p.
- Kole P., Löhr A.J., van Belleghem F.G.A.J., Ragas A.M.J. Wear and tear of tyres: A stealthy source of microplastics in the environment // Int. J. Environ. Res. Public Health, 2017. V. 14. 1265 p.
- Li J., Yang D., Li L., Jabeen K., Shi H. Microplastics in commercial bivalves from China // Environmental Pollution. 2015. V. 207. P. 190–195.
- Luqman A., Nugrahapraja H., Wahyuono R.A. et al. Microplastic contamination in human stools, foods, and drinking water associated with Indonesian coastal population // Environments, 2021. V. 8(12). 138 p.
- Lusher A.L., McHugh M., Thompson R.C. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel // Marine Pollution Bull. 2013. V. 67. P. 94–99.
- Neves D., Sobral P., Ferreira J.L., Pereira T. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast // Marine Pollution Bull. 2015. V. 101. P. 119–126.
- Niloy M.R.R., Chowdhury O.S. Effectiveness of Household Water Treatment Technologies Based on WHO Guidelines. Master's Thesis, Islamic University of Technology (IUT), Gazipur. 2017. 103 p.
- Polidoro B., Lewis T., Clement C.A. Screening-level human health risk assessment for microplastics and organic contaminants in near-shore marine environments in American Samoa. Heliyon, 2022. V. 8 (3). P. 1–10.
- Phillips M.B., Bonner T.H. Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico // Marine Pollution Bull. 2015. V. 100. P. 264–269.

Rabin M. H., Wang Q., Enyoh C.E., Kai X. Distribution, Potential Sources, and Health Risk of Microplastics (MPs) in Street Dust during and after COVID-19 Lockdown in Bangladesh. *Environments*, 2023. V. 10(7). P. 130.

Rochman C.M., Tahir A., Williams S.L. Anthropogenic debris in seafood: plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption // *Scientific Reports*. 2015. V. 5. P. 14340.

Rummel C.D., Loder M.G., Fricke N.F. et. al. Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea // *Marine Pollution Bull.* 2016. V. 102. P. 134–141.

Song G., Cao H., Liu L., Jin M. Analysis of Marine Microplastic Pollution of Disposable Masks under COVID-19 Epidemic-A DPSIR Framework // *International J. of Environmental Research and Public Health*, 2022. V. 9(23) P. 16299.

Sobhani Z., Lei Y., Tang Y. et. al. Microplastics generated when opening plastic packaging // *Sci. Rep.* 2020, 10, 4841.

Van Cauwenberghe L., Claessens M., Vandegheuchte M.B., Janssen C.R. Microplastics are taken up by mussels (*Mytilus edulis*) and lugworms (*Arenicola marina*) living in natural habitats // *Environmental Pollution*. 2015. V. 199. P. 10–17.

Zhai X., Zheng H., Xu Y., Zhao R. et. al. Characterization and quantification of microplastics in indoor environments // *Heliyon*, 2023. V. 9(5). P. e15901.

Zhang P., Wei S., Zhang J., Zhong H. et. al. Seasonal distribution, composition, and inventory of plastic debris on the Yugang Park Beach in Zhanjiang Bay, South China Sea // *International J. of Environmental Research and Public Health*, 2022. V. 19(8). P. 4886.

AQUATIC ECOSYSTEMS

**MICROPLASTICS IN THE AQUATIC ENVIRONMENT
AND AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES**

© 2026 г. V.A. Belyaev¹, A.A. Lukin^{2,3}, I.V. Sedletsky¹

*1 – State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO»,
Russia, Moscow, 105187*

2 – South Ural State Agricultural University, Russia, Chelyabinsk, 454080

*3 – South Ural State Agricultural University
(National Research University), Russia, Chelyabinsk, 454080*

The review is devoted to the study of marine environmental pollution by microplastics and its negative impact on fish resources, food security and human health. Numerous studies are presented demonstrating the presence of microplastics in marine ecosystems and its effect on various types of marine organisms, including fish. The ways of microplastics penetration into food chains are described and possible consequences for human health are considered. The importance of continuing research and developing comprehensive measures to reduce the negative impact of microplastics on marine ecosystems and human health is emphasized.

Keywords: marine pollution, microplastics, fish resources, food security, human health, biological accumulation

**ВЛИЯНИЕ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ
КИСЛОТ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ, ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ
И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАДУЖНОЙ
ФОРЕЛИ *ONCORHYNCHUS (PARASALMO) MYKISS***

© 2026 г. С.В. Биндюков (spin: 5459–0085), Н.Ю. Терпугова (spin: 5485–9250),
М.В. Арнаутов (spin: 9454–3050), И.В. Бурлаченко (spin: 7492–7365)

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187
E.mail: bindyukov@vniro.ru

Поступила в редакцию 19.03.2026 г.

Цель – характеристика индикаторных показателей крови радужной форели для оценки влияния на физиологический статус рыб различных соотношений полиненасыщенных жирных кислот в рационе питания. На основании анализа комплекса гематологических и биохимических показателей крови радужной форели установлены адаптивные возможности формирования высокого уровня метаболизма и иммунного статуса рыб при питании рационами с различным соотношением растительных масел и рыбьего жира, в т.ч. дефицитными по содержанию незаменимых длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот. Определены количественные характеристики уровня ввода растительных масел в корм, обеспечивающие сохранение и поддержание нормального физиологического статуса форели.

Ключевые слова: радужная форель, физиологическое состояние, гематологические показатели, биохимические показатели, рыбий жир, растительные масла, жирнокислотный состав, гемоглобин, АЛТ, АСТ.

ВВЕДЕНИЕ

Радужная форель (*Oncorhynchus (Parasalmo) mykiss*) является одним из ключевых объектов мировой аквакультуры и ценится за высокие темпы роста и пищевую ценность. Основой успешного выращивания служит сбалансированное кормление, где липидная составляющая комбикормов играет значительную роль. Рыбные жиры, богатые полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), длинноцепочечными полиненасыщенными жирными кислотами (ДЦ–ПНЖК) омега–3, особенно эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК), являются условно-незаменимыми для лососевых рыб, напрямую влияя на их рост, развитие, физиологическое состояние, стрессоустойчивость и качество продукции (Биндюков и др., 2022).

Устойчивость традиционной модели аквакультуры, основанной на использовании рыбной муки и рыбьего жира в комбикормах, ставится под сомнение в условиях глобального сокращения запасов промысловых видов рыб – основного источника для производства этих ингредиентов. Рост объемов продукции аквакультуры и, как следствие, спроса на кормовые ресурсы, привел к их значительному удорожанию и создал серьезное давление на морские экосистемы. В связи с этим поиск и внедрение альтернативных, устойчивых источников в кормопроизводстве стали стратегической задачей глобального рыбного хозяйства (European Market..., 2025).

Растительные масла представляют собой наиболее доступную и экономически целесообразную альтернативу рыбьему жиру. Вопрос их применения не является новым и привле-

кал внимание специалистов еще в 80-х годах прошлого века (Щербина, Гамыгин, 2006). Различные растительные компоненты с успехом используются в современном комбикормовом производстве (Пахомов и др., 2022). При этом основной задачей является обеспечение высоких производственных показателей (главным образом, быстрый набор массы тела) выращиваемых рыб. Однако метаболические и физиологические характеристики объектов выращивания, от которых зависит выживаемость рыб в условиях интенсивной индустриальной аквакультуры, детально не рассматриваются.

Масла таких культур, как лен и рапс, характеризуются высоким содержанием ПНЖК, преимущественно линолевой (ЛК, омега-6) и альфа-линоленовой (АЛК, омега-3) кислот. Ключевая проблема использования растительных масел заключается в значительном отличии их жирнокислотного профиля от рыбьего жира: они практически не содержат ЭПК и ДГК, а также имеют различное соотношение омега-3/омега-6 ПНЖК. Частичная или полная замена в комбикормах рыбьего жира растительными маслами неизбежно приводит к изменению липидного состава корма, что, в свою очередь, может оказывать комплексное воздействие на физиологические и метаболические процессы у рыб.

Это воздействие не ограничивается исключительно изменением жирнокислотного состава тканей и органов. Существуют потенциальные риски негативного влияния на структурно-функциональное состояние пищеварительного тракта, ключевые физиологические процессы – дыхание, осморегуляцию, общую резистентность организма. Тесная взаимосвязь физиологических процессов обуславливает то, что любая функциональная нагрузка на органы проявляется сдвигами в гематологических и биохимических параметрах крови. В силу этого данные параметры выступают ключевыми индикаторами гомеостаза организма.

В связи с этим, настоящее исследование было направлено на комплексную оценку гематологических и биохимических показате-

лей крови, как индикаторов физиологического статуса радужной форели при использовании рационов с частичной или полной заменой рыбьего жира на растительные источники ПНЖК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлась однополая форель радужная *Oncorhynchus (Parasalmo) mykiss* (Walbaum, 1792) породы стальноголовой лосось «steelhead». Диплоидная икра поступила с племенного форелеводческого завода «Адлер», все особи являлись самками. Возраст рыб на момент начала эксперимента составлял 6 месяцев, средняя начальная масса 91 ± 2 г.

Изучение влияния полиненасыщенных жирных кислот растительного происхождения на физиологический статус форели, проводили с использованием экспериментальных диет. При их моделировании базировались на современных представлениях о потребностях рыб в питательных веществах с учетом специфики метаболизма радужной форели. В экспериментальных диетах изменяли только липидную составляющую за счет внесения разных соотношений рапсового, льняного масел – источников ЛК и АЛК и рыбьего жира – источника ЭПК и ДГК. В рецептах варьировали, как содержанием ДЦ-ПНЖК, так и соотношением ЛК и АЛК. Среднее содержание сырого протеина в комбикормах составляло 45,2 г/100 г корма, сырого жира 21,05 г/100 г корма.

В качестве контроля использовали корм, включавший только рыбий жир, как эталон соотношения жирных кислот, характерный для кормовой базы хищных рыб. Характеристика комбикормов, использованных в эксперименте представлена в таблице 1. Подробный анализ питательной ценности модельных рационов и рыбоводно-биологические результаты их применения рассмотрены в ранее опубликованной работе (Биндюков и др., 2025). Для удобства идентификации в шифре групп рыб, получавших комбикорма фигурирует расчетное значение суммы ЭПК и ДГК от 0,3 до 1,2 г/100г корма и соотношение

Таблица 1. Основная характеристика применяемых рационов и их названия

Шифр группы	Содержание жирных кислот в рационе, г/100г корма				Расчетное соотношение Омега-6/ Омега-3
	Линолевая к-та C18:2 n-6	Альфа- линолевая к-та C18:3 n-3	Эйкозапента- еновая к-та C20:5 n-3	Докозагексае- новая к-та C22:6 n-3	
КРФР 0.3 1/1	4,03	4,58	0,09	0,16	1:1
КРФР 0.3 1/2	3,70	7,61	0,11	0,16	1:2
КРФР 0.3 1/3	3,06	8,08	0,11	0,18	1:3
КРФР 1.2 1/1	3,32	3,80	0,43	0,71	1:1
КРФР 1.2 1/2	3,08	6,35	0,42	0,70	1:2
КРФР 1.2 1/3	2,70	8,45	0,43	0,70	1:3
КРФР РЖ	1,07	0,81	2,03	3,31	–

ЛК к АЛК. Контрольный корм носил название «КРФР РЖ».

Для эксперимента сформировали семь групп рыб (шесть экспериментальных и одну контрольную), по 160 особей каждая. Каждую группу содержали в отдельном бассейне объемом 1,2 м³ при начальной плотности посадки 11 кг/м³. Экспериментальное выращивание рыб проводили в течение 150 сут. в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» (ВНИИПРХ) (п. Рыбное, Дмитровский р-н, Московская обл.) со скоростью водообмена 1 м³/час; температура воды поддерживалась в диапазоне 15,8–16,7°C. Ключевые гидрохимические параметры (температура, растворенный кислород, рН, нитриты) контролировали дважды в сутки (8:00 и 16:00) с использованием стандартного оборудования (термометр, термооксиметр ОхуGuard Handy Polaris, рН-метр Hanna, тест-системы VladOx). Зафиксированные уровни растворенного кислорода составили 7,2–10,4 мг О₂/л, рН – 6,5–7,5, нитритов – не более 0,5 мг/л; все параметры соответствовали рекомендованным нормам для форели (Барулин, Лиман и др., 2016).

Гематологический анализ проведен согласно методическим указаниям (Методические указания..., 1999). Кровь отбирали из хвостовой вены от 10 экз. рыб (рис. 1) из

каждой группы в течение всего эксперимента на 30, 90, 150-е сут. Для определения уровня гемоглобина в крови применяли гемоглобинцианидный метод с использованием прибора МиниГЕМ-540. Для определения соотношения молодых и зрелых эритроцитов, а также лейкоцитарной формулы изготавливали мазки, которые окрашивали по методу Паппенгейма (фиксируют по Май-Грюнвальду и с последующим докрасиванием азур-эозином по Романовскому). Идентификацию клеток крови проводили по общепринятой классификации (Иванова, 1983) и атласу клеток крови лососевых рыб (Изергина и др., 2014). Подсчет лейкоцитов и тромбоцитов проводили в мазках крови методом относительного учета на 1000 эритроцитов с последующим выражением полученных значений в процентах.

Цитометрические показатели зрелых эритроцитов рассчитывали согласно методике, описанной в работе по морфометрическому анализу эритроидных гемоцитов (Soldatov et al., 2021). После фиксации мазков и получения микрофотографий проводили измерение линейных размеров 100 эритроцитов у каждой рыбы с помощью компьютерной программы ImageJ. Замеряли большой (C₁) и малый (C₂) диаметры эритроцита и их ядра (N₁, N₂) (рис. 2). Затем определяли объем эритроцита (V_c) (1), ядра (V_n) (2), толщину (h) (3) эритро-



Рис. 1. Процесс отбора крови для проведения гематологических и биохимических исследований.

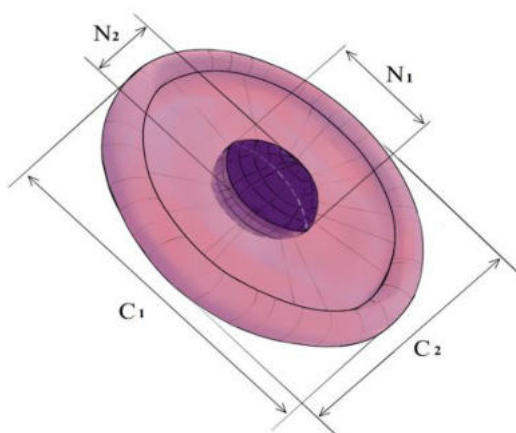


Рис. 2. Линейные размеры ядерных эритроцитов, измеряемые в работе (C_1 – большая ось клетки; C_2 – малая ось клетки; N_1 – большая ось ядра; N_2 – малая ось ядра).

цита, а также величину ядерно-плазматического отношения (ЯПО) (4).

Объем эритроцита:

$$V_c = 0,7012 \cdot \left(\frac{C_1+C_2}{2}\right)^2 \cdot h + V_n, \quad (1);$$

Объем ядра:

$$V_n = \frac{\pi \cdot N_1 \cdot N_2^2}{6}, \quad (2);$$

Толщина клетки:

$$h = 1,8 + 0,0915 \cdot (C_1 - 7,5), \quad (3);$$

На основании значений V_c и V_n определяли величину ядерно-плазматического отношения (ЯПО):

$$\text{ЯПО} = \frac{V_n}{V_c}, \quad (4);$$

Для биохимического анализа кровь отбирали в специальные вакуумные пробирки с активатором свертываемости. Пробы центрифугировали в течение 10 мин. при 3000 об./мин, после чего отбирали сыворотку в объеме не менее 1,5 мл для каждой рыбы. Биохимические показатели, такие как общий белок, альбумин, аспартатаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ), креатинин, азот мочевины, глюкоза, триглицериды и холестерин, щелочная фосфатаза определяли с использованием биохимического автоматического анализатора BioChem FC-200 и готовых наборов реактивов от High Technology, Inc.

Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием пакета «StatSoft Statistica 10». Результаты представлены как ($M \pm SE$). Нормальность распределения оценивали в соответствии с критерием Шапиро-Уилка и тестом Левена. При нормальном распределении применяли параметрические критерии (ANOVA, тест Тьюки). В случае распределения, отличного от нормального, использовали непараметрические критерии (Краскела-Уоллиса). Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Частичная или полная замена рыбьего жира в кормах не оказала существенного влияния на ростовые показатели, выживаемость и химический состав мышечной ткани радужной форели при длительном (150 сут.) использовании комбикормов с различными источниками липидов и их соотношением (Биндюков и др., 2025).

Оценка физиологического состояния рыб, получавших рационы с различным составом липидов, была начата с определения содержания гемоглобина в крови. По своей структуре гемоглобин является сложным белком, содержащим окрашенную простетическую группу. Он находится внутри эритроцитов и составляет около 32% от их массы. Основная функция гемоглобина – перенос кислорода от органов дыхания к тканям за счет образования легко диссоциирующих соединений с кислородом (Пищенко, 2002). Уровень гемоглобина относится к ключевым диагностическим маркерам. Его концентрация в крови изменяется под воздействием стрессогенных факторов, включая заболевания различной этиологии, в том числе и алиментарные, антропогенное загрязнение водной среды, дефицит растворенного кислорода (гипоксию).

Согласно литературным данным, дисбаланс в липидной составляющей пищи может вызывать снижение концентрации гемоглобина в крови, а также развитие дегенера-

тивных процессов в органах, участвующих в обмене липидов. В частности, у форели дефицит в питании незаменимых жирных кислот может быть инициатором комплекса патологических изменений (Rahkonen et al., 2013). В этой связи возможные изменения концентрации гемоглобина рассматривались, как индикатор нарушений транспортной функции крови и общего гомеостаза организма форели под воздействием дисбаланса липидов корма.

Динамика содержания гемоглобина в крови экспериментальных рыб на последовательных этапах эксперимента приведена на рисунке 3.

Диаграммы, приведенные на рисунке 3, показывают, что в течение опыта по кормлению форели экспериментальными комбикормами с различным уровнем ПНЖК, содержание гемоглобина в крови рыб изменялось. Через 30 сут. после начала опыта средние значения содержания гемоглобина варьировали в диапазоне 65–73,9 г/л. К 90-м суткам наблюдался умеренный рост показателей до 72,8–82,2 г/л, достигший максимума к 150 сут. эксперимента 89,6–99,8 г/л. Наблюдаемое нами повышение концентрации гемоглобина в крови согласуется с данными Lone и соавторов (2012), считающих, что подобное явление обусловлено увеличением массы тела рыб, и сопровождается усилением транспорта кислорода кровью для обеспечения возросших метаболических потребностей. По свидетельству Nabi и соавторов (2022) это достигается, за счет увеличения общей массы эритроцитов и концентрации гемоглобина, что и было зафиксировано в нашем эксперименте.

При рассмотрении влияния изменения липидного состава рациона на каждом этапе исследования можно видеть, что независимо от уровня ЭПК и ДГК в комбикормах 0,3 г/100 г или 1,2 г/100 г (опытные группы) или 5,34 г/100 г (контрольная группа) и соотношения ЛК/АЛК равным 1/1, 1/2, 1/3, значимое воздействие на концентрацию гемоглобина у рыб различных групп выявлено не было. На некоторых этапах фиксировали

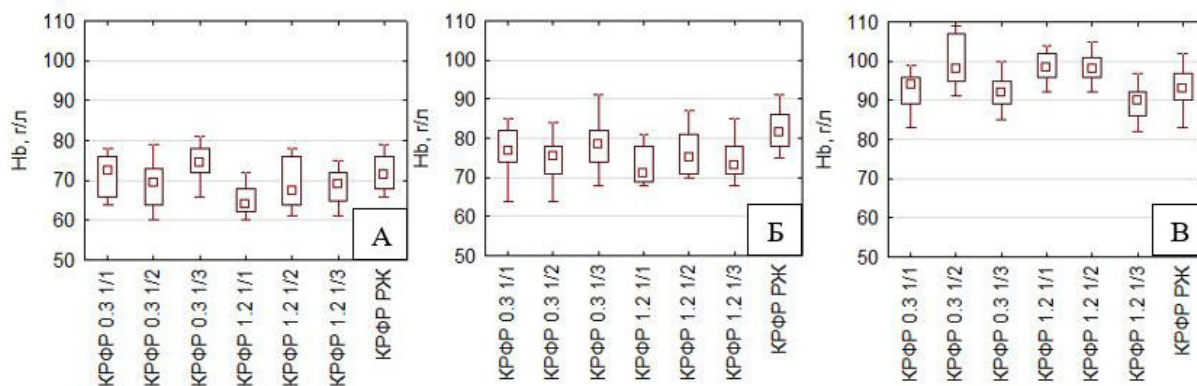


Рис. 3. Изменения содержания гемоглобина в крови форели радужной, получавшей корма с различным соотношением растительных липидов и рыбьего жира, г/л.: А – 30 сут. эксперимента, Б – 90 сут. эксперимента, В – 150 сут. эксперимента.

отдельные точечные различия, например, более низкое значение в группе КРФР 1.2 1/1 на 30-е сут. $65,0 \pm 1,32$ г/л по сравнению с контрольной группой. Однако эти различия не были устойчивыми и не прослеживались на следующих этапах эксперимента.

К 150-м суткам показатели концентрации гемоглобина у рыб всех групп находились на физиологически нормальном и сопоставимом между собой уровне, не отличаясь от контрольной группы (КРФР РЖ) – $93,3 \pm 1,69$ г/л. Наиболее высокое содержание гемоглобина за весь период эксперимента $99,8 \pm 1,95$ г/л было зафиксировано в группе рыб, получавших комбикорм КРФР 0.3 1/2 с самым низким уровнем суммы ЭПК и ДГК.

Необходимо также отметить, что уровень гемоглобина в крови форели, получавшей различные соотношения растительных липидов и рыбьего жира, на всех этапах выращивания в течение 150 сут., находился в пределах референсных значений 42–84 г/л для молоди (Lone et al., 2012) и 83,2–122,8 г/л для рыб, массой более 380 грамм (Nabi et al., 2022). Данное обстоятельство позволяет говорить о том, что в условиях наших опытов ключевым фактором, оказавшим заметное влияние на уровень гемоглобина в крови, являлся рост рыб, а не специфический липидный профиль корма.

Помимо содержания в крови гемоглобина, в качестве еще одного информативного

индикатора физиологического статуса рыб был рассмотрен морфометрический анализ клеток крови. Согласно литературным данным морфология клеток крови находится в тесной зависимости от интенсивности метаболических процессов и позволяет оперативно диагностировать острые токсикозы, возникающие, в том числе, на фоне дисбаланса в питании (Сементина, 2011; Серпунин, 2002). Эритроциты рыб, в отличие от эритроцитов млекопитающих, относятся к ядросодержащим клеткам, что обуславливает способность к транскрипции, трансляции и синтезу белка, т.е. активное участие в метаболизме. Форма и размеры клеток крови рыб являются интегральными параметрами, демонстрирующими строгую видоспецифичность (Okomoda et al, 2017) и корреляцию с динамикой онтогенеза (Bardhan et al., 2022). У диплоидной и триплоидной радужной форели наблюдаются различия в размерах клеток крови, у триплоидных рыб размеры эритроцитов и их ядер, а также нейтрофилов и моноцитов, могут быть примерно в 1,5 раза больше, чем у диплоидных особей. Эти различия позволяют использовать анализ размеров эритроцитов для идентификации триплоидных особей (Johari et al, 2008). Цитометрические характеристики эритроцитов в периферической крови рыб, получавших различные соотношения растительных и животных жиров представлены в таблице 2.

ВЛИЯНИЕ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Таблица 2. Цитометрические параметры зрелых эритроцитов в крови радужной форели в течение эксперимента

Период	Клетка (эритроцит)				Ядро			ЯПО
	C_1 , мкм	C_2 , мкм	h, мкм	V_c , мкм ³	N_1 , мкм	N_2 , мкм	V_n , мкм ³	
КРФР 0.3 1/1								
30 суток	13,91±0,07	9,94±0,05	2,39±0,01	284,30±2,53	5,67±0,04	3,84±0,03	43,73±0,83	0,16
90 суток	15,11±0,09	10,31±0,06	2,50±0,01	351,35±3,19	6,69±0,04	4,32±0,03	66,03±0,99	0,19
150 суток	15,29±0,07	10,33±0,05	2,51±0,01	363,42±2,92	6,92±0,04	4,43±0,03	72,35±1,23	0,20
КРФР 0.3 1/2								
30 суток	15,04±0,10	10,19±0,07	2,49±0,01	340,32±3,88	6,53±0,06	4,18±0,04	60,41±1,25	0,18
90 суток	14,36±0,07	9,93±0,05	2,43±0,01	320,25±2,59	7,00±0,04	4,28±0,03	61,73±1,07	0,19
150 суток	15,76±0,09	10,32±0,06	2,56±0,01	371,04±3,35	6,79±0,04	4,20±0,03	63,75±1,09	0,17
КРФР 0.3 1/3								
30 суток	15,09±0,08	10,45±0,05	2,49±0,01	344,54±3,39	6,22±0,04	4,14±0,03	56,78±0,95	0,17
90 суток	15,20±0,10	9,95±0,06	2,50±0,01	346,42±3,98	6,89±0,04	4,24±0,03	65,60±1,01	0,19
150 суток	15,65±0,07	9,97±0,05	2,55±0,01	355,45±3,06	6,73±0,04	4,11±0,03	60,63±1,14	0,17
КРФР 1.2 1/1								
30 суток	14,36±0,09	9,28±0,05	2,43±0,01	327,83±3,29	6,45±0,04	3,98±0,04	56,72±1,29	0,17
90 суток	15,20±0,11	10,03±0,07	2,50±0,01	355,97±3,54	6,65±0,04	4,15±0,02	62,42±0,76	0,17
150 суток	15,52±0,09	10,11±0,07	2,53±0,01	361,95±3,92	6,90±0,05	4,28±0,04	67,92±1,59	0,19
КРФР 1.2 1/2								
30 суток	14,59±0,07	10,14±0,05	2,45±0,01	331,91±2,79	6,52±0,04	4,75±0,03	63,27±1,07	0,19
90 суток	15,11±0,10	10,08±0,06	2,48±0,01	358,09±3,22	6,34±0,05	4,46±0,03	66,60±0,83	0,18
150 суток	15,31±0,08	10,34±0,05	2,51±0,01	363,56±3,09	6,81±0,04	4,42±0,04	71,49±1,46	0,20
КРФР 1.2 1/3								
30 суток	14,73±0,07	9,77±0,04	2,36±0,01	310,59±2,49	6,17±0,03	3,12±0,02	49,91±0,62	0,17
90 суток	14,97±0,13	9,58±0,07	2,45±0,01	325,92±3,46	6,25±0,04	3,39±0,03	53,32±0,89	0,18
150 суток	15,02±0,08	9,92±0,05	2,49±0,01	335,79±2,81	6,72±0,04	4,18±0,03	62,72±1,29	0,19
КРФР РЖ								
30 суток	14,18±0,07	9,55±0,04	2,41±0,01	293,83±2,57	6,53±0,04	3,95±0,02	54,04±0,78	0,18
90 суток	14,51±0,07	10,00±0,05	2,44±0,01	328,58±2,80	6,87±0,03	4,38±0,03	69,90±1,04	0,19
150 суток	15,54±0,08	10,12±0,06	2,54±0,01	368,07±3,10	7,20±0,04	4,39±0,04	73,64±1,31	0,20

Примечание: C_1 – большой диаметр эритроцита; C_2 – малый диаметр эритроцита; h – толщина эритроцита; V_c – объем эритроцита; N_1 – большой диаметр ядра; N_2 – малый диаметр ядра; V_n – объем ядра; ЯПО – ядерно-плазматическое отношение (V_n/V_c).

После кормления опытными комбикормами с разным уровнем ПНЖК анализ линейного размера красных клеток крови показал увеличение большого и малого диаметра эритроцитов и их ядер, а также их объема у всех групп. Максимальные показатели объема кле-

ток и ядер выявлены на 150-е сут. При сравнении цитометрических характеристик эритроцитов между экспериментальными группами, увеличение значений отмечали у рыб группы КРФР 0.3 1/1, 0.3 1/2, 1.2 1/1, 1.2 1/2, которые были близки к контрольной группе КРФР РЖ.

Ядерно-плазменное отношение (ЯПО) эритроцитов характеризует соотношение количества цитоплазматического и ядерного материала. В крови обследованных рыб, ядерно-плазменное отношение колебалось, от 0,16 до 0,20. При этом у групп с минимальным уровнем ЭПК и ДГК на уровне 0,3 и соотношением ПНЖК 1/2 и 1/3 зафиксировано наименьшее ЯПО в конце эксперимента 0,17. Поскольку основным форменным компонентом цитоплазмы эритроцитов является гемоглобин, полученные данные позволяют предположить, что увеличение объема цитоплазмы относительно ядра эритроцита коррелирует с увеличением общего содержания гемоглобина в крови и это подтверждается описанными выше данными об уровне гемоглобина.

Полученные данные позволяют говорить, что использование кормов с различным уровнем ПНЖК не приводило к изменению цито-

метрических параметров эритроцитов. Это подтверждается тем, что размеры и морфометрические параметры эритроцитов во всех группах находились в пределах значений, характерных для костистых рыб и описанных в литературе (Силкин, 2019).

Для оценки функционального состояния кроветворной системы радужной форели из экспериментальных групп провели количественный анализ зрелых и незрелых эритроцитов (рис. 4А).

Их соотношение отражает активность эритропоэза, уровень кислородтранспортной функции крови и степень физиологической зрелости эритроцитарного профиля. Изменение соотношения клеток разной степени зрелости позволяет оценить адаптационные процессы организма, стабильность кроветворения, а также характеризует общее физиологическое состояние организма рыб (Nabi et al., 2022; Witeska et al., 2022; Witeska et al., 2023).

Полученные результаты, приведенные в таблице 3, показывают динамику распределения эритроцитарных форм во всех экспериментальных группах. Независимо от уровня суммы ЭПК и ДГК в рационе и соотношения ЛК/АЛК на 30-е сут. эксперимента у рыб

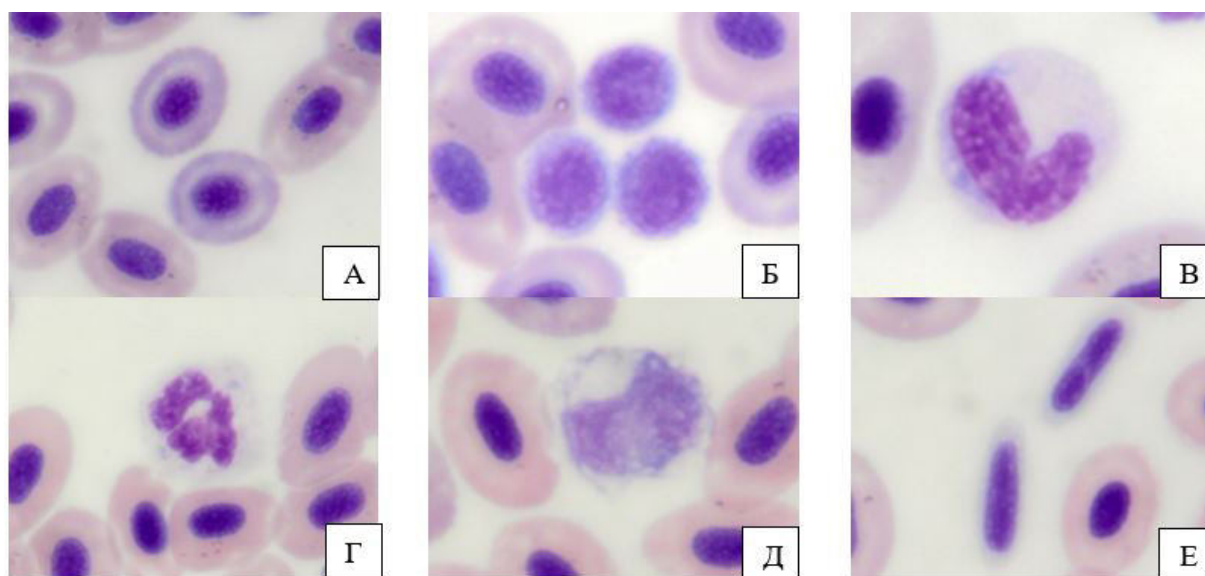


Рис. 4. Клетки крови радужной форели: А – зрелые и молодые эритроциты; Б – лимфоциты; В – палочкоядерный нейтрофил; Г – сегментоядерный нейтрофил; Д – моноцит; Е – тромбоциты. Ув. × 1000 Окраска по Паппенгейму.

всех групп наблюдалось закономерное преобладание зрелых эритроцитов: их содержание находилось в пределах 88,9–91,5%, тогда как доля незрелых форм варьировала от 8,5 до 11,1%. К 90-м сут. выращивания отмечалась дальнейшая положительная динамика: во всех экспериментальных вариантах доля зрелых эритроцитов увеличилась до 91,9–93,8%, что сопровождалось снижением количества незрелых форм до 6,2–8,1%. На 150-е сут. эксперимента доля зрелых эритроцитов достигала максимальных значений – 93,2–95,2%, при этом доля незрелых форм снизилась до 4,8–6,8%. Наибольшая доля зрелых эритроцитов зафиксирована у рыб, получавших рационы с повышенным уровнем суммы ЭПК и ДГК (1,2 г/100 г корма), в то время как минимальные значения отмечены в группе с уровнем 0,3 г/100 г и соотношением ЛК/АЛК 1/3. Контрольная группа, выращиваемая на корме с использованием рыбьего жира, занимала промежуточное положение. Последовательное увеличение количества зрелых эритроцитов во всех вариантах опыта по мере роста рыб, их относительное содержание, превышающее минимальные референсные значения, несмотря на имеющиеся различия между вариантами опыта, указывает на формирование зрелого и стабильного эритроцитарного состава крови и отсутствие влияния особенностей липидов рациона на функции снабжения организма кислородом.

Общеизвестно, что важнейшими индикаторными показателями крови, характеризующими нормальное или патологическое состояние организма, являются компоненты лейкоцитарной формулы. Соотношение лимфоцитов, нейтрофилов и моноцитов служит важным показателем функциональной активности лейкопоэза и отражает баланс между гуморальными и клеточными механизмами иммунитета. Изменения в содержании отдельных форменных элементов крови свидетельствуют о физиологической адаптации или напряжении защитных систем при воздействии факто-

ров внешней среды (Головина, Романова, 2019; Witeska et al., 2022; Nabi et al., 2022).

В аспекте изучения влияния содержания в кормах липидов различного происхождения на физиологический статус рыб необходимо отметить, что использованное в наших экспериментах рапсовое масло, обладает высоким уровнем ЛК, омега-6 ряда. ЛК метаболизируется в арахидоновую кислоту (АРК, C20:4 n-6) у лососевых рыб через ферменты дельта-6 и дельта-5 десатуразы. В испытаниях, где на атлантическом лососе испытывали корма с повышенным содержанием ЛК, было обнаружено увеличение производства АРК даже при одинаковых уровнях в кормах, что приводило к изменениям в липидном составе тканей и экспрессии генов, связанных с биосинтезом жирных кислот (Katan et al., 2019). Жирные кислоты ряда омега-3, поступающие в организм лососевых видов рыб в нативной форме либо продуцируемые при биосинтезе из предшественников в виде АЛК в ЭПК и ДГК (Биндюков и др., 2025), метаболизируются ферментами циклооксигеназой и липооксигеназой в эйкозаноиды. Эйкозаноиды активно вовлечены в регуляцию развития в организме воспалительных реакций (Caballero-Solares et al., 2024). В невоспаленных тканях уровень простагландинов обычно очень низок, но при остром воспалении он резко повышается (Meng et al., 2024).

В условиях наших опытов изменение липидных источников в экспериментальных рационах значительно повлияло на соотношения жирных кислот омега-3 и омега-6 ряда в комбикормах, а также уровни ЭПК и ДГК, конкурирующих с АРК, снижая доступность последней для синтеза провоспалительных эйкозаноидов. Таким образом, можно предположить, что изменение в липидном составе корма может повлиять на метаболический путь, регулирующий системное воспаление. В свою очередь, недостаток в пище тех или иных полиненасыщенных жирных кислот, может сопровождаться видимыми изменениями в лейкоцитарной формуле.

Таблица 3. Основные гематологические показатели крови радужной форели в течение эксперимента

Период	Наименование показателя	Группа рыб							Референсные значения*
		КРФР 0.3 1/1 ^А	КРФР 0.3 1/2 ^Б	КРФР 0.3 1/3 ^В	КРФР 1.2 1/1 ^Г	КРФР 1.2 1/2 ^Д	КРФР 1.2 1/3 ^Е	КРФР РЖЖ	
30 суток	Зрелые эритроциты	Эритропоэз, %							≥ 81,9
		91,3±0,2 ^{Б,Д,Е}	89,5±0,30 ^{А,Ж}	90,5±0,3	90,3±0,2	88,9±0,4 ^{А,Ж}	89,7±0,2 ^{А,Ж}	91,5±0,3 ^{Б,Д,Е}	
	Незрелые эритроциты	Лейкоцитарная формула, %							≤ 20,0
		8,7±0,2 ^{Б,Д,Е}	10,5±0,3 ^{А,Ж}	9,5±0,3	9,7±0,2	11,1±0,4 ^{А,Ж}	10,3±0,2 ^{А,Ж}	8,5±0,3 ^{Б,Д,Е}	
	Лимфоциты	Относительное содержание клеток крови (на 1000 эритроцитов), %							≥ 77,0
		90,3±0,7	91,4±0,8	92,7±0,6	92,5±0,5	90,2±0,7	90,0±0,7	90,3±0,8	
	Нейтрофилы	Эритропоэз, %							≤ 14,4
		6,8±0,4	5,8±0,6	5,2±0,5	5,4±0,5	6,7±0,4	6,7±0,6	7,0±0,7	
	Моноциты	Лейкоцитарная формула, %							≤ 4,9
		2,9±0,5	2,8±0,5	2,1±0,3	2,1±0,3	3,1±0,5	3,3±0,4	2,7±0,4	
Лейкоциты	Относительное содержание клеток крови (на 1000 эритроцитов), %							–	
	8,5±0,5 ^{Д,Е,Ж}	8,2±0,5 ^{Д,Е,Ж}	8,0±0,3 ^{Д,Е,Ж}	8,2±0,5 ^{Д,Е,Ж}	5,2±0,4 ^{А,Б,В,Г}	5,5±0,2 ^{А,Б,В,Г}	5,2±0,2 ^{А,Б,В,Г}		
Тромбоциты	Эритропоэз, %							–	
	0,9±0,1	0,8±0,1	0,5±0,2	0,9±0,1	0,7±0,2	0,5±0,1	0,9±0,1		
90 суток	Зрелые эритроциты	Эритропоэз, %							≥ 81,9
		92,2±0,3 ^Ж	91,9±0,2 ^{Ж,Е}	92,5±0,2	92,8±0,3	93,0±0,2	93,3±0,3 ^Б	93,8±0,2 ^{А,Б}	
	Незрелые эритроциты	Лейкоцитарная формула, %							≤ 20,0
		7,8±0,3 ^Ж	8,1±0,2 ^{Ж,Е}	7,5±0,2	7,2±0,3	7,0±0,2	6,7±0,3 ^Б	6,2±0,2 ^{А,Б}	
	Лимфоциты	Относительное содержание клеток крови (на 1000 эритроцитов), %							≥ 77,0
		92,4±0,5	91,8±0,3	92,3±0,6	92,8±0,8	92,6±0,6	92,2±0,6	92,5±0,5	
	Нейтрофилы	Эритропоэз, %							≤ 14,4
		5,2±0,4	5,9±0,3	5,0±0,4	5,2±0,6	5,2±0,4	5,1±0,5	4,8±0,4	
	Моноциты	Лейкоцитарная формула, %							≤ 4,9
		2,4±0,3	2,3±0,2	2,7±0,3	2,0±0,3	2,2±0,3	2,7±0,3	2,7±0,4	
Лейкоциты	Относительное содержание клеток крови (на 1000 эритроцитов), %							–	
	7,6±0,5 ^{В,Г}	6,6±0,6 ^{В,Г}	3,9±0,2 ^{А,Б}	4,2±0,4 ^{А,Б}	5,3±0,6	5,6±0,2	5,4±0,4		
Тромбоциты	Эритропоэз, %							–	
	1,2±0,1 ^В	0,8±0,1	0,5±0,1 ^А	1,0±0,1	0,7±0,2	1,3±0,2	1,0±0,1		
150 суток	Зрелые эритроциты	Эритропоэз, %							≥ 81,9
		93,8±0,3	94,2±0,3	93,2±0,3 ^Е	94,3±0,4	94,8±0,3	95,2±0,5 ^В	94,8±0,3	
	Незрелые эритроциты	Лейкоцитарная формула, %							≤ 20,0
		6,2±0,3	5,8±0,3	6,8±0,3 ^Е	5,7±0,4	5,2±0,3	4,8±0,5 ^В	5,2±0,3	
	Лимфоциты	Относительное содержание клеток крови (на 1000 эритроцитов), %							≥ 77,0
		92,2±0,7	90,1±1,0	93,0±0,6	92,2±0,4	92,9±0,7	91,8±0,6	92,9±0,7	
	Нейтрофилы	Эритропоэз, %							≤ 14,4
		5,2±0,4	6,4±0,6	5,0±0,4	5,6±0,6	5,0±0,5	6,1±0,6	5,1±0,6	
	Моноциты	Лейкоцитарная формула, %							≤ 4,9
		2,6±0,4	3,5±0,5	2,0±0,4	2,2±0,4	2,1±0,3	2,1±0,4	2,0±0,3	
Лейкоциты	Относительное содержание клеток крови (на 1000 эритроцитов), %							–	
	3,5±0,4	3,9±0,4	3,6±0,2	3,2±0,3	2,6±0,1	3,5±0,5	3,1±0,2		
Тромбоциты	Эритропоэз, %							–	
	0,7±0,1	0,5±0,2	0,5±0,1	1,1±0,1	0,8±0,1	1,1±0,1	0,8±0,2		

Примечание: Показатели с разными буквенными индексами (^{А,Б,В,Г,Д,Е,Ж}) достоверно различаются между собой на уровне $p < 0,05$, на одном этапе эксперимента; * – Серпунин, 2010; Головина, Романова, 2019; Конькова и др., 2023.

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что лейкоцитарная формула крови радужной форели во всех экспериментальных группах на протяжении всего периода исследований характеризовалась преобладанием лимфоцитов.

На 30-е сут. эксперимента межгрупповых различий в структуре лейкоцитарной формулы отмечено не было. Доля лимфоцитов находилась в пределах 90,0–92,7%, нейтрофилов – 5,2–7,0%, моноцитов – 2,1–3,3%, указывающая на сходное функциональное состояние иммунной системы у рыб всех групп на начальном этапе. К 150-м сут. выявлены отдельные статистически значимые межгрупповые различия по содержанию лимфоцитов. Максимальное значение зарегистрировано у рыб группы КРФР 0.3 1/3 ($93,0 \pm 0,6\%$), тогда как минимальное – в группе КРФР 0.3 1/2 ($90,1 \pm 1,0\%$). При этом содержание нейтрофилов (5,0–6,4%) и моноцитов (2,0–3,5%) между группами оставалось стабильным и не демонстрировало выраженной варибельности. Отсутствие смещения лейкоцитарного профиля в сторону гранулоцитарных или моноцитарных форм свидетельствует об отсутствии патологических сдвигов в иммунном статусе у радужной форели в условиях эксперимента. Стабильное преобладание лимфоцитов у рыб во всех экспериментальных группах отражало сохранение функционального равновесия иммунной системы.

В течение экспериментального периода общее количество лейкоцитов в крови радужной форели демонстрировало отчетливую возрастную динамику. На 30-е сут. их содержание изменялось в пределах 5,2–8,5%, к 90-м сут. снижалось до 3,9–7,6%, а к 150-м суткам достигало минимальных значений – 2,6–3,9%. Во всех группах прослеживалась устойчивая тенденция к уменьшению общего числа лейкоцитов по мере роста рыб, что, вероятно, отражает возрастную перестройку иммунного статуса и постепенную стабилизацию процессов лейкопоэза (табл. 3).

Таким образом, различные вариации в жирнокислотном составе липидного профиля

экспериментальных рационов не привели к изменению содержания лейкоцитов у радужной форели.

Относительное содержание тромбоцитов, количество и функциональная активность которых отражают способность организма поддерживать сосудистый гомеостаз, отвечать на микроповреждения тканей и регулировать свертывающие процессы, у подопытных рыб в течение эксперимента характеризовалось умеренными колебаниями без выраженной направленной динамики. На 30-е сут. показатель находился в пределах 0,5–0,9 %, к 90-м суткам варьировал в диапазоне 0,5–1,3%, а к 150-м суткам составлял 0,5–1,1 % (табл. 3). Сравнительный анализ также не выявил значимых различий по уровню тромбоцитов между экспериментальными группами на всех сроках исследования. Согласно данным литературы, физиологические колебания уровня тромбоцитов, отмеченные нами в динамике опыта, могут быть интерпретированы как проявление адаптационных механизмов кроветворения и нормальной реакции системы свертывания (Witeska et al., 2023; Ferdous, Scott, 2023). В этой связи применительно к условиям наших опытов (при отсутствии установленных референсных значений для относительного подсчета тромбоцитов у форели), полученные результаты говорят о стабильном функциональном состоянии системы гемостаза и отсутствии патологических сдвигов, связанных с применением экспериментальных рационов.

Биохимические показатели крови являются чувствительными индикаторами физиологического состояния организма, отражающими функциональную активность печени, почек и общее направление метаболических процессов. Комплексное изучение биохимических параметров позволяет не только выявить возможные негативные эффекты, но и подтвердить способность радужной форели адаптироваться к изменениям жирнокислотного профиля корма без ущерба для здоровья и обменных процессов. Поэтому анализ биохимических показателей крови при замене

рыбьего жира растительными маслами может быть использован для оценки безопасности и физиологической допустимости использования альтернативных источников липидов.

Результаты биохимического анализа крови радужной форели по окончании эксперимента в сопоставлении с контрольным диапазоном референсных значений приведены в таблице 4.

Альбумин и общий белок являются маркерами белкового обмена и отражают функциональное состояние печени, которая могла быть подвержена изменениям метаболической нагрузки, связанным с различиями в липидном составе кормов. Наблюдаемые в конце опыта значения этих показателей свидетельствуют, что концентрация альбумина в плазме крови статистически различалась между группами, однако значения показателя во всех случаях находились в пределах физиологического диапазона, описанного для радужной форели (11,68–25,27 г/л) (Rozas-Serri et al., 2022). Уровень общего белка, так же достоверно различался между экспериментальными группами. Наибольшие значения отмечены в контрольной группе КРФР РЖ – 63,4 г/л, тогда как в вариантах с частичной заменой рыбьего жира показатель был ниже, группы с полной заменой рыбьего жира занимали промежуточное положение. Во всех случаях общий белок находился в диапазоне, описанном для радужной форели (25,67–64,91 г/л) (Rozas-Serri et al., 2022), что указывает на отсутствие изменений в белковом обмене на фоне замены источника липидов. Эти наблюдения согласуются с данными, согласно которым замена рыбьего жира растительными маслами в большей степени влияет на маркеры липидного обмена (холестерин, триглицериды), чем на показатели белкового обмена (Richard et al., 2006).

В свою очередь, уровень холестерина в плазме достоверно отличался под влиянием исследуемого фактора. При этом полученные значения (4,8–7,2 ммоль/л) соответствовали референс-интервалу, установленному для клинически здоровых особей радужной

форели (3,4–11,0 ммоль/л) (Řehulka, Minařík, 2012). В опытных группах, где доля рыбьего жира была минимальной или он отсутствовал, уровень холестерина был несколько ниже, чем в контрольной группе. Самый высокий уровень холестерина отмечен в группе получавший корм, включающий в качестве липидной составляющей 100% рыбьего жира, и равнялся 7,81 ммоль/л. В исследовании (Lazzarotto et al., 2018) аналогичные изменения объяснялись ограничением экзогенного холестерина, которого значительно больше в рыбьем жире, чем в растительных маслах и изменением активности ферментов его эндогенного синтеза на фоне кормления растительными жирами.

Концентрация триглицеридов имела аналогичную тенденцию: более высокие уровни у рыб контрольной группы и постепенное уменьшение показателя у групп с минимальным содержанием рыбьего жира. При этом диапазон полученных значений (4,94–7,07 ммоль/л) сопоставим с литературными данными по норме для радужной форели, варьирующей от 2,4 до 14,4 ммоль/л (Řehulka, Minařík, 2012), и согласно экспериментальным данным других авторов физиологичен для радужной форели (Kostyniuk et al., 2018). Поскольку триглицериды являются индикатором энергетического статуса и интенсивности липидного обмена, полученные данные свидетельствуют о разнице между группами рыб, получавшими растительные масла или рыбий жир. Анализ уровня триглицеридов крови рыб получавшей контрольный корм – КРФР РЖ с значительно более высоким уровнем ЭПК и ДГК, которые влияют на ресинтез триглицеридов в процессе липолиза, выявил достоверно повышенное содержание триглицеридов 7,07 ммоль/л, что на 56% больше, чем у рыб группы КРФР 0,3 1/1, которые питались кормом без рыбьего жира.

Интерпретировать полученный результат можно двояко. Повышенный уровень триглицеридов в контрольной группе может свидетельствовать о более активном липогенезе – процессе синтеза жиров. Рыбий жир, богатый ДЦ–ПНЖК, может эффективнее метаболизи-

Таблица 4. Биохимические показатели сыворотки крови форели в конце эксперимента

Наименование показателя	Группа рыб							Референсные значения (min-max)
	КРФР 0.3 1/1 ^A	КРФР 0.3 1/2 ^B	КРФР 0.3 1/3 ^B	КРФР 1.2 1/1 ^Г	КРФР 1.2 1/2 ^Д	КРФР 1.2 1/3 ^E	КРФР РЖ ^Ж	
Альбумин, г/л	18,82±0,49 ^E	18,22±0,36 ^{E,Ж}	18,59±0,32 ^E	19,36±0,43 ^E	19,8±0,37	21,24±0,38 ^{A,Б,В,Г}	20,26±0,61 ^B	11,68–25,27 ⁽¹⁾
Щелочная фосфатаза, ед/л	123,6±3,12	116,2±2,68	114,9±2,31	121,1±1,21	124,4±2,2	118±2,97	125,2±1,97	65,2–205,42 ⁽²⁾
АЛТ, ед/л	8,3±0,5	8,9±0,62	8,2±0,51	8,4±0,64	8,8±0,59	8,0±0,37	8,7±0,5	3,00–11,08 ⁽¹⁾
АСТ, ед/л	377,2±7,35 ^Ж	364,2±6,25	363,9±9,52	371,9±5,98	364,8±7,93	388,7±10,43 ^Ж	341,8±5,27 ^{A,Б,В,Г,Д,Е}	234,6–712,8 ⁽²⁾
Азот мочевины, ммоль/л	2,33±0,12	2,49±0,14	2,46±0,11	2,58±0,13	2,51±0,13	2,67±0,12	2,44±0,09	0,56–2,89 ⁽²⁾
Холестерин, ммоль/л	5,39±0,2	5,18±0,22	5,66±0,26	5,68±0,22	5,48±0,23	6,21±0,39	7,81±0,26 ^{A,Б,В,Г,Д,Е}	3,4–11,0 ⁽³⁾
Креатинин, ед/л	53,5±1,91	55,3±1,5	56,7±1,37	54,8±1,44	57,7±0,99	56,8±1,1	55±1,06	22,1–66,19 ⁽¹⁾
Глюкоза, ммоль/л	2,75±0,08 ^Ж	2,61±0,1 ^Ж	3,01±0,11	2,78±0,12	3,02±0,11	2,6±0,13 ^Ж	3,31±0,21 ^{A,Б,В,Г,Д,Е}	1,66–4,28 ⁽⁴⁾
Общий белок, г/л	55,2±1,21 ^{Д,Ж}	53,4±1,06 ^Д	58,67±0,98 ^{Г,Д,Е}	50,42±1,27 ^{В,Ж}	48,49±1,7 ^{A,Б,В,Ж}	52±1,53 ^{В,Ж}	63,4±1,51 ^{A,Б,Г,Д,Е}	25,67–64,91 ⁽¹⁾
Триглицериды, ммоль/л	4,94±0,19	5,04±0,18	5,24±0,19	5,73±0,25	5,06±0,14	5,77±0,2	7,07±0,22 ^{A,Б,В,Г,Д,Е}	2,4–14,4 ⁽⁵⁾

Примечание: Показатели с разными буквенными индексами (A,Б,В,Г,Д,Е,Ж) достоверно различаются между собой на уровне $p < 0,05$.

(¹) – Rozas-Serri et al., 2022, (²) – Nabi et al., 2022, (³) – Keitel-Gröner et al., 2025, (⁴) – Fazio et al., 2021, (⁵) – Řehulka, Minařík, 2012.

роваться и служить субстратом для синтеза эндогенных липопротеинов очень низкой плотности, которые транспортируют триглицериды в кровотоки (Liu et al., 2021).

С другой стороны, повышенные значения уровня триглицеридов могут указывать на сниженную скорость утилизации липопротеидов периферическими тканями. Если механизмы липолиза или поглощения жирных кислот мышцами и другими органами нарушены или менее эффективны, это приводит к их накоплению в крови. В этом контексте высокий уровень является не признаком активного метаболизма, а индикатором потенциальной перегрузки липидного обмена. В связи с тем, что влияние на рыбоводно-биологические показатели (скорость роста) отмечено не было, можно предположить, что такие уровни не повлияли

на глобальный энергетический обмен и не изменили ростовой потенциал рыб.

Изучение концентрации глюкозы в плазме крови экспериментальных рыб продемонстрировало статистически достоверные межгрупповые различия ($p < 0,05$). При этом значимое повышение уровня глюкозы выявлено только в контрольной группе по сравнению с группами КРФР 0.3 1/2, КРФР 1/1 и КРФР 1.2 1/3 ($p < 0,05$). Все значения содержания глюкозы находились в пределах физиологической нормы для радужной форели (1,66–4,28 ммоль/л), что согласуется с опубликованными данными (Fazio et al., 2021) и подтверждает нормальное состояние углеводного обмена рыб при варьировании состава липидных компонентов.

Показатель креатинина в плазме крови радужной форели не имел достоверных меж-

групповых различий ($p > 0,05$), несмотря на варьирование источника липидов. Все значения находились в пределах физиологического диапазона, описанного для вида (22,1–66,19 мкмоль/л), что свидетельствовало об отсутствии нарушений почечно-экскреторной функции и метаболического стресса, и подтверждает безопасность замены рыбьего жира растительными маслами с точки зрения поддержания нормального уровня процессов азотистого обмена.

Величина концентрации азота мочевины, также не имела достоверных межгрупповых различий. Полученные значения располагались в относительно узком диапазоне между группами, что указывает на сохранение стабильного азотистого обмена при замене рыбьего жира растительными маслами и при частичном включении рыбьего жира. Известно, что данный показатель у лососевых более чувствителен к гидрохимическим параметрам воды, чем к составу комбикорма (Davidson et al., 2014).

Активность щелочной фосфатазы варьировала в пределах 114,9–125,2 ед/л и достоверно не различалась между экспериментальными группами. При этом все значения находились в референсном диапазоне, установленном для форели, который по данным (Nabi et al., 2022) составляет 65,2–205,4 ед/л. Учитывая, что щелочная фосфатаза у лососевых чувствительна к минеральному обмену (особенно обмену фосфора), возрасту и факторам среды, межгрупповые различия можно трактовать как адаптивные и биологически умеренные. Значительного влияния замены рыбьего жира растительными маслами на АЛП не выявлено, поскольку значения оставались в пределах нормы.

Активность аланинаминотрансферазы (АЛТ), которая катализирует перенос аминокислот от аланина на альфа-кетоглутаровую кислоту и является маркером функционального состояния печени у животных в том числе и у рыб, находилась в пределах 8–8,9 ед/л и не имела статистически значимых различий между группами. Полученные

значения соответствуют физиологическим нормам для радужной форели – 3–11,8 ед/л. (Rozas-Serri et al., 2022). Нарушения в липидном обмене, вызванные заменой жировых источников для рыб, приводят к жировой дегенерации печени, в следствии чего происходит повреждение мембран гепатоцитов, с выходом АЛТ в кровь, что является косвенным маркером сдвигов в морфофункциональном состоянии печени. Наше исследование подтверждает отсутствие выходящих за нормальные значения уровни АЛТ в крови у всех групп форели при их продолжительном выращивании на кормах с заменой рыбьего жира маслами растительного происхождения, что свидетельствует о сохранении морфофункциональной целостности печени.

Активность аспаратаминотрансферазы (АСТ) во всех экспериментальных группах зафиксирована в диапазоне 341,8–388,7 ед/л, что соответствует физиологическим значениям для радужной форели, выращиваемой в аквакультуре. Полученные результаты согласуются с данными (Karimi et al., 2014), где при полной и частичной замене рыбьего жира льняным маслом активность АСТ у радужной форели сохранялась на сопоставимом уровне (495–568 ед/л) и не имела статистически значимых отличий между группами. При этом известно, что уровень АСТ у лососевых остро реагирует на стресс и повреждения, а также на сезонные и гидрохимические факторы (Coşkun et al., 2016), что обусловлено его участием в транспорте аминокислот из миоцитов и гепатоцитов. Поэтому стабильно нормальные уровни в рамках опыта отражают адаптацию метаболизма и отсутствие значительного влияния на исследуемый параметр.

Таким образом, умеренные различия между группами отражают адаптивные реакции метаболизма, а не признаки метаболического стресса. Отсутствие достоверных изменений активности АЛТ, АСТ, щелочной фосфатазы, а также стабильный уровень креатинина и азота мочевины указывают на морфофункциональную сохранность печени, почек и отсут-

ствии цитолиза гепатоцитов. Проведенные исследования показали, что замена рыбьего жира растительными маслами в кормах радужной форели (в пределах исследованного диапазона) не приводит к нарушению метаболизма. Установленные статистически значимые межгрупповые различия в концентрации альбумина, общего белка, холестерина и триглицеридов не выходили за пределы физиологических референтных интервалов, что свидетельствует о сохранении нормального уровня белкового, липидного и углеводного обмена.

ОБСУЖДЕНИЕ

Современное рыбоводство сталкивается с необходимостью сокращения использования рыбьего жира в кормах вследствие ограниченности его сырьевой базы, высокой стоимости и экологических рисков. В качестве основного решения рассматривается замена рыбьего жира растительными маслами, обладающими высоким содержанием ПНЖК и экономической доступностью. Однако изменение жирнокислотного состава рациона может сопровождаться метаболической перестройкой, затрагивающей липидный, белковый, углеводный и азотистый обмен.

Проведенное исследование было направлено на оценку физиологического состояния радужной форели (*Oncorhynchus (Parasalmo) mykiss*) при длительном выращивании на комбикормах с частичной или полной заменой рыбьего жира на смеси растительных масел (льняного и рапсового), различающихся по содержанию суммы ЭПК и ДГК (0,3 и 1,2 г/100 г корма) и соотношению ЛК и АЛК.

В ходе 150-суточного эксперимента установлено, что вариации жирнокислотного состава корма в изученных диапазонах не оказывают угнетающего воздействия на ключевые гематологические и биохимические показатели, характеризующие иммунный статус и состояние метаболизма.

Концентрация гемоглобина у радужной форели за период исследования варьировала в широком диапазоне, имея заметную тен-

денцию к повышению содержания гемоглобина во всех группах рыб с течением эксперимента, возможно связанная с адаптивными способностями рыбы к условиям среды и увеличением массы тела.

Выявленная динамика содержания зрелых и незрелых эритроцитов согласуется с результатами анализа концентрации гемоглобина и цитометрических характеристик эритроцитов. Увеличение доли зрелых форм сопровождалось ростом объема эритроцитов и снижением ядерно-плазматического отношения, что указывает о накоплении гемоглобина в цитоплазме и повышении эффективности транспорта кислорода кровью. Совокупность выявленных изменений отражает закономерное возрастное формирование эритроцитарного звена крови и снижение доли молодых клеток по мере завершения интенсивной фазы роста, характерные для рыб в период развития функций кроветворения (Witeska, 2013; Javeed et al. 2022).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что вариации уровня ПНЖК в составе комбикормов не оказывают угнетающего влияния на процессы эритропоэза у радужной форели. Во всех экспериментальных группах сохранялось физиологически нормальное соотношение зрелых и незрелых эритроцитов, а выявленные различия соответствовали возрастной перестройке кроветворной системы, ранее описанной для *Oncorhynchus (Parasalmo) mykiss* (Nabi et al., 2022; Witeska et al., 2023).

Анализ лейкоцитарного профиля не выявил признаков системного воспаления или иммунного дисбаланса. Стабильное преобладание лимфоцитов, отсутствие значимых сдвигов в содержании нейтрофилов и моноцитов, а также сопоставимые уровни тромбоцитов во всех экспериментальных группах указывают на сохранение функционального равновесия неспецифического звена иммунитета. Полученные данные свидетельствуют о том, что изменение в рационах соотношения омега-3/омега-6 жирных кислот в сторону увеличения растительных компонентов

в исследованных пределах не привело к активации противовоспалительных эйкозаноидов.

Наиболее чувствительными к изменению источника липидов оказались показатели липидного и белкового обмена. Установлены статистически значимые различия в уровнях холестерина и триглицеридов, значения которых были выше в контрольной группе, получавшей 100% рыбьего жира. В то же время, активность индикаторных ферментов (АЛТ, АСТ), а также концентрация креатинина и азота мочевины оставались в пределах физиологических референтных интервалов и не имели межгрупповых различий. Это подтверждает морфофункциональную сохранность печени и почек, а также отсутствие цитолиза гепатоцитов.

Таким образом, результаты проведенной работы свидетельствуют, что радужная форель обладает высокой адаптационной способностью к изменениям липидного состава рациона. Использование рационов с частичной заменой рыбьего жира на смеси льняного и рапсового масел (обеспечивающих содержание суммы ЭПК+ДГК на уровне не ниже 0,3 г/100 г корма), не зависимо от соотношения омега-6/омега-3 – является физиологически приемлемым и не вызывает патологических сдвигов в системе крови, или обмене веществ. Полученные результаты обосновывают возможность применения растительных масел в кормлении радужной форели как устойчивой альтернативы дефицитному рыбьему жиру, позволяющей поддерживать высокий физиологический статус рыб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барулин Н.В., Лиман М.С., Новикова Е.Г. и др.* Рекомендации по выращиванию рыбопосадочного материала радужной форели в рыбоводных промышленных комплексах (с временными нормативами). Горки: БГСХА, 2016. 180 с.
- Биндюков С.В., Бурлаченко И.В., Артемов Р.В. и др.* Особенности липидного обмена радужной форели при выращивании на комбикормах с различным соотношением полиненасыщенных жирных кислот // Тр. ВНИРО, 2025. Т. 200. С. 117–130. DOI: 10.36038/2307–3497–2025–200–117–130
- Биндюков С.В., Бурлаченко И.В., Баскакова Ю.А. и др.* Опыт замены рыбьего жира растительными маслами в комбикормах для радужной форели // Тр. ВНИРО. 2022. Т. 187. С. 138–148.
- Головина Н.А., Романова Н.Н.* Лабораторный практикум по физиологии животных. СПб.: Лань, 2019. 136 с.
- Иванова Н.Т.* Атлас клеток крови рыб. М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1983. 184 с.
- Изергина Е.Е., Изергин И.Л., Изергин Л.И.* Атлас клеток крови лососевых рыб. Магадан: Кордис, 2014. 127 с.
- Конькова А.В., Богатов И.А., Файзулина Д.Р. и др.* Особенности физиологического состояния и окраски радужной форели *Oncorhynchus mykiss* (Salmonidae) при использовании кормовой добавки «Астапет 10%» в специализированных форелевых кормах // Вопр. рыболовства. 2023. Т. 24. № 4. С. 136–148.
- Методические указания по проведению гематологического обследования рыб // Сб. инструкций по борьбе с болезнями рыб. Ч. 2. М.: Отдел маркетинга АМБ-агро, 1999. С. 69–97.*
- Пахомов В.И., Хлыстунов В.Ф., Брагинцев С.В., Бахчевников О.Н.* Состояние и перспективы использования растительного сырья в кормах для аквакультуры (Обзор) // Аграрная наука Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 3. С. 281–294.
- Пищенко Е.В.* Гематология пресноводной рыбы: учебное пособие. Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2002. 39 с.
- Сементина Е.В.* Ихтиогематологические показатели как критерий условий выращивания и обитания рыб: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград: КГТУ, 2011. 23 с.
- Серпунин Г.Г.* Гематологические показатели адаптаций рыб: автореф. дис. д-ра биол. наук. Калининград: КГТУ, 2002. 49 с.
- Серпунин Г.Г.* Гематологические показатели адаптаций рыб: Монография. Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2010. 460 с.
- Силкин Ю.А., Силкина Е.Н., Черняева В.Н., Василец В.Е.* Морфометрия эритроцитов костистых рыб // Вопр. ихтиологии. 2019. Т. 59. № 1. С. 87–93.

- Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. 360 с.
- Bardhan A., Abraham T.J., Singha J. et al. The effects of extended feeding of florfenicol coated medicated diets on the safety, serum biomarkers and blood cells morphology of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) // *Environmental Science and Pollution Research*, 2022. V. 29. № 26. P. 39914–39927. DOI:10.21203/rs.3.rs-707214/v1
- Caballero-Solares A., Eslamloo K., Hall J.R. et al. Vegetable omega-3 and omega-6 fatty acids differentially modulate the antiviral and antibacterial immune responses of Atlantic salmon // *Scientific Reports*, 2024. V. 14. № 1. P. 7-10. DOI:10.1038/s41598-024-61144-w
- Coskun O.F., Aydin D., Duman F. Comparison of some blood parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in running and still water // *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2016. V. 15. № 1. P. 497–507.
- Davidson J., Good C., Welsh C., Summerfelt S.T. Comparing the effects of high vs. low nitrate on the health, performance, and welfare of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) within water recirculating aquaculture systems // *Aquacultural Engineering*, 2014. V. 59. P. 30–40. DOI:10.1016/j.aquaeng.2014.01.003
- European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products (EUMOFA). Fishmeal and fish oil: Production and trade flows in the EU. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2025.
- Fazio F., Saoca C., Capillo G. et al. Intra-variability of some biochemical parameters and serum electrolytes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)) bred using a flow-through system // *Heliyon*, 2021. V. 7. № 2. P. 1-3. DOI:10.1016/j.heliyon.2021.e06361
- Ferdous F., Scott T. The immunological capacity of thrombocytes // *International J. of Molecular Sciences*, 2023. V. 24. № 16. DOI:10.3390/ijms241612950
- Javeed H., Bhat A.F., Shahet H.T. et al. Fish haematology: A review // *The Pharma Innovation Journal*. 2022. V. 11. № 5. P. 230–232.
- Johari S.A. Kalbassi M. R., Sourinezhad I., et al. Observation of red blood cell alterations in triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Acta Sci Pol Piscaria*. 2008. V. 7. P. 49–52.
- Karimi M.R., Ebrahimi E., Soofiani N.M. et al. Replacement of Dietary Fish Oil with Flaxseed Oil and its Effects on Hematological and Biochemical Parameters of Rainbow Trout Fingerlings (*Oncorhynchus mykiss*) // *World J. Fish and Marine Sciences*. 2014. V. 6. №. 3. P. 209–213.
- Katan T., Caballero-Solares A., Taylor R.G. et al. Effect of plant-based diets with varying ratios of $\omega 6$ to $\omega 3$ fatty acids on growth performance, tissue composition, fatty acid biosynthesis and lipid-related gene expression in Atlantic salmon (*Salmo salar*) // *Comp. Biochem. Physiol. Part D Genom. Proteom.* 2019. V. 30. P. 290–304. DOI:10.3390/biology10070578
- Keitel-Gröner F., Hoel E., Husebø C. et al. Haematological and Biochemical Reference Intervals Towards a Proactive Health Monitoring Approach in Norwegian Atlantic Salmon Farming // *J. Fish Diseases*, 2025. V. 48. № 9. P. 10. DOI:10.1111/jfd.14036
- Kostyniuk D.J., Scott G.R., Currie S. The influence of social status on the metabolic responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to stress // *Frontiers in Physiology*. 2018. V. 9. P. 308–320. DOI:10.1086/666497
- Lazzarotto V., Corraze G., Larroquet L. et al. Long-term dietary replacement of fishmeal and fish oil by plant-based ingredients in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *PLOS ONE*, 2018. V. 13. № 1. P. 15-19. DOI:10.1371/journal.pone.0190730
- Liu Z.L., Zhao W., Hu W.S. et al. Lipid metabolism, growth performance, antioxidant ability and intestinal morphology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under cage culture with flowing water were affected by dietary lipid levels // *Aquaculture Reports*. 2021. V. 19. P. 6-7. DOI:10.1016/j.aqrep.2021.100593
- Lone G.N., Shammi Q.J., Mir S.A. et al. Rainbow trout hematology coinciding with metabolic requirement // *Walailak J. Science and Technology*. 2012. V. 9. № 4. P. 309–316. DOI:10.2004/wjst.v9i4.282
- Meng Y.W., Liu J.Y. Pathological and pharmacological functions of the metabolites of polyunsaturated fatty acids mediated by cyclooxygenases, lipoxigenases, and cytochrome P450s

- in cancers // *Pharmacology & Therapeutics*. 2024. V. 256. 15 p. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2024.108612
- Nabi N., Ahmed I., Wani G.B. Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells // *Saudi J. Biological Sciences*. 2022. V. 29. № 4. P. 2942–2957. DOI: 10.1016/j.sjbs.2022.01.019
- Okomoda V.T., Koh ICC, Hassan A et al. Cell Axis Ratio a Standardized Approach for Normal Erythrocyte Shape Determination in Fishes // *J. Fisheries and Aquatic Science*, 2017. V. 12. № 6. P. 284–288. DOI:10.3923/jfas.2017.284.288
- Rahkonen R., Vennerström P., Rintamäki P. et al. Здоровая рыба: Профилактика, диагностика и лечение болезней, 2013. С. 16–21.
- Řehulka J., Minařík B. Cholesterolaemia and triacylglycerolaemia in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Aquaculture Research*. 2012. V. 43. № 7. P. 1054–1063. DOI:10.1111/j.1365-2109.2011.02971.x
- Richard N., Kaushik S., Larroquet L. et al. Replacing dietary fish oil by vegetable oils has little effect on lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *British J. Nutrition*. 2006. V. 96. № 2. P. 299–309. DOI:10.1079/BJN20061821
- Rozas-Serri M., Correa R., Walker-Vergara R. et al. Reference Intervals for Blood Biomarkers in Farmed Atlantic Salmon, Coho Salmon and Rainbow Trout in Chile: Promoting a Preventive Approach in Aquamedicine // *Biology*. 2022. V. 11. 37 p. DOI:10.3390/biology11071066
- Soldatov A.A., Kukhareva T.A., Morozova V.N. Morphometric parameters of erythroid hemocytes of alien bivalve mollusks: cytometric analysis of cells // *Ruthenica*, 2021. V. 31. № 1. P. 77–86.
- Witeska M. Erythrocytes in teleost fishes: A review // *Zoology and Ecology*. 2013. V. 23. № 4. P. 2-4. DOI:10.1080/21658005.2013.846963
- Witeska M., Kondera E., Bojarski B. Hematological and hematopoietic analysis in fish toxicology – A review // *Animals*. 2023. V. 13. № 16. 12 p. DOI:10.3390/ani13162625
- Witeska M., Kondera E., Ługowska K., Bojarski B. Hematological methods in fish – Not only for beginners // *Aquaculture*. 2022. V. 547. 17 p. DOI:10.1016/j.aquaculture.2021.737498

AQUACULTURE AND ARTIFICIAL REPRODUCTION

EFFECT OF PLANT POLYUNSATURATED FATTY ACIDS ON THE PHYSIOLOGICAL STATE, HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF RAINBOW TROUT *ONCORHYNCHUS (PARASALMO) MYKISS*

© 2026 y. S.V. Bindyukov, N.Y. Terpugova, M.V. Arnautov, I.V. Burlachenko

*State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO»,
Russia, Moscow, 105187*

The aim of this study was to characterize the blood parameters of rainbow trout to assess the impact of varying dietary polyunsaturated fatty acid ratios on the physiological status of fish. Based on an analysis of a complex of hematological and biochemical parameters in rainbow trout blood, the adaptive capabilities of fish to maintain a high metabolic rate and immune status were established when fed diets with varying ratios of vegetable oils and fish oil, including those deficient in essential long-chain polyunsaturated fatty acids. Quantitative characteristics of the level of vegetable oil addition to the feed were determined, ensuring the preservation and maintenance of the normal physiological status of trout.

Key words: rainbow trout, physiological state, hematological parameters, biochemical parameters, fish oil, vegetable oils, fatty acid composition, hemoglobin, ALT, AST.

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПИТАТЕЛЬНОСТИ
КОМБИКОРМОВ С КОНЦЕНТРАТОМ ГОРОХОВОГО
БЕЛКА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ
РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В УСЛОВИЯХ УЗВ**

© 2026 г. **В.А. Толмачев** (spin: 2677-8354), **А.В. Жигин** (spin: 8580-7697),
М.В. Арнаутов (spin: 9454-3050), **Р.В. Артемов** (spin: 1695-5420),
С.В. Биндюков (spin: 5459-0085)

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187
E-mail: tolmachev@vniro.ru

Поступила в редакцию 14.04.2026 г.

В работе исследовано влияние концентрата горохового белка на переваримость и усваиваемость питательных веществ комбикормов радужной форели при выращивании в условиях УЗВ. Установлено, что переваримость опытных комбикормов составляла более 92%, что говорит о их высокой биодоступности для радужной форели. Выявлено, что комбикорма, содержащие 12–18% концентрата горохового белка, обладали наилучшими показателями усваиваемости и затрат на обменные процессы среди всех исследуемых образцов, что указывает на большую эффективность использования их радужной форели. Увеличение содержания концентрата горохового белка в составе комбикормов вело к увеличению усваиваемости и снижению затрат на обменные процессы фосфора и золы, что является положительным фактором при использовании данных комбикормов в условиях УЗВ.

Ключевые слова: радужная форель, комбикорма, концентрат горохового белка, переваримость, усваиваемость, физиологическая оценка.

ВВЕДЕНИЕ

Рыбоводство является одной из наиболее динамично растущих отраслей сельского хозяйства в Российской Федерации – за последние 10 лет уровень производства продукции аквакультуры фактически удвоился. Согласно стратегии развития отечественного рыбохозяйственного комплекса до 2030 г. запланировано наращивание производства продукции товарной аквакультуры до 618 тыс. т (Итоги деятельности..., 2025).

В основе достижения высоких показателей лежит интенсивное развитие товарного форелеводства, преимущественно в садковых условиях, перспективной технологией индустриального рыбоводства является также выращивание рыб с помощью установок замкнутого водоиспользования (УЗВ) (Жигин, Мак-

сименкова, 2020). Однако, данная технология предполагает использование специализированных экструдированных комбикормов, к которым предъявляются особые требования: высокая переваримость, минимизирующая количество выделяемых экскрементов; специфические структурно-механические свойства, обеспечивающие сформированную и стабильную консистенцию твердых отходов жизнедеятельности рыб, что необходимо для их эффективного удаления на этапе механической очистки воды и, соответственно, снижения нагрузки на систему биологической очистки; минимальное количество выделяемых растворенных продуктов обмена (Prakash et al., 2023).

Показатель переваримости отражает доступность комбикормов и питательных веществ, и, соответственно, объем выделяе-

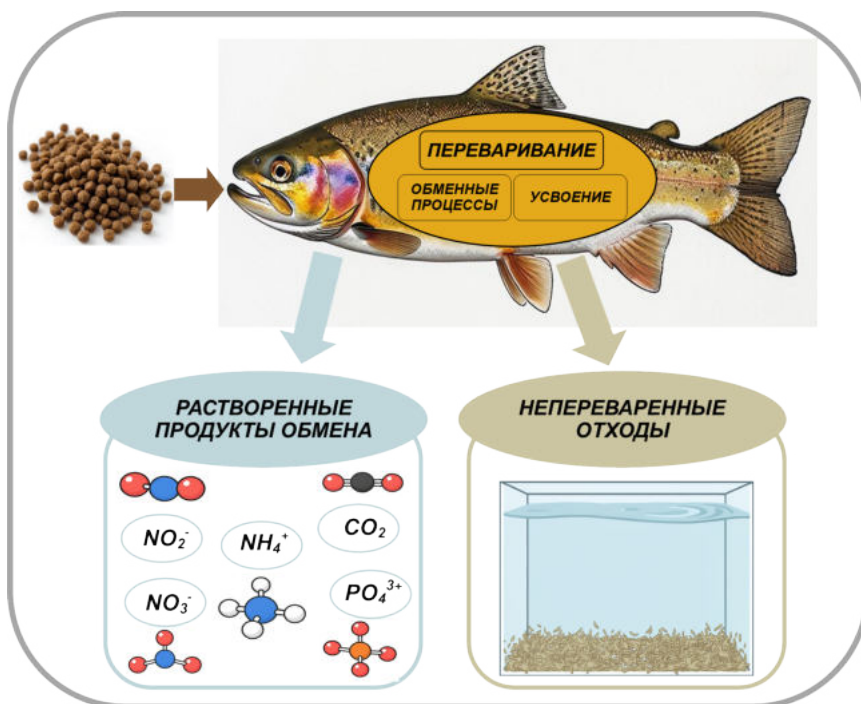


Рис. 1. Схема метаболических процессов в организме рыб.

мых твердых отходов. Переваренная часть кормов в организме рыб используется на ретенцию (усвоение) и поддержание обменных процессов, в результате которых происходит выделение продуктов жизнедеятельности в растворенном виде. Последние могут влиять на производительность биофильтра и качество оборотной воды (рис. 1) (Щербина, 2012; Meriac, 2014).

Компоненты растительного происхождения, в частности, продукты переработки гороха, представляют особый интерес для применения в комбикормах при выращивании рыбы в условиях УЗВ. Концентраты горохового белка, во-первых, содержат оптимальное количество сбалансированного по аминокислотному составу протеина (55–65%), что позволяет использовать их как частичную замену рыбной муки, во-вторых, уровень клетчатки (3–5%) и золы (5%) значительно ниже, чем в других растительных компонентах, в-третьих, углеводы, составляющие свыше 20%, из которых около 8% крахмала, способствуют хорошим связывающим свойствам, что положительно сказывается на

структурно-механических свойствах гранул при экструзии (Толмачев и др., 2024; Толмачев и др., 2026; Begashaw et al., 2025). Также, стоит отметить, что в России концентраты горохового белка производятся в промышленном масштабе с помощью экологически чистого метода, основанного на механическом разрушении матрицы: сухая очистка, сверхтонкий размол, разделение продукта в псевдооживленном слое по удельному весу на белковую и углеводную фракции (Полунина, 2025). Исследования по использованию гороховых протеиновых компонентов в комбикормах для радужной форели проводились преимущественно зарубежными учеными, работы которых подтверждают возможность достижения значимого рыбоводно-биологического эффекта (Zhang et al., 2012; Collins et al., 2012; Gai et al., 2022). Однако, комплексной оценки влияния комбикормов с включением концентратов горохового белка на метаболизм радужной форели при выращивании в условиях УЗВ не проводилось, что определяет актуальность данного исследования.

Целью работы являлась физиологическая оценка питательности комбикормов с концентратом горохового белка, используемых при выращивании радужной форели в условиях УЗВ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования комбикормов с концентратом горохового белка проводились на радужной форели средней массой 185 г, содержащейся в 10 бассейнах объемом по 2 м³, оснащенных устройством для сбора экскрементов, с общей циркуляцией воды в условиях УЗВ. Водообмен в каждом бассейне составлял 1,3 объема в час. Испытания комбикормов проводили в двойной повторности – по 2 бассейна на каждый рецепт корма, суточные нормы кормления составляли в среднем 1,75% от ихтиомассы, корм раздавали вручную 5 раз в сутки. Отход рыб учитывали ежедневно. После эксперимента определяли относительный прирост, удельную скорость роста и затраты корма на прирост массы рыб (Щербина и др., 2006).

Экскременты собирали на 15, 30, 45 и 55 сут. после начала эксперимента в течение 12 ч после кормления, сушили при температуре не более 60°C и хранили в морозильной камере при -20°C.

Для реализации исследования были разработаны рецепты контрольного (КР-0) и экспериментальных комбикормов с различным содержанием (6, 12, 18%) концентрата горохового белка (КР-1, КР-2, КР-3), которые соответствовали физиологическим потребностям в нутриентах радужной форели (National Research Council et al., 2011). Комбикорма производили на полупромышленной линии *Amandus Kahl* (Германия) в научно-производственном отделе Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО». Для определения перспективности использования опытных комбикормов в качестве сопоставительного образца использовался промышленный отечественный комбикорм со схожим химическим составом (КР-4).

Характеристика (химический и аминокислотный состав) исследуемых комбикормов представлена в таблице 1.

Химический состав определяли стандартными методами по ГОСТ Р 54951-2012, ГОСТ 13496.4-2019, ГОСТ 31675-2012, ГОСТ 32933-2014, ГОСТ 32905-2014. Массовую долю фосфора находили по ГОСТ Р 51420-99 с помощью спектрофотометра *Shimadzu UV-1800* (Япония). Аминокислотный состав определяли по ГОСТ 32195-2013 на аминокислотном анализаторе *Aracus* (Германия); массовую долю триптофана устанавливали колориметрическим методом с применением парадиметиламинобензальдегида по ГОСТ 13496.21-2015.

Переваримость комбикормов и их нутриентов устанавливали с помощью инертного вещества (оксид хрома), который определяли в комбикормах и экскрементах фотометрическим методом с дифенилкарбазидом после растворения пробы в смеси серной и хлорной кислот (Щербина и др., 2006; Bureau, 2006; Mirzakhani et al., 2018).

Переваримость комбикормов определяли по формуле (Щербина, Гамыгин, 2006):

$$П_{\text{КР}} (\%) = 100 \times (1 - (\text{ИВ}_{\text{КР}} / \text{ИВ}_{\text{Ф}})), \text{ где: } (1)$$

$П_{\text{КР}}$ – переваримость комбикорма;

$\text{ИВ}_{\text{КР}}$ и $\text{ИВ}_{\text{Ф}}$ – содержание инертного вещества (оксида хрома) в комбикорме и экскрементах в пересчете на сухое вещество.

Переваримость питательных веществ комбикормов (сырого протеина, сырого жира, фосфора, золы) и доступность аминокислот определяли по формуле (Щербина, Гамыгин, 2006):

$$П_{\text{НКР}} (\%) = 100 \times (1 - (\text{ИВ}_{\text{КР}} \times C_{\text{Ф}}) / (\text{ИВ}_{\text{Ф}} \times C_{\text{КР}})), \text{ где: } (2)$$

$П_{\text{НКР}}$ – переваримость нутриентов комбикорма;

$\text{ИВ}_{\text{КР}}$ и $\text{ИВ}_{\text{Ф}}$ – содержание инертного вещества (оксида хрома) в комбикорме и фекалиях, д.е.;

Таблица 1. Состав комбикормов, %

Наименование показателя	Шифр образца				
	КР-0	КР-1	КР-2	КР-3	КР-4
Показатели питательности					
Сырой протеин	43,85±0,09	44,60±0,04	44,56±0,04	44,23±0,04	42,49±0,02
Сырой жир	23,20±0,07	23,57±0,03	23,14±0,05	23,36±0,06	23,78±0,06
Сырая зола	7,25±0,11	6,91±0,01	6,68±0,04	6,43±0,06	5,85±0,04
Сырая клетчатка	0,66±0,07	0,62±0,04	0,69±0,17	0,64±0,02	0,77±0,04
Фосфор	1,22±0,03	1,19±0,01	1,14±0,02	1,07±0,02	1,38±0,06
БЭВ	18,62±0,30	18,62±0,30	18,62±0,30	18,62±0,30	18,62±0,30
Влага	6,43±0,11	5,10±0,01	5,78±0,04	7,29±0,08	4,80±0,02
Аминокислотный состав					
Лизин	2,68±0,01	2,67±0,16	2,69±0,01	2,69±0,01	2,57±0,04
Аргинин	2,32±0,07	2,41±0,01	2,45±0,01	2,50±0,02	2,36±0,03
Гистидин	1,26±0,03	1,25±0,06	1,21±0,07	1,18±0,07	1,12±0,02
Валин	1,92±0,03	1,88±0,02	1,85±0,01	1,84±0,04	1,91±0,03
Лейцин	3,26±0,03	3,25±0,01	3,25±0,01	3,21±0,01	3,45±0,05
Изолейцин	1,44±0,06	1,45±0,03	1,45±0,01	1,45±0,04	1,67±0,02
Метионин	1,44±0,12	1,38±0,05	1,35±0,06	1,33±0,12	1,22±0,02
Цистин+цистеин	0,50±0,02	0,49±0,01	0,47±0,01	0,45±0,03	0,54±0,01
Треонин	1,61±0,05	1,60±0,02	1,59±0,04	1,57±0,01	1,61±0,02
Фенилаланин	1,90±0,06	1,93±0,06	1,94±0,08	1,93±0,09	2,02±0,03
Триптофан	0,5±0,01	0,48±0,01	0,46±0,01	0,43±0,00	0,38±0,01

$C_{\text{КР}}$ и $C_{\text{Ф}}$ – содержание питательных веществ в комбикорме и фекалиях в пересчете на сухое вещество, д.е.

Для оценки процессов усвоения рыбами комбикормов и их отдельных питательных веществ (нутриентов) использовали коэффициент усваиваемости вещества ($Y_{\text{Н}}$) (Щербина и др., 2006). Данный показатель определяли по формуле:

$$Y_{\text{Н}} (\%) = M_{\text{т}} \times C_{\text{т}} - M_{\text{о}} \times C_{\text{о}} / N_{\text{к}}, \text{ где: } (3)$$

$Y_{\text{Н}}$ – усваиваемость нутриентов комбикорма;

$M_{\text{о}}$ и $M_{\text{т}}$ – средняя масса рыб в начале и конце эксперимента, г;

$C_{\text{о}}$ и $C_{\text{т}}$ – содержание питательных веществ в теле рыб в начале и в конце эксперимента, д.е.;

$N_{\text{к}}$ – количество нутриентов, съеденных рыбой за рассматриваемый период, г.

Для оценки доли комбикормов и отдельных питательных веществ, используемых организмом рыбы в обменных процессах, применяли следующую формулу (Щербина и др., 2006):

$$K_{\text{Н}} (\%) = \Pi_{\text{НКР}} - Y_{\text{Н}}, \text{ где: } (4)$$

$K_{\text{Н}}$ – количество нутриента, пошедшего на обеспечение жизнедеятельности;

$\Pi_{\text{НКР}}$ – переваримость нутриента комбикорма;

U_H – усваиваемость нутриента комбикорма.

Результаты представляли в виде средних значений и их ошибок ($x \pm mx$). Статистически значимыми отличия исследованных показателей считались при $p < 0,05$. Обработку результатов проводили с помощью программы «Excel». Статистическую обработку данных осуществляли с помощью однофакторного дисперсионного анализа методом ANOVA в программе «StatSoft statistica 10».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты выращивания радужной форели на исследуемых комбикормах показали, что при кормлении рыб комбикормом КР-1, содержащим 6% концентрата горохового белка, относительный прирост, удельная скорость роста и кормовые затраты были близки с контрольным образцом КР-0 и составляли 92,42–96,36%, 1,09–1,12%, 1,20–1,21% соответственно. Масса особей в этих группах в конце выращивания не имела статистически значимых различий ($p > 0,05$). Однако, повышение содержания данного компонента до 12–18% в комбикормах КР-2 и КР-3 привело к увеличению относительного прироста и удельной скорости роста до 98,92–100,20% и 1,15 – 1,16% соответственно при снижении кормовых затрат до 1,13. Масса особей в этих группах в конце выращивания оказалась достоверно выше, чем в контрольном варианте и при использовании рецепта КР-1 ($p < 0,05$). При использовании промышленного образца КР-4 наблюдались наибольшие показатели кормовых затрат – 1,26 (табл. 2).

Для комплексного исследования эффективности использования радужной форелью комбикормов и отдельных питательных веществ были проанализированы показатели переваримости, усвоения и обменных процессов (табл. 3 и рис. 2).

Полученные данные свидетельствуют, что переваримость опытных комбикормов КР-0 – КР-3 составляла 92,46–93,44%, а промышленного образца КР-4 – 90,11%, что гово-

рит о их высокой общей биодоступности для радужной форели.

Протеин всех исследуемых комбикормов так же обладал высокой биодоступностью, однако белок опытных комбикормов (КР-0 – КР-3) переваривался форелью на 2,35–3,33% лучше, чем у промышленного комбикорма (КР-4).

Переваримость жира во всех исследуемых комбикормах варьировала от 95,99 до 97,49%, что указывает на высокую доступность данного нутриента для радужной форели в проведенном опыте.

Переваримость фосфора и золы опытных комбикормов (КР-0 – КР-3) достоверно не отличалась ($p \geq 0,05$) и составляла 71,38–74,65% и 70,36–70,71% соответственно. Переваримость фосфора в промышленном комбикорме (КР-4) составляла 71,87%, а золы – 62,47%.

Комбикорма КР-2 и КР-3 обладали наилучшей усваиваемостью (рис. 2а), которая варьировала от 27,52 до 27,80%, и часть, используемая на обменные процессы, была наименьшей (64,94–65,07%) среди всех образцов. КР-0 и КР-1 имели более низкие показатели усваиваемости (25,38–26,18%), что указывает на лучшую эффективность использования радужной форелью комбикормов, содержащих 12–18% концентрата горохового белка среди всех исследованных образцов. КР-4 усваивался на 23,43%, что хуже, чем остальные комбикорма.

Усваиваемость протеина (рис. 2б) была наибольшей в комбикормах КР-2 и КР-3 и варьировала от 33,25 до 33,47% при наименьшей доле, затраченной на обменные процессы (64,50–64,56%). В КР-0 и КР-1 данные показатели составляли 31,18–31,35% и 66,48–66,75% соответственно. В промышленном образце регистрировалась наименьшая усваиваемость белка (29,56%).

Наилучшая усваиваемость жира (рис. 2в) фиксировалась так же в КР-2 и КР-3 и составляла 32,64–32,86%, а часть, пошедшая на обменные процессы, варьировала от 63,98 до

Таблица 2. Рыбоводно-биологические показатели выращивания радужной форели на исследуемых комбикормах

Показатель	Экспериментальная группа				
	КР-0	КР-1	КР-2	КР-3	КР-4
Средняя начальная масса, г	183,64±1,34	190,42±1,41	186,69±1,60	183,64±1,77	184,96±1,25
Средняя конечная масса, г*	360,61±5,99 <i>a</i>	366,41±5,22 <i>a</i>	371,37±5,35 <i>б</i>	367,66±4,46 <i>б</i>	356,32±5,00 <i>в</i>
Абсолютный прирост, г	176,96	175,99	184,68	184,01	171,36
Относительный прирост, %	96,36	92,42	98,92	100,20	92,65
Удельная скорость роста, %	1,12	1,09	1,15	1,16	1,09
Кормовые затраты	1,20	1,21	1,13	1,13	1,26

*Примечание: разными буквами обозначена достоверная разность между группами, одинаковыми – недостоверная.

Таблица 3. Переваримость комбикормов и их нутриентов, %

Наименование	КР-0	КР-1	КР-2	КР-3	КР-4
Комбикорма	92,77±0,31	93,44±0,31	92,46±0,11	92,87±0,22	90,11±0,38
Протеина	97,83±0,13	97,93±0,22	97,81±0,08	98,01±0,09	96,05±0,32
Жиры	97,24±0,37	97,49±0,25	96,62±0,57	97,29±0,54	95,99±0,67
Золы	70,40±0,66	70,71±0,47	70,11±0,27	70,36±0,73	62,47±1,91
Фосфора	73,76±1,17	74,65±1,51	71,38±1,07	72,87±0,61	71,87±1,09

64,43%. В КР-0 и КР-1 ретенция была хуже (30,54–31,10%), а доля, затраченная на обмен веществ, составляла 66,14–66,95%. В КР-4 выявлено наименьшее значение усвояемости – 28,44% и наибольший показатель части, участвующей в обменных процессах, – 67,35%, что может объясняться особенностями масложировой смеси, используемой в данном образце и более высоким содержанием БЭВ (табл. 2), которое могло привести к увеличению количества затрачиваемой энергии ввиду ограниченной способности радужной форели переваривать углеводные соединения, а также особенностями липидного профиля в данном образце (Nemre et al., 2002).

При исследовании метаболических показателей минеральной части (рис. 2 г, д) установлено, что усвояемость фосфора и золы уве-

личивалась с 37,44 и 27,90% в КР-0 до 44,22 и 31,74% в КР-3 при уменьшении частей, пошедших на обменные процессы, с 36,32 и 42,50% в КР-0 до 28,65 и 38,62% в КР-3. Это, предположительно, связано со снижением уровня фосфора и золы в комбикормах, содержащих концентрат горохового белка (табл. 1), что указывает на уменьшение нагрузки на систему биологической очистки, в связи со снижением количества выделяемых продуктов обмена, и является положительным качеством данных комбикормов при их применении в условиях УЗВ. Усвояемость золы промышленного комбикорма составляла 30,31%, что сопоставимо с опытными комбикормами, а усвояемость фосфора была ниже – 27,19%, что может объясняться избыточным уровнем данного нутриента в его составе – 1,38% (табл. 1).

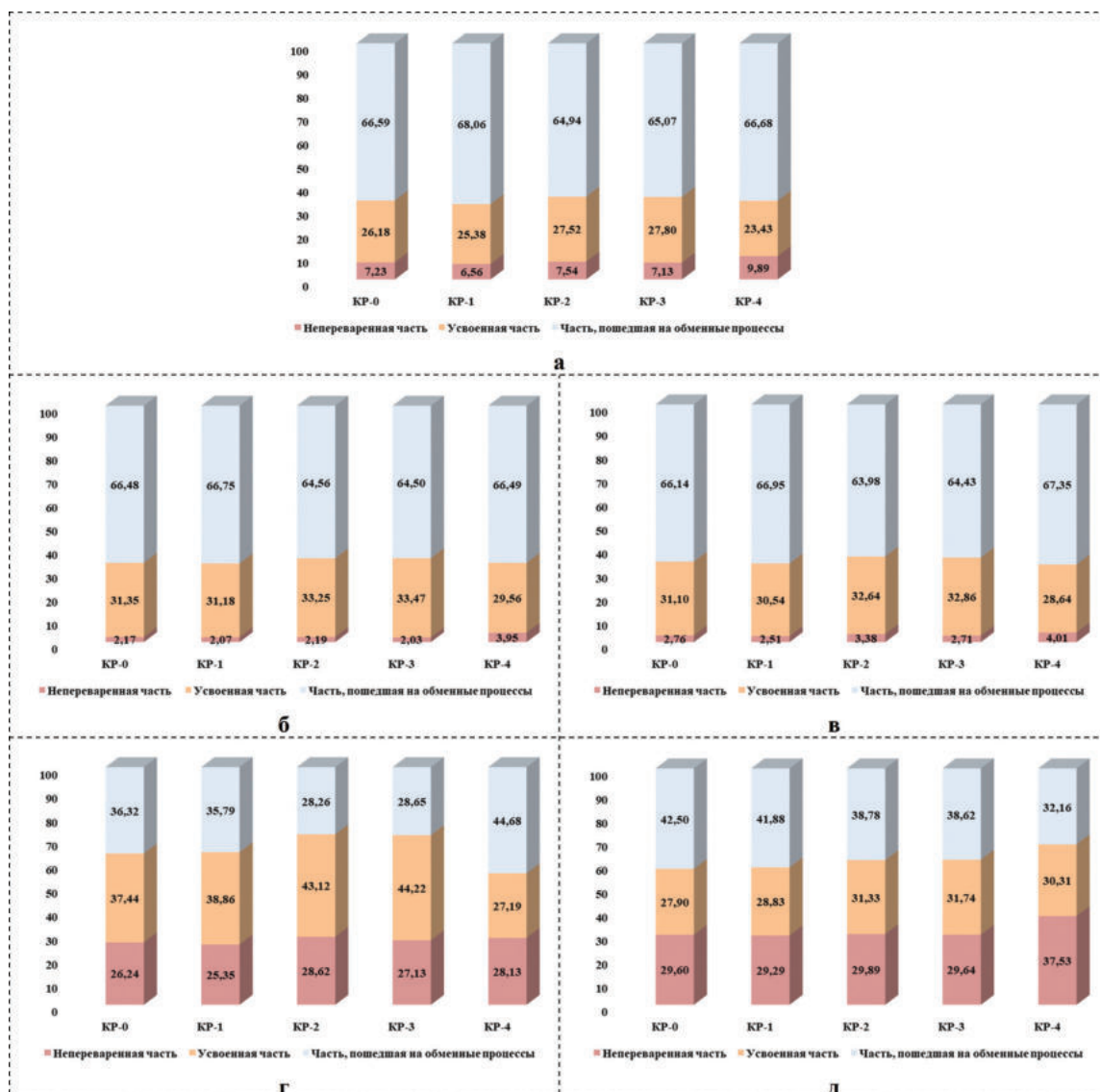


Рис. 2. Эффективность использования комбикормов (а) и питательных веществ радужной форелью: протеина (б); жира (в); фосфора (г); золы (д), %.

Данные по доступности и усвоению аминокислот представлены на рисунке 3.

Доступность всех аминокислот в опытных комбикормах составляла более 96%, а в промышленном образце КР-4 – более 92%, наибольшая разница наблюдалась по гистидину, треонину, триптофану, изолейцину, что связано с более низкой переваримостью протеина данного образца.

Тенденция усвоения аминокислот была идентична данным по ретенции белка, у КР-2 и КР-3 отмечалась более высокая усваиваемость гистидина, валина, лейцина, метионина,

цистина и цистеина, треонина и триптофана. Это можно объяснить немного пониженным уровнем данных аминокислот в составе комбикормов (табл. 1), обусловленная внесением 12–18% концентрата горохового белка.

При исследовании промышленного комбикорма выявлены пониженные результаты усваиваемости лизина, аргинина, валина, лейцина, изолейцина, цистина и цистеина, треонина, фенилаланина относительно всех опытных комбикормов, что может объясняться особенностями компонентного и аминокислотного составов данного образца.

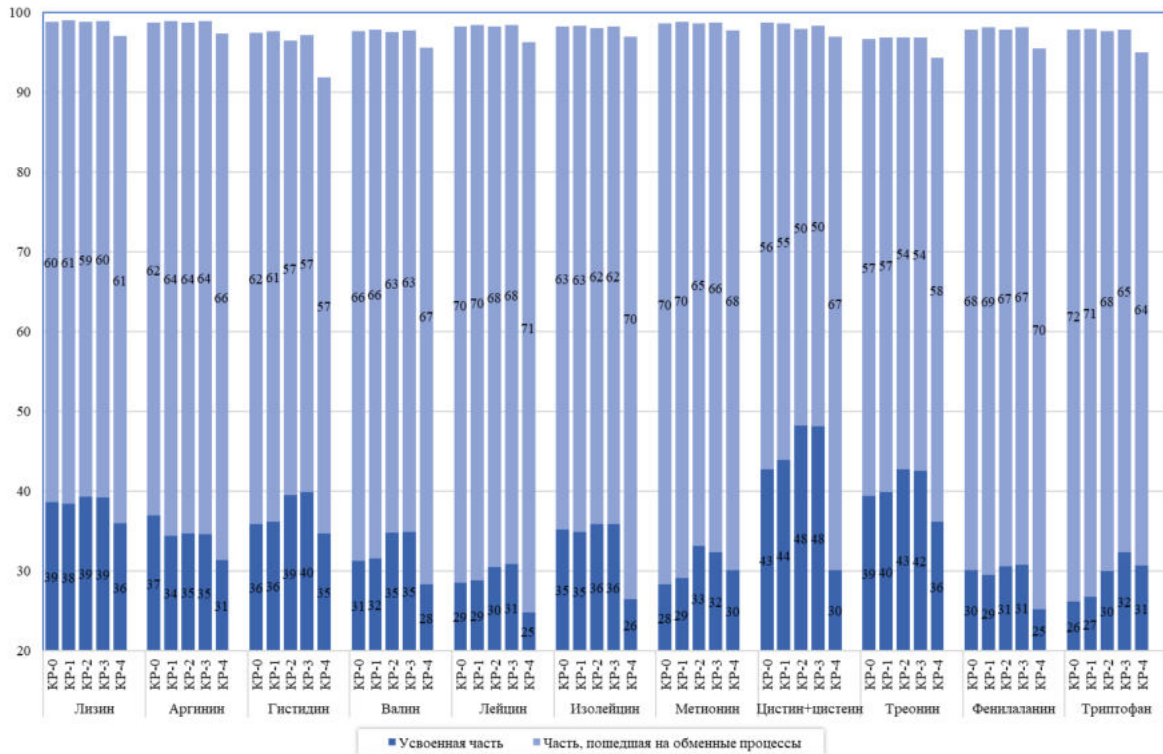


Рис. 3. Эффективность использования радужной форелью незаменимых аминокислот, %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате физиологической оценки питательности комбикормов с различным содержанием концентрата горохового белка было выявлено, что наибольшей усвояемостью обладали образцы, содержащие 12–18% горохового компонента, что подтверждается рыбоводно-биологическими показателями и говорит о наилучшей эффективности их использования радужной форелью среди всех исследуемых комбикормов. При этом достоверных отличий переваримости опытных комбикормов зарегистрировано не было.

Увеличение содержания горохового компонента в комбикормах вело к увеличению усвояемости и уменьшению затрат на обменные процессы фосфора и золы, что является положительным фактором при выращивании рыбы в условиях УЗВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Итоги деятельности Федерального агентства по рыболовству в 2024 году и задачи на 2025 год

(Электронный ресурс). URL: https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/2025/04/sbornik_25.03.25.pdf

Жигин А.В., Максименкова А.А. Опыт форелеводства в замкнутых системах // Новейшие генетические технологии для аквакультуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Электронное издание, Москва, 29–31 января 2020 года. Москва: Издательство «Перо», 2020. С. 185–193.

Полунина Н.Ю. Глубокая переработка гороха как перспективное направление развития отечественного АПК // Экономические и социальные проблемы России. 2025. № 2(62). С. 88–98.

Толмачев В.А., Арнаутков М.В., Усков Т.Н. и др. Перспективы использования горохового протеина в комбикормах для радужной // Рыболовственный комплекс России: 300 лет российской академической науке: II Международная научно-практическая конференция, Москва, 27–28 марта 2024 года. Москва: ВНИРО, 2024. С. 570–574.

Толмачев В.А., Арнаутов В.В., Гершунская В.В. и др. Переваримость питательных веществ растительных компонентов радужной форели при выращивании в УЗВ // Комбикорма. 2026. № 2. С. 46–51.

Щербина М.А. Основные направления и результаты физиологических исследований во ВНИИПРХе в период 1932–2012 гг. // Вопр. рыболовства. 2012. Т. 13. № 3(51). С. 467–502.

Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. Москва: ВНИРО, 2006. 360 с.

Begashaw T., Storebakken T., Sørensen M. Pellet quality of krill meal and pea protein containing diets and their sinking velocity at different water temperature and salinity // J. World Aquaculture Society. 2025. Т. 56. №. 5. С. e70060.

Bureau D. Letter to the Editor of Aquaculture // Aquaculture. 2006. V. 252. Issues 2–4. P. 103–105.

Collins S.A., Desai A.R., Mansfield G.S. et al. The effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: Concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation // Aquaculture. 2012. V. 344–349. P. 90–99.

Gai F., Caruso G., Dabbou S. et al. Partial Replacement of Fish Meal with Three Different Protein Sources in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*: Response of Intestinal Digestive Enzymes // J. Vet. Med. Animal. Sci. 2022. V. 5 (1). P. 1104.

Hemre G.I., Mommsen T.P., Krogdahl Å. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes // Aquaculture nutrition. 2002. Т. 8. № 3. P. 175–194.

Meriac A. Dietary carbohydrates and denitrification in recirculating aquaculture systems: дис. Wageningen University and Research. 2014. 129 p.

Mirzakhani M.K., Kenari A.A., Motamedzadegan A. Prediction of apparent protein digestibility by in vitro pH-stat degree of protein hydrolysis with species-specific enzymes for Siberian sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt 1869) // Aquaculture. 2018. Т. 496. P. 73–78.

National Research Council et al. Nutrient requirements of fish and shrimp. National academies press. 2011. 376 p.

Prakash S., Maas R.M., Franssen P-M. M. M. et al. Effect of feed ingredients on nutrient digestibility, waste production and physical characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) faeces // Aquaculture. 2023. Т. 574. P. 739621.

Zhang Y., Øverland M., Sørensen M. et al. Optimal inclusion of lupin and pea protein concentrates in extruded diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Aquaculture. 2012. Т. 344. P. 100–113.

**PHYSIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE NUTRITIVE VALUE OF
COMPOUND FEEDS CONTAINING PEA PROTEIN CONCENTRATE
USED FOR REARING RAINBOW TROUT IN RAS CONDITIONS**

© 2026 г. V.A. Tolmachev, A.V. Zhigin, M.V. Arnautov,
R.V. Artemov, S.V. Bindyukov

*State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO»,
Russia, Moscow, 105187*

The study investigated the effect of pea protein concentrate on the digestibility and assimilability of nutrients in compound feeds for rainbow trout reared in RAS conditions. It was found that the digestibility of the experimental compound feeds exceeded 92%, indicating their high bioavailability for rainbow trout. It was revealed that compound feeds containing 12–18% pea protein concentrate exhibited the best parameters of nutrient assimilability and metabolic costs among all studied samples, indicating greater efficiency of their utilization by rainbow trout. An increase in the pea protein concentrate content in the compound feeds led to improved assimilability and reduced metabolic costs for phosphorus and ash, which is a positive factor when using these feeds in RAS conditions.

Keywords: compound feeds, rainbow trout, pea protein concentrate, digestibility, assimilability, physiological assessment.

**РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ СТАРТОВЫХ
КОМБИКОРМОВ С КОРМОВЫМИ КОМПОНЕНТАМИ
НА ОСНОВЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И ВОДОРΟΣЛЕЙ
ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МОЛОДИ ДЛИННОПАЛОГО
РАКА *PONTASTACUS LEPTODACTYLUS***

© 2026 г. Р.Р. Борисов (spin: 5597-7051), И.Н. Никонова (spin: 8313-2770),
Н.В. Кряхова (spin: 1180-6935), Ю.А. Баскакова (spin: 5286-5043),
А.В. Артёмов (spin: 3464-4613)

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187
E-mail: borisovrr@vniro.ru

Поступила в редакцию 2.02.2026 г.

Цель работы – разработать и апробировать комбикорма с кормовыми компонентами на основе беспозвоночных и водорослей для молоди длиннопалого рака. Проведено два последовательных эксперимента на группах молоди длиннопалого рака по апробации комбикормов производства ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» с различными кормовыми компонентами. В первом эксперименте протестировано четыре варианта комбикормов: КРРАКр-База, КРРАКр-Гаммарус, КРРАКр-Львинка, КРРАКр-Хлорелла; во втором эксперименте – два варианта: КРРАКр-База и КРРАКр-База + замороженный *Arctodiaptomus salinus*. Продолжительность экспериментов составила 30 и 37 сут. По окончании эксперимента оценивали выживаемость, прирост, кормовой коэффициент, интенсивность окраски молоди. Все апробированные комбикорма показали высокую привлекательность для молоди длиннопалого рака. Наблюдаемые различия в росте и выживаемости не были статистически значимы. За время эксперимента масса особей при температуре 22–23°C в среднем увеличилась в 2,8 раза, а при температуре 25–26°C в 4,2 раза. При этом наилучшие показатели по росту были получены при использовании комбикорма с повышенным содержанием гаммаруса. При кормлении комбикормами интенсивность окраски особей была низкой. Во втором эксперименте показано, что введение в рацион молоди замороженного зоопланктона с доминированием *Arctodiaptomus salinus* обеспечивает формирование у нее насыщенной естественной окраски. Разработанные и протестированные рецептуры могут быть использованы при создании стартовых и продукционных комбикормов для длиннопалого рака.

Ключевые слова: длиннопалый рак *Pontastacus leptodactylus*, комбикорма, кормовые компоненты, рост, окраска, гаммарус, черная львинка, хлорелла.

ВВЕДЕНИЕ

Пресноводные раки считаются деликатесным продуктом, благодаря высоким вкусовым качествам их мяса. На территории Российской Федерации обитают несколько видов пресноводных раков, наиболее распространенным из которых является длиннопалый рак *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). Данный вид, встречающийся как в пресноводных, так и в солоноватых водоемах, является

традиционным объектом промысла для многих регионов, но растущий на него спрос в последнее время привел к значительному снижению численности его естественных популяций (Белорусцева, Лукерин, 2022; Сафаралиев и др., 2023). Одним из способов восстановления популяций длиннопалого рака является организация питомников для получения посадочного материала и его последующего выпуска в естественные водоемы, а также соз-

дание специализированных хозяйств по выращиванию длиннопалого рака с целью получения товарной продукции.

Одной из самых важных составляющих процесса культивирования является обеспечение полноценного кормления на всех этапах развития организма. На данный момент выполнено большое количество работ по исследованию питания длиннопалого рака в естественных водоемах. Имеющиеся на сегодня данные о пищевых предпочтениях речных раков указывают на то, что им свойственна эврифагия и высокая пищевая пластичность, проявляющаяся в освоении новых пищевых объектов при сезонных или иных изменениях условий существования и в использовании разной пищи в разных водоемах (Куренков, 1951; Momot, 1995; Ackefors, 1998; Черкашина, 2002; Борисов и др., 2011). Помимо этого, были попытки создания специализированных комбикормов на основе рыбной муки с добавлением различных растительных и животных компонентов (Черкашина и др., 1986; Черкашина, 1989; 2007; Киселёв и др., 1995). Однако упомянутые в литературных источниках рецептуры комбикормов для длиннопалого рака не были внедрены в промышленное производство, и на сегодняшний день сбалансированные специализированные комбикорма для различных возрастных групп длиннопалого рака отсутствуют.

Особое значение имеет создание и использование полноценных комбикормов для начальных стадий жизненного цикла, как наиболее уязвимых и требовательных к составу пищи. Например, недостаток белка отрицательно сказывается на росте особей, и для молоди речных раков его содержание в кормах должно составлять не менее 35% (Борисов и др., 2022; Thompson et al., 2006). Входящие в состав комбикормов компоненты являются для раков не только энергетическим ресурсом, но и источником важных элементов, необходимых для роста, развития, формирования окраски и т.п. По этой причине, исследования, направленные на создание линейки

комбикормов для выращивания молоди длиннопалого рака, имеют особую актуальность. При разработке рецептур комбикормов необходимо учитывать пищевые предпочтения и особенности поведения молоди раков, которые они демонстрируют в естественной среде. Например, молодь длиннопалого рака ведет донный образ жизни и активно поедает личинок насекомых и ракообразных (Будников, Третьяков, 1952; Румянцев, 1974; Черкашина, 1977; Борисов, и др., 2011). При создании комбикормов повышение эффективности от их применения возможно путем подбора оптимальных для молоди раков технологических характеристик (водостойкость, размер гранул, плавучесть, аттрактивность) комбикорма, а также использование в комбикормах специализированных компонентов с учетом пищевых потребностей молоди раков.

Цель данной работы – разработать и апробировать комбикорма с добавлением компонентов на основе беспозвоночных и водорослей для молоди длиннопалого рака.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовательские работы проведены на базе аквариальной отдела аквакультуры беспозвоночных ЦИ ФГБНУ «ВНИРО». Материалом для них послужила молодь длиннопалого рака, начиная с III стадии развития. Всего проведено два последовательных эксперимента, различавшихся возрастом молоди и составом использовавшихся комбикормов. Разработка рецептур комбикормов, а также их изготовление проведены отделом кормов и кормовых компонентов ЦИ ФГБНУ «ВНИРО». Схема экспериментов представлена в таблице 1.

В основе все комбикорма содержали: пшеницу, рыбную муку, глютен пшеничный, соевый белковый концентрат, дрожжи спиртовые, крахмал кукурузный, жмых подсолнечный, гемоглобин, витаминно-минеральный комплекс, клеточные стенки дрожжей, морковь сушеную, чеснок сушеный, астаксантин, масло соевое, масло рапсовое, лецитин соевый. В базовый рецепт (КРРАКр-

Таблица 1. Схема проведения рыбоводно-биологических испытаний комбикормов с разными кормовыми компонентами на основе беспозвоночных и водорослей для молоди длиннопалого рака

Номер эксперимента	1	2
Шифр испытываемых комбикормов	КРРАКр-База, КРРАКр-Гаммарус, КРРАКр-Львинка, КРРАКр-Хлорелла	КРРАКр-База и КРРАКр-База + замороженный <i>Arctodiaptomus salinus</i>
Размер гранул, мм	1,5–2	1,5–2
Температура воды, °С	22–23 и 25–26	25–26
Количество вариантов эксперимента	8	2
Возраст молоди от момента вылупления, сут.	14–21	44–51
Средняя начальная масса, г	0,064±0,005	0,31±0,13
Плотность посадки, экз./м ²	230	49
Условия содержания молоди: - система выращивания - объем емкостей, л - количество емкостей для каждого варианта эксперимента	УЗВ 5,0 3	УЗВ 200 1
Нормы кормления на момент посадки, далее по потреблению, % от биомассы	10 и 15	7
Способ кормления	ручной	ручной и автокормушки
Частота кормления	два раза в сутки	
Контроль параметров выращивания: - температура, - концентрация аммония, нитритов, нитратов, рН	Периодичность контроля: - ежедневно - раз в 15 сут.	
Биологические показатели: - масса и длина тела - поедаемость корма - интенсивность окраски	Периодичность контроля: 1 раз за эксперимент ежедневно 1 раз за эксперимент	
Продолжительность экспериментов, сут.	30	37
Рыбоводные показатели оценки кормов	выживаемость, прирост, кормовой коэффициент, интенсивность окраски	выживаемость, прирост, интенсивность окраски

База) помимо перечисленных ингредиентов входили сухой гаммарус (3%) и концентрат белковый из личинки черной львинки (2%). В первом эксперименте помимо базового комбикорма апробировано три варианта комбикормов, отличавшихся составом (табл. 2).

В первом варианте (КРРАКр-Гаммарус) долю сухого гаммаруса увеличили до 6%, а концентрат из львинки исключили из рецепта. Во втором варианте (КРРАКр-Львинка) долю концентрата из личинки черной львинки увеличили до 6%, а сухой гаммарус исключили

Таблица 2. Химический состав и различия компонентного состава экспериментальных комбикормов

Показатель	Шифр испытываемых комбикормов			
	КРРАКр-База	КРРАКр-Гаммарус	КРРАКр-Львинка	КРРАКр-Хлорелла
Сырой протеин, %	45	45	45	45
Сырой жир, %	6	6	6	6
Валовая энергия, кДж	18,1	18,1	18,1	18,1
Сухой гаммарус, %	3	6	0	3
Концентрат из личинки львинки, %	2	0	6	2
Хлорелла, %	0	0	0	1

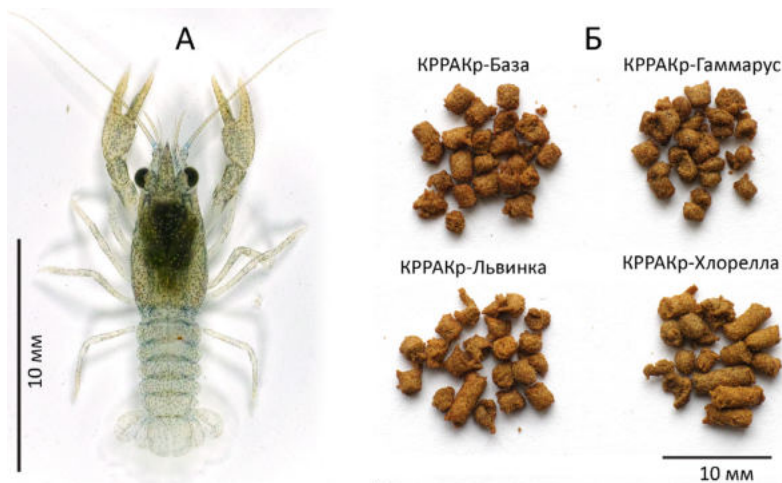


Рис. 1. А – Молодь длиннопалого рака (3 стадии); Б– внешний вид комбикормов.

из рецепта. В третьем варианте (КРРАКр-Хлорелла) в базовый рецепт добавили 1% хлореллы (рис. 1).

В эксперименте №1 использовали молодь, полученную от одной самки в возрасте две-три недели с момента выхода из яйца (рис. 1А).

Молодь содержали группами по 10 особей в емкостях объемом 5 л и площадью дна 0,043 м². Дно и три из четырех стенок емкостей имели черный цвет. Емкости были объединены в две группы по 12 шт. в каждой (рис. 2) и оснащены независимыми циркуляционными контурами, включающими системы биологической фильтрации

(фильтр Eheim 2215), нагрева (нагреватели 200 Вт) и охлаждения (проточный холодильник Hailea). Эксперимент проводился в двух вариантах температур: 22–23°С и 25–26°С. Для освещения использованы светодиодные лампы с цветовой температурой 4000°К. Режим освещения 12/12 ч. В качестве укрытий в емкости для молоди раков разместили структурирующий объем субстрат из пластиковых нитей и убежища норного типа (10 шт. на емкость).

Для испытания каждого варианта комбикорма было задействовано по шесть емкостей (три при температуре 22–23°С и три при 25–26°С).



Рис. 2. Экспериментальная установка, использованная в эксперименте №1.

Таким образом, в эксперименте №1 выполнено 8 вариантов, в трех повторностях каждый. Кормление раков осуществляли два раза в сутки. Количество вносимого комбикорма корректировали в зависимости от потребления для каждого варианта температуры. Для каждого варианта температуры во все емкости вносили одинаковое количество комбикорма. Перед кормлением проводили осмотр и чистку емкостей, при этом учитывали количество несъеденного комбикорма, наличие личинок шкур (экзувиев) и погибших особей. Несъеденный комбикорм и погибших особей изымали и определяли предположительные причины гибели. После внесения корма оценивали такие технологические качества комбикорма, как водостойкость, плавучесть. Помимо этого, отслеживали реакцию молоди на комбикорм и особенности ее поведения в процессе питания. Продолжительность эксперимента составила 30 сут.

По окончании эксперимента №1 из молоди раков, содержащихся при температуре 25–26°C, отобрали особей без повреждений конечностей и средней массой $0,31 \pm 0,13$ г и высадили для проведения второго эксперимента в 2 емкости (объем воды 200 л, площадь дна $0,45$ м²). Емкости были объединены в единый циркуляционный контур, включающий систему биологической фильтрации (фильтр Eheim 2226), нагрева (нагреватели 200 Вт) и охлаждения (проточный холодильник Hailea).

Дно и три из четырех стенок емкостей имели черный цвет. Молодь высадили из расчета 22 особей на емкость, что соответствовало плотности посадки 49 особей на м². Кормление осуществляли два раза в сутки. В качестве основного корма использовали комбикорм КРРАКр-База. Кроме того, в одну из емкостей один раз в сутки вносили 2,5 г замороженного корма из планктонных ракообразных (торговое название «Микропланктон», производство Prime, Россия), в другую – эквивалентную порцию комбикорма (0,35 г). Основу замороженного корма составляли веслоногие ракообразные (отряд Calanoida) *Arctodiaptomus (Rhabdodiaptomus) salinus* (Daday, 1885) и в меньшем количестве встречался один вид ракообразных из отряда Ostracoda. *Arctodiaptomus salinus* обитает в соленых водоемах аридной зоны Палеарктики. Он способен в больших количествах накапливать астаксантин, что делает его ярко-красным (Bodea et al., 1965). Продолжительность эксперимента составила 37 суток. По завершению экспериментов у всех особей измерена масса и длина тела, отмечены случаи утраты конечностей, а также проведена оценка интенсивности окраски. Длину особей измеряли от конца рострума до конца тельсона. Взвешивание проводили на электронных весах Acculab ALC-210d4 с точностью до 0,01 мг.

Оценку интенсивности окраски проводили по следующей методике. С помощью фотокамеры Sigma dp3 Merrill получены изо-

бражения молодых раков с дорзальной стороны. Анализ полученных изображений проводился в программе Adobe Photoshop CS6. Для всех изображений осуществлялась коррекция цвета по эталонному участку фона фотографии, после чего в цветовом пространстве CIE Lab (CIE L*a*b*) измеряли показатели, характеризующие окраску особи. Измерения проводили в дорзальной части второго сегмента абдомена. В цветовом пространстве CIE Lab координатой L задана яркостная составляющая – яркость или светлота (изменяется от 0 до 100, то есть от самого темного до самого светлого), а хроматическая составляющая – двумя декартовыми координатами a и b. Первая обозначает положение цвета в диапазоне от зеленого до красного, вторая – от синего до желтого. Показатель L лучше всего характеризует изменение интенсивности окраски особей: чем интенсивнее (темнее) окрашена особь, тем ниже значения показателя.

Статистическая обработка результатов выполнена в программе Statistical12. Для оценки статистической значимости различий в скорости роста и интенсивности окраски использовали t-критерий Стьюдента и однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Большая часть гранул всех четырех видов комбикормов после внесения опускалась на дно. Исключением являлся вариант комбикорма КРРАКр-Гаммарус, часть гранул которого имела положительную плавучесть и в результате оказывалась недоступна для раков.

Раки в эксперименте активно реагировали на внесение всех испытываемых комбикормов. После внесения комбикорма молодь демонстрировала поисковое поведение. Молодь захватывала корм клешневыми конечностями (чаще всего 2–3 пары), и далее он передавался ротовым конечностям. Значимых различий в реакции молодых раков на комбикорма не наблюдалось.

Все виды комбикормов имели достаточную водостойкость и длительное время сохраняли свою структуру, не распадаясь на отдельные части. Так, несъеденные гранулы сохраняли форму спустя 12 ч после внесения комбикорма.

В начале эксперимента №1 раки не могли употребить гранулы комбикорма за один подход и часто возвращались к ним несколько раз. Высокая водостойкость гранул позволяла это сделать. При достижении раками массы 0,2–0,4 г молодь могла поглощать гранулы мелких и средних размеров за один кормовой подход.

Основные размерно-весовые показатели, а также выживаемость и расход комбикормов, полученные в эксперименте № 1 при температурах 22–23 и 25–26°C, приведены на рисунке 3 и в таблицах 3 и 4.

Средние показатели выживаемости были близкими для всех испытанных типов комбикормов. При температуре 22–23°C средняя выживаемость изменялась от 43% (комбикорм КРРАКр-База) и 47% КРРАКр-Хлорелла, до 60% (комбикорма КРРАКр-Гаммарус и КРРАКр-Львинка). В варианте эксперимента с температурой 25–26°C выживаемость оказалась выше в варианте с комбикормом КРРАКр-База (63%) и в варианте с КРРАКр-Львинка (60%), а для вариантов КРРАКр-Гаммарус и КРРАКр-Хлорелла она составила 50%.

За время эксперимента масса особей при температуре 22–23°C в среднем увеличилась в 2,8 раза, а при температуре 25–26°C в 4,2 раза (табл. 3, 4). Из данных, приведенных на рисунке 3, хорошо видно, что более высокая температура способствовала быстрому росту молодых раков. Наблюдаемые различия в массе особей были статистически значимы ($p=0,000007$).

Максимальные средние (табл. 3, 4) и медианные (рис. 3) показатели массы как при температуре 22–23°C, так и при температуре 25–26°C зафиксированы в варианте с комбикормом КРРАКр-Гаммарус. Для этого варианта так же отмечены наиболее высокие

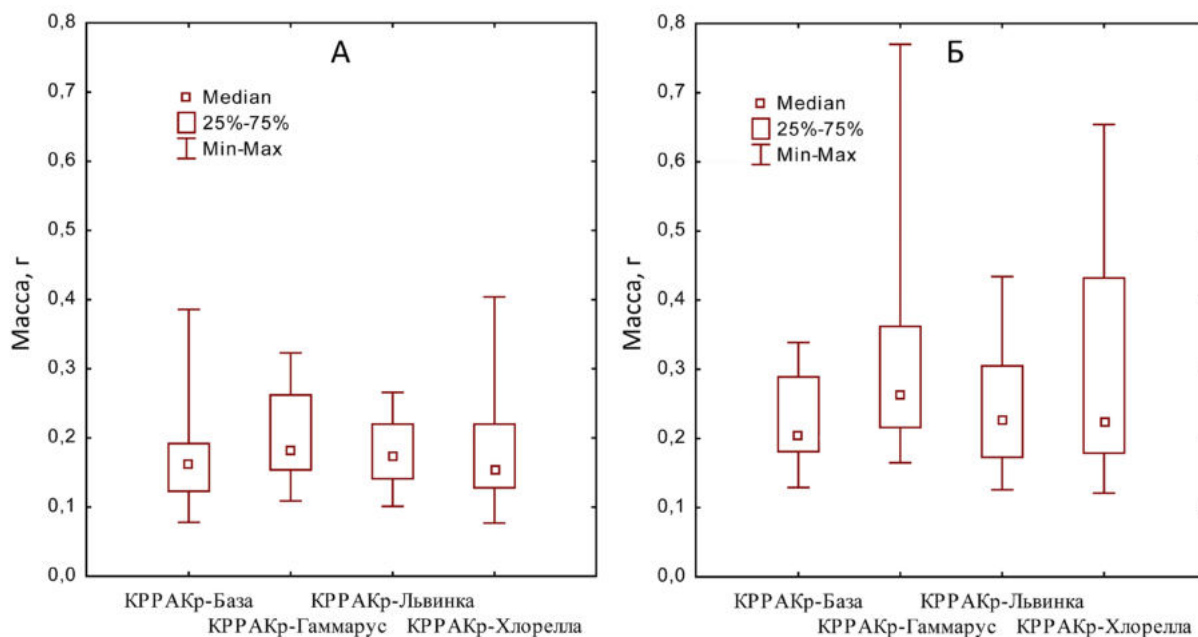


Рис. 3. Масса молоди длиннопалого рака в зависимости от использованных комбикормов при температурах: А – 22–23°С, Б – 25–26°С.

Таблица 3. Результаты выращивания ранней молоди длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* в эксперименте № 1 при температуре 22–23°С

Показатель	Шифр испытываемых комбикормов			
	КРРАКр-База	КРРАКр-Гаммарус	КРРАКр-Львинка	КРРАКр-Хлорелла
Выживаемость, %	43±6	60±10	60±10	47±15
Длина средняя начальная, мм	13,77±0,32			
Длина средняя конечная, мм	18,77±2,62	20,03±2,17	19,07±2,03	19,21±2,92
Масса средняя начальная, г	0,064±0,005			
Масса средняя конечная, г	0,17±0,08	0,20±0,06	0,175±0,045	0,18±0,08
Прирост массы, г	0,11	0,14	0,11	0,11
Прирост биомассы на емкость, г	0,74±0,21	1,21±0,23	1,05±0,22	0,83±0,44
Затраты корма, г/г	2,24	1,61	1,93	2,17

показатели прироста биомассы и наилучший коэффициент кормовых затрат (табл. 3, 4). Кроме того, именно в варианте с этим комбикормом при температуре 25–26°С отмечены самые крупные особи (рис. 2Б). Вместе с тем необходимо отметить, что наблюдаемые отличия в массе особей между различными вариантами кормления ни при температуре 22–23°С, ни при 25–26°С не были ста-

тистически значимы ($p=0,55$ и $p=0,12$ соответственно). При температуре 25–26°С раки питались активней и потребляли в 1,5–2 раза больше комбикорма, чем при температуре 22–23°С. В среднем в эксперименте № 1 затраты корма составили около 2 г корма на 1 г живой массы. Такие высокие затраты комбикормов могли быть отчасти обусловлены неточностью учета остатков корма и высо-

Таблица 4. Результаты выращивания ранней молоди длиннопалого рака *Pontastacus leptodactylus* в эксперименте № 1 при температуре 25–26°C

Показатель	Шифр испытываемых комбикормов			
	КРРАКр-База	КРРАКр-Гаммарус	КРРАКр-Львинка	КРРАКр-Хлорелла
Выживаемость, %	63±6	50±12	60±10	50±26
Длина средняя начальная, мм	13,77±0,32			
Длина средняя конечная, мм	21,06±2,03	22,67±2,94	21,10±2,24	22,26±3,89
Масса средняя начальная, г	0,064±0,005			
Масса средняя конечная, г	0,22±0,06	0,32±0,17	0,24±0,08	0,30±0,17
Прирост массы, г	0,16	0,25	0,18	0,23
Прирост биомассы на емкость, г	1,42±0,27	1,58±0,16	1,47±0,29	1,48±0,56
Затраты корма, г/г	2,18	1,92	2,09	2,13

ким уровнем смертности и каннибализма в ряде повторностей эксперимента.

В эксперименте № 1 молодь при всех использованных вариантах комбикормов имела сходную окраску (рис. 4). Интенсивность окраски особей была низкой. Значения координаты *L* (яркостная составляющая) составляли 86±4 (КРРАКр-База), 85±4 (КРРАКр-Гаммарус), 85±5 (КРРАКр-Львинка) и 85±4 (КРРАКр-Хлорелла). В хроматической составляющей преобладали голубые и синие оттенки (рис. 4Д). Статистически значимых различий в яркостной и хроматической составляющих окраски молоди отмечено не было.

В эксперименте № 2 наблюдались существенные различия в окраске особей (рис. 5). Молодь раков, которая в качестве пищи помимо комбикорма КРРАКр-База получала замороженный зоопланктон с доминированием *A. salinus*, имела насыщенную темную, чаще всего бурую окраску (рис. 5А). Молодь, которую кормили исключительно комбикормом, имела светлую голубую или синюю окраску (рис. 5Б). Значения координаты *L* (яркостная составляющая) составляли 53±10 (КРРАКр-База + замороженный зоопланктон с доминированием *Arctodiaptomus salinus*) и 77±9 (КРРАКр-База). Различия показателей хроматической составляющей окраски молоди значительно отличались

(рис. 5В). Отличия в хроматических и яркостных показателях окраски особей были статистически значимы ($p < 0,00001$).

Выживаемость в эксперименте № 2 оказалась выше в варианте, где часть комбикорма заменили замороженным зоопланктоном с доминированием *A. salinus* – 81%, при использовании исключительно комбикорма КРРАКр-База выживаемость составила – 59%. При этом средняя масса особей напротив была выше в варианте, где молодь кормили только комбикормом – 0,73±0,47 г. При замене части комбикорма на замороженный зоопланктон с доминированием *A. salinus* средняя масса составила 0,62±0,35 г. Однако наблюдаемые различия в массе особей не были статистически значимы ($p = 0,49$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Испытанные комбикорма обладали достаточно высокой привлекательностью для молоди рака. Об этом свидетельствует активное поисковое поведение, которое демонтировала молодь после попадания гранул комбикорма в воду. Отсутствие заметных различий в реакции молоди на предложенные варианты кормов указывает на то, что их аттрактивность обеспечивалась компонентами, входящими в базовую рецептуру комбикормов. Комби-

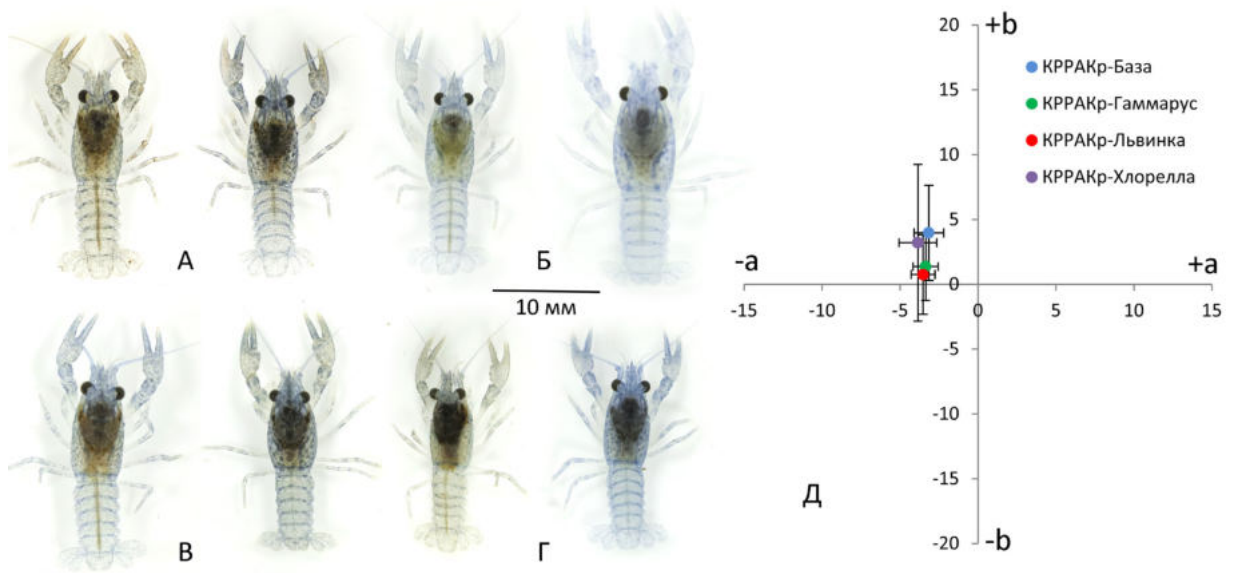


Рис. 4. Влияние комбикормов на окраску молоди длиннопалого рака в эксперименте №1: внешний вид молоди при кормлении комбикормами: А – КРРАКр-База, Б – КРРАКр-Гаммарус, В – КРРАКр-Львинка, Г – КРРАКр-Хлорелла; Д – показатели хроматической составляющей (координаты а и b в цветовом пространстве CIE Lab) окраски молоди.

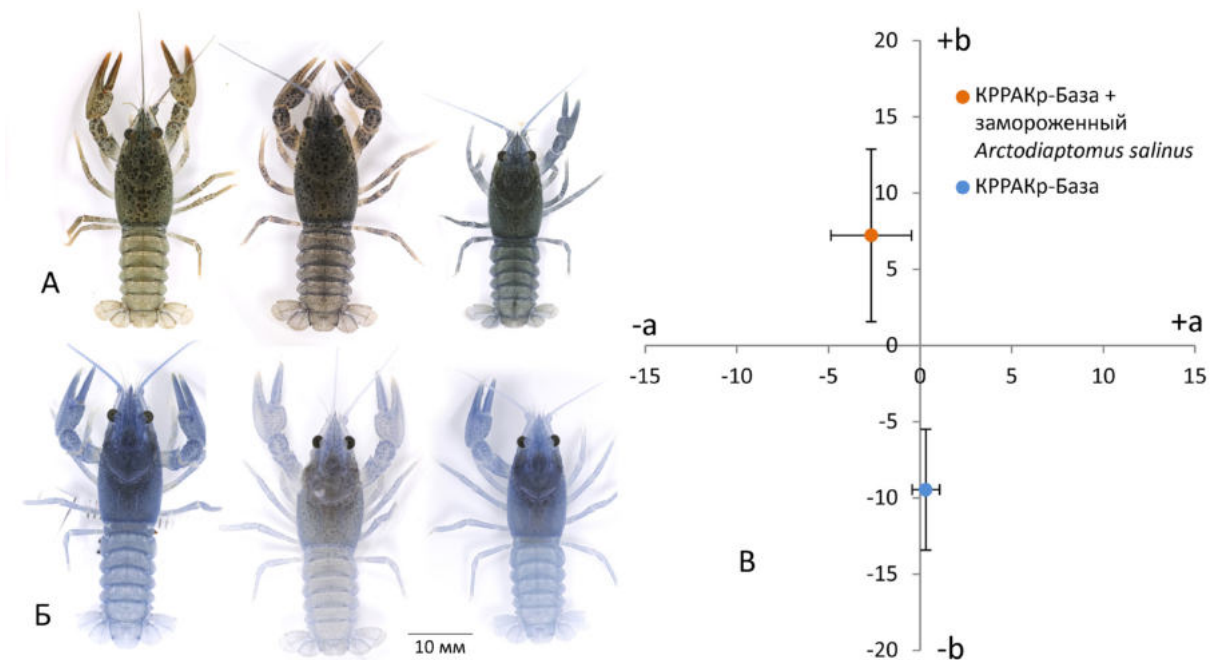


Рис. 5. Влияние частичной замены комбикорма КРРАКр-База замороженным зоопланктоном с доминированием *A. salinus*: А – внешний вид молоди при кормлении комбикормом КРРАКр-База и замороженным зоопланктоном с доминированием *A. salinus*, Б – внешний вид молоди при кормлении комбикормом КРРАКр-База, В – хроматическая составляющая (координаты а и b в цветовом пространстве CIE Lab) окраски обеих групп.

корм оказывался доступен для раков только после того, как гранулы опускались на дно. Поэтому, отрицательная плавучесть является необходимой характеристикой комбикорма для молоди раков. Недостаточная отрицательная плавучесть комбикорма может приводить к его потерям, как это было в случае с вариантом КРРАКр-Гаммарус в нашем эксперименте. Высокая водостойкость испробованных комбикормов позволяла ракам более эффективно использовать комбикорма в промежутках между кормлениями, что особенно актуально для вечерних кормлений. Размеры гранул экспериментальных комбикормов оказались слишком крупными для ранней молоди. Данный размер гранул может быть использован для кормления молоди по достижению ее массы 0,2–0,4 г.

Большинством исследователей длиннопалый рак рассматривается как эвритермный вид, способный длительное время существовать в диапазоне температур от 4 до 32°C (Souty-Grosset, et. al., 2006). При этом О.И. Мицкевич указывает, что оптимальной температурой для длиннопалого рака является диапазон 19–21°C, а температура верхней границы зоны толерантности является 24–25°C (Мицкевич, 2006). По данным Н.Я. Черкашиной (Черкашина, 2007) оптимальная температура для роста молоди длиннопалого рака находится в диапазоне 18–25°C. Полученные в эксперименте №1 данные показали, что интенсивность питания раков при температуре 25–26°C была выше, чем при температуре 22–23°C. Следствием активного питания стали статистически значимо более высокие показатели роста раков при 25–26°C. Полученные данные свидетельствуют, что температура 25–26°C находится в оптимальном для роста молоди диапазоне.

Исходя из полученных результатов эксперимента №1, можно сказать, что испытанные варианты рецептуры комбикормов не оказывали статистически значимого влияния на выживаемость и рост молоди раков. Полученные данные по выживаемости и темпам роста соответствовали аналогичным результатам других исследователей, тестируя

ших различные виды кормов (Özdoğan, Kosa, 2023). Однако наилучшие показатели выращивания отмечены при использовании комбикорма КРРАКр-Гаммарус, в рецепте которого была увеличена доля сухого гаммаруса. Такие результаты могут быть обусловлены большей долей хитина в комбикорме этого типа, что могло оказать положительное влияние на формирование новых покровов особей при линьке, что в свою очередь положительно сказалось на росте и выживаемости молоди.

Окраска молоди раков в конце эксперимента №1 свидетельствует, что содержащихся в комбикормах пигментов оказалось недостаточно для формирования естественной окраски. Особи во всех группах были слабо окрашены с преобладанием голубых, серовато-зеленых оттенков. Низкая интенсивность окраски особей, по-видимому, связана с недостатком в комбикормах астаксантина. Каротиноид астаксантин является наиболее распространенным пигментом десятиногих ракообразных. Он имеет красный цвет, но при взаимодействии с белком краустианином образует каротино-протеиновый комплекс, который дает различные варианты зеленой и синей окраски (Wade et al., 2012). Несмотря на широкое распространение, сами ракообразные не способны вырабатывать астаксантин и получают его из кормовых объектов (Plusty et al., 2009). Поэтому при его отсутствии в корме яркую окраску они постепенно утрачивают. Подобная картина наблюдалась нами ранее в экспериментах с белоногой креветкой при использовании комбикормов, предназначенных для прудового выращивания (Борисов и др., 2021). Ярко красная окраска замороженного корма из планктонных ракообразных, использованного в эксперименте №2 в качестве дополнительной подкормки, обусловлена высоким содержанием астаксантина, накапливающегося в организме планктонных ракообразных, что делает их ярко-красными (Vodea et al., 1965). Молодь раков, получавшая в качестве дополнительного кормления замороженный зоопланктон с доминированием *A. salinus*, за время экс-

перимента приобрела яркую насыщенную окраску, характерную для особей из естественных водоемов. Эти результаты подтверждают наше предположение, что уровень каротиноидов в экспериментальных комбикормах оказался недостаточным. Следует отметить, что даже при отсутствии влияния на рост и выживаемость в период культивирования изменение окраски может иметь опосредованный негативный эффект при выпуске молоди в естественную среду. Нарушение окраски может сделать молодь более заметной для хищников и тем самым снизить ее выживаемость.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Протестированные комбикорма по своему составу и физическим качествам в целом отвечают пищевым потребностям молоди раков. Наилучшие показатели выживаемости и роста были зафиксированы при использовании комбикорма с увеличением доли гаммаруса. Тем не менее, содержания пигментов в комбикормах оказалось недостаточным для формирования молодью естественной покровительственной окраски. Несмотря на это, на основании полученных результатов можно рекомендовать испытанные комбикорма для культивирования молоди длиннопалого рака. Для компенсации недостатка пигментов возможна дополнительная подкормка молоди кормами естественного происхождения, богатыми астаксантином. Дальнейшие работы по доработке рецептуры комбикормов могут быть направлены на увеличение и сохранение пигментов, необходимых молоди раков для формирования естественной окраски. Это особенно актуально при культивировании молоди для ее выпуска в естественные водоемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Белорусцева С.А., Лукерин А.Ю. Состояние популяций, запасов и промысла раков в водоемах Алтайского края в период 2010–2021 годов. // Рыбн. хозяйство. 2022. №5. С. 65–68.

Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Артёмов Р.В. и др. Оценка эффекта применения комбикормов

с различным уровнем белка для молоди австралийского красноклешневого рака в условиях УЗВ. // Тр. ВНИРО. 2022. Т. 187. С. 128–137

Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Чертопруд Е.С. Биология, воспроизводство и культивирование речных раков. М.: Изд-во ВНИРО, 2011. 96 с.

Борисов Р.Р., Никонова И.Н., Паршин-Чудин А.В. и др. Оценка эффективности методов регулирования окраски белоногой креветки *Penaeus vannamei* в аквакультуре // Тр. ВНИРО. 2021. Т. 183. С. 87–95.

Будников К.Н., Третьяков Ф.Ф. Речные раки и их промысел. М.: Пищепромиздат, 1952. 25 с.

Киселёв А.Ю., Новосельцев Г.Е., Филатов В.И. Технология выращивания молоди раков до массы 1 г в установках с замкнутым водоснабжением. М.: ВНИИПРХ, 1995. 12 с.

Куренков И.И. Питание речного рака // Тр. Московского технологического института рыбной промышленности и хозяйства. 1951. № 4. С. 82–90.

Мицкевич, О.И. Раколовство и раководство на водоемах европейской части России / О.И. Мицкевич (ред.) С. Пб.: ФГНУ ГосНИОРХ, 2006. 207 с.

Румянцев В.Д. Речные раки Волго-Каспия. М.: Пищевая промышленность, 1974. 86 с.

Сафаралиев И.А., Барабанов В.В., Мазникова О.А. Индикаторный подход в качественной оценке состояния запаса длиннопалого рака в реке Волга и ее водотоках (Астраханская область). // Тр. ВНИРО. 2023. Т. 191. С. 25–36.

Черкашина Н.Я. Рост и питание молоди длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* (Decapoda, Astacidae) // Зоол. Журн. 1977. Т. LVI. Вып. 5. С. 704–708.

Черкашина Н.Я. Технология получения личинок раков в управляемой среде. Краснодар, 1989. 24 с.

Черкашина Н.Я. Динамика популяций раков родов *Pontastacus* и *Caspiastacus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae) и пути их увеличения. М.: Нацрыбресурс, 2002. 256 с.

Черкашина Н.Я. Сборник инструкций по культивированию раков и динамике их популяций. Ростов-на-Дону: Медиа-полис, 2007. 118 с.

Черкашина Н.Я., Коломыйцева Е.Н., Сыроватка И.В. Комбикорм для раков из рода *Astacus*

// Сб. науч. тр. ВНИПРХ «Биологические основы рационального кормления рыбы». 1986. Вып. 49. С. 186–189.

Ackefors H. The culture and capture crayfish fisheries in Europe // *World Aquaculture*. 1998. V. 29. № 2. P. 18–24.

Momot W.T. Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems // *Reviews in Fisheries Science*. 1995. V. 3. № 1. P. 33–63.

Özdoğan H.B.E, Koca H.U. Effects of different diets on growth and survival of first feeding second-stage juvenile *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) (Decapoda, Astacidea) // *Crustaceana*. 2023. V. 96 (7). P. 673–682.

Souty-Grosset C., Holdich D.M., Nol P.Y. et al. Atlas of crayfish in Europe / Paris, France: Museum national d'Histoire naturelle, 2006. 188 p.

Thompson K.R., Metts L.S., Muzinic L.A. et al. Effects of feeding practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, on growth, survival, body composition and processing traits of male and female Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) grown in ponds // *Aquaculture Nutrition*. 2006. V. 12. № 3. P. 227–238. DOI: 10.1111/j.1365–2095.2006.00407.x.

Thusty M.F., Metzler A., Huckabone S. et al. Morphological colour change in the american lobster (*Homarus americanus*) in response to background colour and UV light // *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 2009. № 43. P. 247–255.

Wade N.M., Anderson M., Sellars M.J. et al. Mechanisms of colour adaptation in the prawn *Penaeus monodon* // *J. Exp. Biol.* 2012. V. 215. № 2. P. 343–350.

AQUACULTURE AND ARTIFICIAL REPRODUCTION

DEVELOPMENT AND TESTING OF STARTER COMPOUND FEEDS WITH COMPONENTS BASED ON INVERTEBRATES AND ALGAE FOR THE CULTIVATION OF JUVENILE NARROW-CLAWED CRAYFISH

© 2026 г. R.R. Borisov, I.N. Nikonova, N.V. Kryakhova, Yu.A. Baskakova, A.V. Artemov

*State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO»,
Russia, Moscow, 105187*

The aim of the work was to create and test compound feeds with components based on invertebrates and algae for juvenile narrow-clawed crayfish. Two successive experiments were conducted on groups of juvenile narrow-clawed crayfish to test compound feeds produced by Russian Federation Research Institute of Fishery and Oceanography (VNIRO) with different components. In the first experiment, four variants of compound feeds were tested: KRRR-Base, KRRR-Gammarus, KRRR-Lion, KRRR-Chlorella; in the second experiment, two variants of compound feeds were tested: KRRR-Base and KRRR-Base + microplankton. The experiments lasted 30 and 37 days, respectively. At the end of the experiment, the survival rate, growth rate, feeding ratio and color intensity of the juveniles were evaluated. All tested compound feeds have shown high attractiveness for juveniles. The observed differences in height and survival were not statistically significant. During the experiment, the mass of individuals increased by an average of 2,8 times at a temperature of 22–23°C, and by 4,2 times at a temperature of 25–26° C. The best growth results were achieved using compound feed with a higher content of gammarus. The intensity of coloration of the individuals was low when feeding on compound feeds. The second experiment showed that including microplankton in the diet of the juveniles leads to the development of a rich natural coloration. The developed and tested formulations can be used to create starter and production compound feeds for narrow-clawed crayfish.

Keywords: narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus*, formulated feeds, growth, coloration, gammarus, black soldier fly, chlorella.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 639.28.053.7(268.45)
EDN WNPEAY

DOI: 10.36038/0234-2774-2026-27-2-127-160

**РЕВИЗИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОРИЕНТИРОВ КАМЧАТСКОГО
КРАБА И КРАБА-СТРИГУНА ОПИЛИО В РОССИЙСКИХ
ВОДАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ: УЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ
НЕОДНОРОДНОСТИ, АККЛИМАТИЗАЦИОННОЙ
ПРИРОДЫ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОЦЕНОК**

© 2026 г. С.В. Баканев (spin: 9140-2907), А.В. Стецько (spin: 9681-1670)

Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»
(«ПИНРО» им. Н.М. Книповича), Россия, Мурманск, 183038
E-mail: bakanev@pinro.vniro.ru

Поступила в редакцию 6.03.2026 г.

Представлены результаты ревизии биологических ориентиров управления запасами камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) и краба-стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*) в российской исключительной экономической зоне Баренцева моря. Работа выполнена на основе официальных рядов вылова и индексов относительной численности за период 1994–2025 гг. (для камчатского краба) и 2004–2025 гг. (для краба-стригуна опилио). С применением байесовской стохастической продукционной модели Шефера, реализованной в пакете JABBA, выполнены ретроспективная оценка динамики запасов, анализ чувствительности к априорным распределениям параметров и прогнозное моделирование при различных сценариях изъятия. Особое внимание уделено методологическим проблемам, возникающим при оценке акклиматизированных запасов: невыполнению условия о начальном равновесном состоянии, недостаточному контрасту временных рядов, необходимости различения глобальной и эффективной емкости среды. Установлено, что наблюдаемое с 2020 г. снижение промысловой биомассы обоих видов отражает завершение фазы акклиматизационной вспышки и переход к новому динамическому равновесию. Получены новые оценки референтных точек: для камчатского краба $MSY = 13,7$ тыс. т, $B_{tr} = 91$ тыс. т, $B_{lim} = 27$ тыс. т, $F_{tr} = 0,15$; для краба-стригуна опилио $MSY = 17,7$ тыс. т, $B_{tr} = 116$ тыс. т, $B_{lim} = 35$ тыс. т, $F_{tr} = 0,15$. Прогнозные сценарии до 2035 г. показывают, что превышение годового вылова 14 тыс. т для камчатского краба и 18 тыс. т для краба-стригуна опилио сопровождается ростом риска падения запаса ниже целевого ориентира. Наилучший баланс между уровнем изъятия и сохранением запаса обеспечивает динамическое правило регулирования промысла с обратной связью по биомассе.

Ключевые слова: камчатский краб, краб-стригун опилио, Баренцево море, продукционная модель, JABBA, ориентиры управления, акклиматизация, пространственная неоднородность, байесовский анализ, MSY.

ВВЕДЕНИЕ

Нормативная база управления запасами водных биологических ресурсов в Российской Федерации предусматривает два уровня регулирования периодичности пересмотра ориентиров управления. На общеотраслевом уровне Приказ Росрыболовства от 06.02.2015 № 104 «О представлении материалов, обосновывающих общие допустимые уловы водных

биологических ресурсов...» (Приложение 1 к Приложению, п. 8) устанавливает императивное требование: «По мере накопления новой информации ориентиры управления и, следовательно, определяемое ими правило регулирования промысла, должны пересматриваться не реже, чем один раз в 5 лет». Данная норма распространяется на все виды водных биологических ресурсов, в отношении которых

устанавливается общий допустимый улов (ОДУ), включая приоритетные объекты промысла, к которым отнесены камчатский краб и краб-стригун опилио. На видовом уровне «Правила регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов» (Приказ ФГБНУ «ВНИРО» № 81 от 10.04.2023) конкретизируют процедуру пересмотра, указывая, что он осуществляется при наличии устойчивых изменений в динамике индексов запаса, подтвержденных длительными рядами наблюдений, либо при существенном пополнении информационной базы, позволяющем уточнить ранее установленные параметры.

Таким образом, два нормативных документа формируют взаимодополняющую систему: Приказ № 104 задает минимальную периодичность обязательного пересмотра (не реже одного раза в 5 лет), а Правила регулирования промысла крабов определяют содержательные критерии, при наличии которых пересмотр является обоснованным. Для камчатского краба и краба-стригуна опилио в Баренцевом море последний пересмотр ориентиров был выполнен в 2020 г. Следовательно, к 2025 г. истек пятилетний срок, установленный Приказом № 104, что само по себе создает формальное основание для ревизии. Одновременно за прошедший период накоплены содержательные основания для пересмотра: получены новые данные специализированных съемок, зафиксировано устойчивое снижение индексов запасов, не отмечено появления высокоурожайных поколений, а ретроспективный анализ выявил систематическое завышение действующих ориентиров, установленных на пике акклиматизационной волны. В совокупности формальные и содержательные основания обусловили проведение в 2026 г. первого за шестилетний период комплексного пересмотра ориентиров управления для обоих видов, направленного на повышение консервативности подходов к управлению в условиях растущей неопределенности оценок и необходимости пересмотра парадигмы продукционного подхода к управлению запа-

сами промысловых беспозвоночных, акклиматизированных в Баренцевом море.

История установления ориентиров управления запасами крабов в Баренцевом море отражает эволюцию методологического подхода к оценке запасов и адаптацию к акклиматизационным волнам динамики промысловой части группировки и меняющимся условиям промысла. Для камчатского краба первые ориентиры были определены в 2006 г. (Баканев, 2011) в рамках апробации различных модельных подходов к управлению искусственно созданной промысловой группировкой (табл. 1). В 2016 г. ориентиры были пересмотрены в сторону снижения на основе анализа промысловой статистики с 2005 г. с применением продукционной модели Шеффера в программном пакете «Combi» (Бабаян и др., 2018). Следующая корректировка произошла в 2020 г., когда ориентиры были существенно повышены после получения нового ряда данных траловых съемок 2017–2020 гг., показавших рекордный рост индексов запаса до 146–185 тыс. т.

Для краба-стригуна опилио в Баренцевом море управленческие ориентиры были впервые определены в 2020 г. в рамках общего пересмотра подходов к управлению запасами приоритетных видов крабов и крабоидов. Расчет параметров осуществлялся на основе стохастической продукционной модели, использующей данные траловых экосистемных съемок за период 2004–2020 гг., с применением поправочного коэффициента уловистости, равного 0,17. В связи с рекордным увеличением численности группировки на пике акклиматизационной волны промысловая биомасса краба-стригуна опилио достигла высоких значений – порядка 400–500 тыс. т, что позволило рекомендовать ежегодный вылов на уровне 50–80 тыс. т (при MSY , равном 53,4 тыс. т (табл. 1). Эти показатели сопоставимы с продуктивностью крупнейшей атлантической группировки данного вида у побережья Канады, где объемы годовой добычи могут превышать 100 тыс. т.

Таблица 1. Оценка основных параметров и ориентиров управления запасов камчатского краба и краба-стригуна опилио Баренцева моря в 2006–2026 гг.

Вид	Период	K , тыс. т	B_{tr} , тыс. т.	B_{lim} , тыс. т.	F_{tr}	MSY , тыс. т	Источник
Камчатский краб	2006	141,3	73,8	27	0,25	18,6	Баканев, 2011
	2017–2019	128	64	19	0,17	10,88	Правила регулирования промыслом приоритетных видов крабов и крабоидов в 2016 г.
	2020–2026	298	149	45	0,16	23,8	Правила регулирования промыслом приоритетных видов крабов и крабоидов в 2020, 2023 гг.
	2026	181,4	91	27	0,15	13,7	Настоящее исследование
Краб-стригун опилио	2020–2026	640	356	107	0,15	53,4	Правила регулирования промыслом приоритетных видов крабов и крабоидов в 2020, 2023 гг.
	2026	232,5	116	35	0,15	17,7	Настоящее исследование

Оценка ориентиров управления в 2020 г., выполненная на основе данных акклиматизационной вспышки численности и появления сверхплотных промысловых скоплений, которые отмечались как для запасов камчатского краба, так и для краба-стригуна опилио по данным научно-исследовательских съемок и производительности промысла в 2018–2020 гг., была осуществлена на фоне оптимистических ожиданий дальнейшей экспансии этих видов в процессе их натурализации в Баренцевом море. В настоящее время оценка динамики промысловых запасов показала, что в 2017–2020 гг. их величина находилась на максимальном уровне (рис. 1). В последующие годы (2021–2026 гг.) наблюдалось постепенное снижение как индексов запасов, рассчитанных по съемкам, так и производительности лова при промысле этих видов. При этом не отмечалось ни появления высокоурожайных поколений, которые регистрировались ранее, ни существенного расширения промысловых скоплений на новые акватории в ходе акклиматизации.

Наблюдаемая динамика акклиматизированных группировок крабов в Баренцевом

море в начале XXI в. находит объяснение в рамках теории акклиматизации А.Ф. Карпевич (Анисимова, 2003; Карпевич, 1998), в частности ее третьего этапа, для которого типичен резкий рост численности при достижении благоприятных условий. Следует оговорить, что данная теория разрабатывалась преимущественно на материалах интродукции в замкнутые и полузамкнутые водоемы, и ее прямой перенос на динамику вселения в открытые морские экосистемы требует осторожности. Тем не менее общая этапность процесса – от начального закрепления через вспышку численности к стабилизации – находит эмпирическое подтверждение в наблюдаемой динамике крабов Баренцева моря. Согласно этой теории при наличии достаточного количества пищи и жизненного пространства, а также в отсутствие значительной конкуренции и хищничества со стороны представителей местной фауны сформировавшаяся независимая и конкурентоспособная группировка, как правило, переходит к III этапу акклиматизации, который характеризуется резким увеличением скорости роста численности. При этом

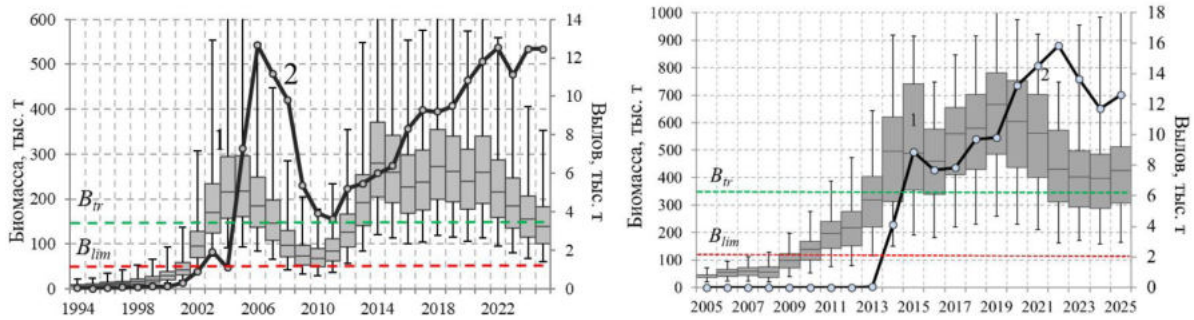


Рис. 1. Биомасса промыслового запаса камчатского краба (слева) и краба-стригуна опилио (справа): 1 – диапазон квартилей с медианой (планки погрешностей – 95%-ный доверительный интервал); 2 – вылов в ИЭЗ России Баренцева моря в 1994–2025 гг.

общая биомасса вида может существенно превышать некоторую пороговую численность, определяемую емкостью среды.

Подобное превышение расчетной емкости среды (параметра K) не является исключительной особенностью акклиматизационных процессов. В природных группировках, включая аборигенные, периодически наблюдаются вспышки численности, приводящие к временному превышению среднесрочного равновесного уровня. Классическими примерами служат появление сверхурожайных (доминирующих) поколений у многих видов пелагических рыб, когда в результате сочетания исключительно благоприятных условий воспроизводства и нагула биомасса на один-два порядка превышает среднемноголетние значения (Baumgartner et al., 1992; Cury et al., 2000). Кроме того, долгосрочные климатические сдвиги, потепление вод, изменение кормовой базы или снижение давления со стороны хищников могут повышать реальную емкость среды, тогда как модель использует исторически оцененный K . Существенную роль может также играть промысловое воздействие: интенсивный вылов способен снижать внутривидовую конкуренцию, что приводит к увеличению продуктивности группировки и временному превышению ранее оцененной K .

Как при акклиматизационной вспышке (III этап), так и при вспышках иного генезиса за фазой резкого роста неизбежно следует

фаза снижения численности (IV этап теории А.Ф. Карпевич, 1998). Это снижение может происходить как относительно резко – из-за истощения ресурсов или эпизоотии, – так и постепенно, через серию затухающих колебаний. В конечном итоге при отсутствии сильного внешнего пресса система стремится к некоему новому равновесному состоянию, которое может как соответствовать, так и отличаться от исходных оценок емкости среды.

По всей видимости, динамика запасов камчатского краба и краба-стригуна опилио в Баренцевом море в период 2000–2020 гг. отражала именно такую акклиматизационную вспышку (а в случае с камчатским крабом – две вспышки, разделенные периодом локального перелома в 2007–2009 гг.), на гребне которой и были определены многие ключевые ориентиры управления, в том числе оценка общей емкости среды (K) и производных от нее величин (B_{MSY} , B_{lim}). Текущее снижение промысловой биомассы может сигнализировать о вступлении группировки в фазу стабилизации или регулируемого снижения к новому равновесному уровню. В этой связи существующие оценки популяционных параметров, особенно завышенная в период пика численности оценка K , требуют критического пересмотра. Использование ориентиров, рассчитанных на основе параметров, характерных для фазы вспышки, применительно к управлению группировкой в фазе стабилизации или снижения несет в себе риск неверной оценки допусти-

мого изъятия и может привести к нерациональной эксплуатации ресурса. Необходимость разграничения общей емкости среды всего ареала и эффективной емкости районов, фактически доступных для промысла, концептуально близка к понятию «доступного запаса», развиваемому в современной отечественной методологии оценки запасов крабов (Буяновский и др., 2023). Таким образом, актуализация параметров производственных моделей на основе современных данных о динамике численности и биомассы является насущной задачей для обеспечения долгосрочной устойчивости крабовых промыслов в регионе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы официальные временные ряды вылова и индексов относительной численности камчатского краба и краба-стригуна опилио в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) России в Баренцевом море за периоды 1994–2025 г. и 2004–2025 гг. соответственно (Приложение 1; Приложение 2). Официальная промысловая статистика по обоим видам получена из отраслевой системы мониторинга и верифицирована по судовым суточным донесениям (ССД). Следует оговорить, что исторические данные о вылове камчатского краба до 2007–2008 гг. могут содержать систематическое занижение вследствие незаконного, несообщаемого и нерегулируемого (ННН) промысла. В диссертационной работе (Баканев, 2011) этот вопрос был проанализирован подробно: показано, что недоучтенное изъятие в период ННН-промысла не меняет качественной картины динамики запаса и частично компенсируется через выбор консервативного априорного распределения для параметра начального истощения ψ (см. раздел 2.3).

Использовались три независимых индекса обилия камчатского краба. Оценки промысловой биомассы (CSA-индекс), полученные с помощью стохастической когортной модели «catch survey analysis» за 1994–2012 гг.

(Баканев, 2008). Модель CSA разделяет учтенную в ходе съемок часть запаса на функциональные группы (пререкруты, рекруты, промысловая часть) и восстанавливает их численность через уравнения баланса с учетом промысловой смертности и линьки (Zheng et al., 1997). Стандартизированный улов на единицу промыслового усилия (CPUE) за 2006–2025 гг., рассчитанный по данным отраслевой системы мониторинга промыслового флота (Баканев, 2019). Стандартизация выполнена методом обобщенных линейных моделей (GLM) с учетом эффектов года, района промысла, орудия лова и судна; результирующий индекс отражает относительное обилие в промысловой части ареала. Индекс биомассы промысловой части запаса по специализированной траловой съемке НИС «Профессор Бойко» за 2017–2025 гг. (Баканев, 2025). Съемка выполняется по стратифицированному случайному дизайну на стандартных станциях. Три индекса нормированы на соответствующие среднемноголетние значения, так что среднее значение каждого ряда равно единице; это обеспечивает сопоставимость шкал при совместном использовании индексов в модели.

Использовались два независимых индекса обилия краба-стригуна опилио. Стандартизированный CPUE промысловых судов за 2013–2025 гг., рассчитанный аналогично описанному выше для камчатского краба. Индекс обилия по данным Баренцевоморской экосистемной съемки (BESS) за 2004–2018 гг., выполнявшейся на российско-норвежских судах тралом Campelen-1800 (Eriksen et al., 2018). Оба индекса нормированы на соответствующие среднемноголетние значения, так что среднее значение каждого ряда равно единице – это обеспечивает сопоставимость шкал при совместном использовании индексов в модели.

Для расчета стандартных ошибок всех индексов принят коэффициент вариации $CV = 0,2$. Данное значение соответствует среднему уровню неопределенности, харак-

Таблица 2. Априорные распределения параметров модели JABBA

Параметр	Распределение	Камчатский краб	Краб-стригун опилио
r	Логнормальное	медиана 0,3; CV = 0,5	медиана 0,3; CV = 0,5
K	Логнормальное	медиана 220; CV = 0,2	медиана 300; CV = 0,3
psi	Логнормальное	медиана 0,17; CV = 0,5	медиана 0,17; CV = 0,5
$1/tau^2$	Гамма	$\alpha = 0,01; \beta = 0,001$	$\alpha = 0,01; \beta = 0,001$

терному для результатов траловых съемок и стандартизированного CPUE в промысловых исследованиях Баренцева моря (Eriksen et al., 2018; Баканев, 2019), и задается непосредственно в модели JABBA в качестве меры точности наблюдений (Winker et al., 2018).

Способность временных рядов информировать о параметрах продукционной модели – прежде всего о емкости среды K – оценивалась путем анализа перекрестной корреляции между годовым выловом и каждым индексом обилия (Haddon, 2020). Логика проверки состоит в следующем: если вылов снижает биомассу, то последующие индексы должны быть ниже предшествующих – то есть индекс в год t должен отрицательно коррелировать с выловом в год $t - k$ ($k > 0$). Устойчивая отрицательная корреляция на отрицательных лагах свидетельствует о наличии контраста в данных и возможности независимой идентификации K . Отсутствие такой связи указывает на то, что K неидентифицируема без информативных априорных распределений.

Расчет коэффициентов корреляции Пирсона выполнялся в среде R версии 4.4.2 с использованием функции `scf()`. Статистическая значимость отклонений от нуля определялась при 95%-ном доверительном интервале ($\pm 2/\sqrt{n}$), где n – длина перекрывающегося ряда для каждой пары «вылов – индекс».

Оценка состояния запасов выполнена с помощью стохастической продукционной модели Шефера, реализованной в байесовском фреймворке JABBA (Just Another Bayesian Biomass Assessment; (Winker et al., 2018)). Выбор модели Шефера (симметричная про-

дукционная кривая, $n = 2$) обусловлен необходимостью минимизации числа оцениваемых параметров в условиях коротких временных рядов и отсутствия контраста (Kokkalis et al., 2024).

Априорные распределения параметров заданы с учетом биологических ограничений и необходимости компенсации неидентифицируемости абсолютной шкалы запаса в условиях акклиматизационных всплесков численности (табл. 2). Ниже приведено обоснование каждого прайера.

Внутренняя скорость роста r . Априорное распределение выбрано логнормальным с медианой 0,3 и CV = 0,5 для обоих видов. Данное значение опирается на предшествующий опыт применения продукционных моделей к крабам Баренцева моря (Баканев, 2011; Hjelset et al., 2024, 2025) и соответствует типичному диапазону оценок r для долгоживущих декапод умеренных и высоких широт. Широкий CV = 0,5 позволяет данным существенно корректировать априорное распределение.

Емкость среды K . Для K использовано логнормальное распределение. Медиана прайера откалибрована таким образом, чтобы апостериорная оценка биомассы в последние 5 лет (2021–2025 гг.), когда наблюдается стабилизация запасов, соответствовала уровню, близкому к B_{MSY} при наблюдаемых выловах. Такая калибровка является осознанным управленческим решением, компенсирующим неидентифицируемость K в отсутствие контраста, и опирается на принцип равновесного допущения (equilibrium assumption): если запас при стабильном вылове демонстри-

рует стабильную биомассу, то он, вероятно, находится вблизи равновесия, и при данном уровне изъятия биомасса примерно соответствует B_{MSY} . Это стандартная логика байесовской калибровки при информативных прайерах (McAllister, Kirkwood, 1998). CV для K установлен равным 0,2–0,3: более жесткий для камчатского краба (0,2), поскольку имеется более длинный ряд оценок CSA, и более мягкий для опилио (0,3). Установленные медианы: 220 тыс. т для камчатского краба и 300 тыс. т для опилио.

Начальное истощение $\psi = B_1/K$. Использован информативный, но осторожный прайер с медианой 0,17 и CV = 0,5 для обоих видов. Значение отражает документально подтвержденную низкую биомассу в начале коммерческого освоения запасов: в 1994 г. для камчатского краба и в 2004 г. для опилио. Широкий CV = 0,5 допускает существенные отклонения от медианы в обе стороны.

Дисперсия ошибок процесса $1/\tau^2$. Задана через гамма-распределение с параметрами формы $\alpha = 0,01$ и масштаба $\beta = 0,001$, что соответствует слабоинформативному (диффузному) прайеру и позволяет данным определять стохастичность траектории биомассы.

Апостериорные распределения параметров получены методом Марковских цепей Монте-Карло (MCMC) с использованием алгоритма Гиббса, встроенного в пакет JABBA. Суть метода состоит в следующем: вместо нахождения единственной точечной оценки параметров алгоритм строит цепь случайных значений, стационарное распределение которой совпадает с искомым апостериорным распределением. На каждом шаге цепи каждый параметр обновляется путем выборки из его условного распределения при фиксированных значениях всех остальных параметров. После достаточно длительного «разогрева» (burn-in), в течение которого цепь забывает начальные значения, получаемые значения можно рассматривать как выборку из совместного апостериорного распределения (Gilks et al., 1996; Congdon, 2001).

Для каждого вида выполнено по две независимые цепи длиной 50 000 итераций. Период разогрева (burn-in) составил 10 000 итераций, прореживание (thinning) – каждые 5 итераций. Это обеспечило эффективный размер выборки не менее 4 000 для всех оцениваемых параметров, что является достаточным для надежной оценки апостериорных распределений (Spiegelhalter et al., 2000).

Сходимость цепей оценивалась по нескольким критериям. Основным служил диагностический показатель \hat{R} (Gelman–Rubin), который сравнивает дисперсию внутри цепи с дисперсией между цепями: значение $\hat{R} < 1,01$ свидетельствует о достижении сходимости (Gelman et al., 1992). Дополнительно проводился визуальный анализ трасс параметров (трейс-плоты) и анализ автокорреляционных функций: хорошо перемешанные цепи должны выглядеть как «белый шум», а автокорреляция – быстро убывать. При наличии признаков медленного перемешивания или неполной сходимости для отдельных параметров применялось увеличение периода прореживания.

Ориентиры управления и референтные точки максимального устойчивого вылова (MSY), биомассы, соответствующей MSY (B_{MSY} или B_{tr}), и промысловой смертности (F_{MSY} или F_{tr}) вычислены из апостериорных распределений параметров:

$$MSY = rK/4, \quad B_{tr} \text{ или } B_{MSY} = K/2, \quad F_{tr} \text{ или } F_{MSY} = r/2.$$

Граничный ориентир по биомассе (B_{lim}) установлен на уровне $0,3B_{MSY}$, что соответствует распространенной в международной практике предосторожной границе (ICES, 2021).

Для оценки чувствительности параметра K , т.е. степени влияния априорного распределения K на апостериорные оценки выполнен сценарный анализ. Для камчатского краба проведены три прогона модели с фиксированным CV = 0,2 и медианами априорного K равными 200, 300 и 500 тыс. т. Сравнивались апостериорные распределения K , MSY , B_{MSY}

и траектории относительных показателей B/B_{MSY} и F/F_{MSY} .

Десятилетний прогноз динамики запасов (2026–2035 гг.) выполнен для семи сценариев управления:

- фиксированный годовой вылов (12, 14, 16, 18 тыс. т для обоих видов);
- фиксированный уровень промысловой смертности (текущий $F_{current}$, F_{MSY} , мораторий $F = 0$);
- динамическое правило регулирования промысла (ПРП) с обратной связью по биомассе.

Стохастический прогноз реализован методом Монте-Карло: из совместного апостериорного распределения параметров случайным образом извлекалось 160 000 векторов, для каждого из которых моделировалась детерминированная траектория при заданном сценарии изъятия с добавлением логнормального процесса ошибки с дисперсией σ^2 . Для каждого года и сценария рассчитывались медианные значения биомассы (B) и промысловой смертности (F), их 50%, 80% и 95% байесовские доверительные интервалы, а также вероятности:

- $P(B < B_{MSY})$ – риск падения запаса ниже уровня, обеспечивающего MSY ;
- $P(B < 0,3B_{MSY})$ – риск падения запаса ниже граничного ориентира;
- $P(F > F_{MSY})$ – риск превышения целевой промысловой смертности.

Динамическое правило регулирования промысла (ПРП) сформулировано в виде трехзональной функции (Баканев, 2016):

$$F_t = \begin{cases} F_{MSY}, & \text{если } B_t > B_{MSY}; \\ F_{MSY}(B_t - 0,3B_{MSY}) / (B_{MSY} - 0,3B_{MSY}), & \text{если } 0,3B_{MSY} < B_t \leq B_{MSY}; \\ 0, & \text{если } B_t \leq 0,3B_{MSY}. \end{cases}$$

Соответствующий вылов в году t рассчитывается как $C_t = F_{tx} B_t$. Данное правило соответствует предосторожному подходу и требованиям «Правил регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов» (Приказ ФГБНУ «ВНИРО» № 81 от 10.04.2023).

Все расчеты выполнены в среде R версии 4.4.2 с использованием пакетов JABBA (Winker et al., 2018), ggplot2, dplyr, tidyr, gridExtra. Визуализация результатов осуществлена в виде многопанельных рисунков, включающих динамику биомассы и промысловой смертности, фазовые диаграммы Кобе, производственные кривые и вероятностные диаграммы рисков.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Промысел и управление запасами крабов в Баренцевом море: ретроспективный анализ (1993–2025 гг.)

Промысел камчатского краба в Баренцевом море был открыт в 1994 г. по решению 22-й сессии Совместной российско-норвежской комиссии по рыболовству, хотя отдельные пробные рейсы с добычей краба фиксировались уже в конце 1993 г. в водах обеих стран. Первоначально промысел осуществлялся в приграничных районах Варангер-фьорда в осенне-зимний период: российский флот концентрировался в юго-западной части своей ИЭЗ, норвежский – преимущественно в прибрежных фьордах Финмарка.

С 1998 г. российский промысел перешел на использование крупных краболов-процессоров, что позволило освоить открытые мелководья юго-востока Баренцева моря и существенно расширить географию добычи. К началу 2000-х гг. часть флота вышла за пределы территориального моря, что повлекло резкий рост ежегодного вылова. В 2004 г. в России начался широкомасштабный промышленный лов, и к середине 2000-х гг. российские уловы многократно превысили норвежские – прежде всего вследствие различий в рельефе и доступности угодий: в российском секторе крабом быстро осваивались обширные мелководья, тогда как норвежский промысел оставался сосредоточенным во фьордах и велся маломерным флотом.

Следует особо оговорить, что в период примерно с 2002 по 2007–2008 гг. в российской

части Баренцева моря был широко распространен незаконный, несообщаемый и нерегулируемый (ННН) промысел, вследствие чего официальная промысловая статистика за этот период систематически занижала реальные объемы изъятия. По экспертным оценкам, незарегистрированный вылов мог в отдельные годы сопоставляться с официальным или превышать его (Баканев, 2011). Введение обязательного таможенного оформления уловов за рубежом и усиление контроля на море позволило практически полностью ликвидировать ННН-промысел к 2008–2009 гг. Начиная с 2010 г. официальная статистика считается репрезентативной.

С 2011 г. Норвегия ввела зональную систему управления промыслом камчатского краба для сдерживания его расселения на запад, тогда как Россия применяла классическую систему общего допустимого улова (ОДУ). К 2020–2025 гг. российский ежегодный вылов стабилизировался на уровне 10–12 тыс. т, существенно превышая норвежские показатели (1–2 тыс. т), что определяется как разницей в доступных акваториях, так и различными управленческими стратегиями двух стран (рис. 2, Приложение 1).

Промысел краба-стригуна опилено в Баренцевом море начался в 2012 г. в его открытой части (ОЧБМ), где первоначально работали испанские и норвежские суда. К 2013 г. к промыслу присоединились российские суда, а к 2014 г. флот пополнился судами других государств; российский вылов достиг значительных объемов (4–9 тыс. т). В 2016 г. стороны договорились о совместном регулировании добычи в ОЧБМ; одновременно был введен режим ОДУ в российской ИЭЗ. С 2017 г. российский промысел сместился в восточные районы моря, демонстрируя устойчивый рост вылова. К 2023–2025 гг. ежегодный вылов обеих стран стабилизировался на уровне 10–15 тыс. т каждой, демонстрируя паритетное участие в эксплуатации ресурса, что существенно отличает эту ситуацию от выражен-

ной диспропорции в промысле камчатского краба (рис. 2, Приложение 1).

Оценка состояния и управление запасами промысловых крабов в Баренцевом море осуществляются Россией и Норвегией независимо в пределах национальных юрисдикций. Несмотря на то, что обе страны эксплуатируют биологически смежные группировки крабов, методические подходы к оценке запасов, определению ориентиров управления и стратегии промысла имеют как существенные общие черты, так и заметные различия.

Общие черты. Обе страны применяют стохастические производственные модели с байесовской оценкой параметров, использующие в качестве входных данных индексы траловых и ловушечных съемок, а также стандартизированный CPUE. Системы управления обеих стран включают целевой (B_{tr} или B_{MSY}) и граничный (B_{lim}) ориентиры по биомассе, а также целевой показатель промысловой смертности (F_{tr} или F_{MSY}). В основе обеих систем лежит принцип предосторожного управления: при снижении запаса ниже целевого уровня интенсивность промысла автоматически уменьшается пропорционально степени истощения. Применяются аналогичные технические меры регулирования: запрет лова самок и установление минимального промыслового размера для самцов, а также сезонные ограничения для защиты краба в периоды линьки и размножения.

Различия. Минимальный промысловый размер самцов камчатского краба составляет 130 мм по длине карапакса в Норвегии и 150 мм по ширине карапакса в России. Норвегия формально разрешает вылов самок в незначительных объемах, тогда как в России существует прямой запрет, закрепленный в Правилах рыболовства. Норвегия применяет зональную систему управления с жесткими географическими ограничениями для сдерживания расселения камчатского краба, тогда как Россия не использует пространственного зонирования в управлении промыслом этого вида. Наконец, методология

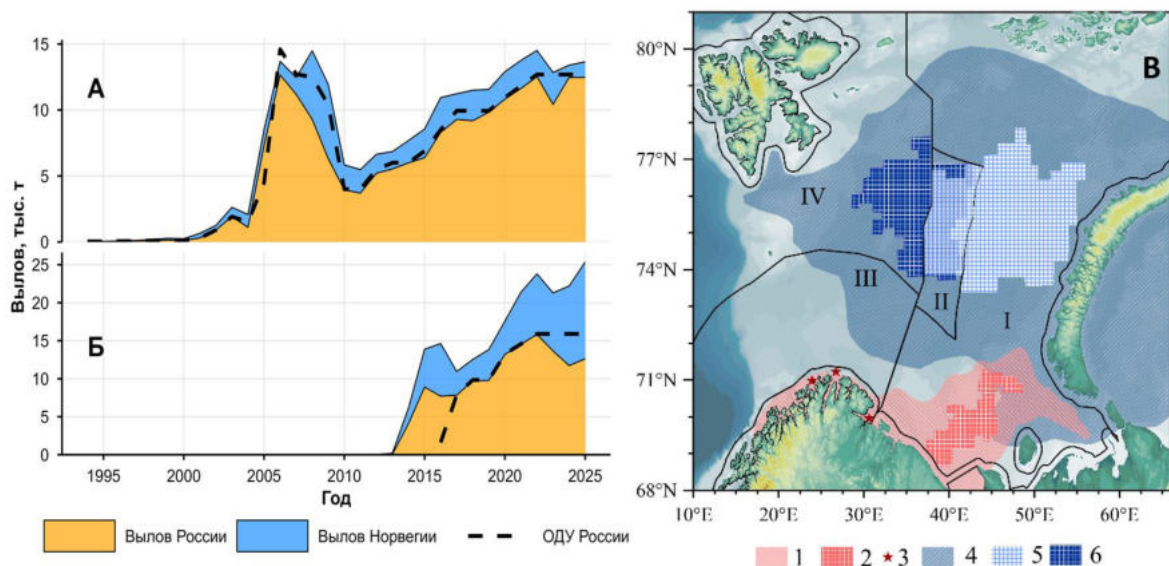


Рис. 2. Динамика российского и норвежского вылова камчатского краба (А) и краба стригуна опилио (Б), а также география (В) их распределения и промысла в 1994–2025 гг. в Баренцевом море (I – ИЭЗ России, II – Открытая часть Баренцева моря (ОЧБМ), III – ИЭЗ Норвегии, IV – район арх. Шпицберген, 1 – распределение камчатского краба, 2 – российский промысел камчатского краба, 3 – норвежский промысел камчатского краба 4 – распределение краба-стригуна опилио, 5 – российский промысел краба-стригуна опилио, 6 – норвежский промысел краба-стригуна опилио).

оценки запасов в двух странах различается как в части применяемых моделей, так и в части используемых индексов обилия и значений ключевых параметров, в том числе оценок емкости среды K .

Применение продукционных моделей к группировкам крабов Баренцева моря сопряжено с рядом методологических ограничений, обусловленных как спецификой динамики акклиматизированных видов, так и трансграничным характером их распределения.

Нарушение предпосылки стационарности. Фундаментальное допущение продукционной модели Шефера о квазиравновесном состоянии запаса в начале ряда наблюдений заведомо не выполняется для акклиматизирующейся группировки: после интродукции биомасса минимальна и в последующие десятилетия претерпевает нелинейный рост с выраженными акклиматизационными волнами. Это нарушает предпосылки стационарности, заложенные в классической модели Шефера, и приводит к смещенным оценкам емкости среды K .

Проблема отсутствия контраста.

Относительно короткие временные ряды не позволяют наблюдать полный цикл «промысловое давление – депрессия запаса – восстановление», поскольку фаза активного промысла совпала с фазой естественного роста группировки. В этих условиях параметры r и K плохо идентифицируются по данным, а их оценки сильно зависят от априорных распределений.

Трансграничный характер запасов и независимость национальных оценок. Независимая оценка запасов в пределах национальных юрисдикций приводит к искусственному разделению единой биологической группировки на две модельные субпопуляции с различными оценками K и r . Для краба-стригуна опилио, имеющего широкое распределение по всему Баренцеву морю, это несоответствие наиболее значимо. Для камчатского краба трансграничный обмен особями менее интенсивен и локализован преимущественно в районе Варангер-фьорда (Стецько, 2024), что несколько смягчает данное ограничение.

Вместе с тем, с практической управленческой точки зрения, использование локальных оценок емкости среды для каждой национальной юрисдикции может быть оправдано при малоподвижных объектах промысла, каковыми являются крабы: пространственная гетерогенность распределения, различия в условиях среды и интенсивности промысла по секторам делают локальные оценки релевантными для целей национального управления.

Проблема ННН-промысла и качества исторических данных. Как отмечено выше, данные о вылове камчатского краба в российской ИЭЗ до 2008–2009 гг. содержат систематическое занижение вследствие ННН-промысла. Этот факт учтен при формировании информативного, но осторожного априорного распределения для параметра начального истощения $\psi = B_1/K$: консервативный выбор медианы ψ частично компенсирует неопределенность, связанную с недоучтенным историческим изъятием.

Указанные ограничения не делают продукционный подход неприменимым, однако предопределяют необходимость тщательного выбора априорных распределений, регулярной проверки чувствительности результатов к их спецификации и осторожной интерпретации абсолютных оценок емкости среды. Именно эти вопросы составляют методологическое ядро настоящей работы и рассматриваются в последующих разделах.

Методологические проблемы применения продукционных моделей к акклиматизированным запасам крабов: нестационарность, контраст данных и пространственная структура

Несмотря на наличие общих методологических принципов, применение продукционных моделей для оценки состояния запасов трансграничных акклиматизированных видов промысловых беспозвоночных в Баренцевом море (камчатского краба и краба-стригуна опилио) сопряжено с рядом принципиальных трудностей, отличающих эти объекты от большинства аборигенных

популяций, для которых данные модели исходно разрабатывались.

Классическая теория продукционных моделей (Schaefer, 1954; Pella, Tomlinson, 1969) постулирует, что ретроспективный анализ популяционной динамики корректно начинать с момента, когда промысловое воздействие отсутствовало, а биомасса находилась в равновесном состоянии, соответствующем емкости среды (K). Эта предпосылка (далее – «условие $B_0 \approx K$ ») является фундаментальной для идентификации абсолютной шкалы запаса, поскольку в модели параметры K и r коррелированы, и именно начальный уровень биомассы задает референцию для оценки продуктивности.

Для акклиматизированных видов, таких как камчатский краб и краб-стригун опилио в Баренцевом море, данное условие заведомо невыполнимо. В момент интродукции для камчатского краба и инвазии для опилио (1960-е гг. и 1990-е гг., соответственно) биомасса была близка к нулю. Начало доступных временных рядов (1994 г. и 2004 г., соответственно) приходится не на равновесное состояние, а на фазу экспоненциального роста и пространственной экспансии (акклиматизационная волна, III этап по А.Ф. Карпевич, 1998). Игнорирование этого исторического контекста приводит к систематическому смещению оценок: модели, предполагающие $B_0 \approx K$, «вынуждены» завышать емкость среды, чтобы компенсировать крутой восходящий тренд, наблюдаемый в начале рядов данных. Как следствие, все производные ориентиры управления (B_{MSY} , B_{lim} , MSY) оказываются смещенными вверх, формируя иллюзию высокой продуктивности и устойчивости запаса в начальный период их существования.

Современные реализации продукционных моделей – Stochastic surplus Production model in Continuous Time (SPiCT; Pedersen, Berg, 2017) и Just Another Bayesian Biomass Assessment (JABBA; Winker et al., 2018) – предлагают механизм преодоления недостатка информации о начальном состоянии

через включение априорного распределения (прайера) для параметра начального истощения запаса. В SPiCT параметр начальной биомассы выражается как отношение B_0/K и задается пользователем через два значения: математическое ожидание (mean) и стандартное отклонение (CV) на лог-нормальной шкале. Модель включает этот прайер в виде штрафа к функции правдоподобия (опция `ini$logBoverK`). Технически SPiCT не требует обязательного задания этого прайера, однако в условиях отсутствия «контраста в данных» или при коротких рядах без него модель часто не сходится, либо оценки K становятся нереалистично высокими.

В JABBA прайор для B_0/K является обязательным элементом, поскольку модель реализована полностью в байесовском фреймворке. JABBA использует лог-нормальное распределение: $B_0/K \sim \log N(\mu, \sigma)$. Значение $\mu=0,9$ (т.е. ожидаемое истощение 10%) соответствует сценарию «слабообловленный запас», $\mu=0,5$ – «умеренно обловленный», $\mu=0,2$ – «истощенный». Выбор того или иного прайера кардинально влияет на оценку абсолютной шкалы биомассы, тогда как относительные показатели (B/B_{MSY}) проявляют значительно большую робастность (Kokkalis et al., 2024).

Для акклиматизированных запасов, проходящих фазы роста, пика и стабилизации, емкость среды (K) не является стационарной характеристикой. На начальном этапе инвазии экологические ниши избыточны, конкуренция минимальна, и «эффективная» емкость среды может быть существенно выше долгосрочной равновесной. По мере заполнения ареала и наступления IV этапа (стабилизация или флуктуация) фактическая поддерживающая емкость снижается до некоторого устойчивого уровня. Строгое моделирование такого процесса потребовало бы задания сценария, с изменяющейся, во времени K , что технически реализуемо в расширениях SPiCT и JABBA. Однако данный подход сопряжен с рядом принципиальных ограничений.

Рост неопределенности. Введение дополнительных параметров, описывающих траекторию изменения K , требует либо сверхинформативных прайеров, либо очень длинных и контрастных временных рядов. В условиях 20–25 лет наблюдений добавление точек перегиба функции $K(t)$ приводит к неидентифицируемости модели: параметры r , $K(t)$ и начальное истощение становятся неотделимы друг от друга.

Сложность верификации. Отсутствие независимых абиотических или биоэкологических предикторов для параметризации изменений K (например, долгосрочных рядов по кормовой базе или площади пригодных местообитаний) делает любую форму функции $K(t)$ умозрительной, а получаемые ориентиры – неverifiedируемыми.

Нарушение принципа управленческой стабильности. Ориентиры управления, которые пересматриваются не только из-за накопления новых данных, но и из-за смены модельной концепции (стационарная K vs. нестационарная K), создают неприемлемо высокую волатильность в системах долгосрочного планирования промысла.

В связи с этим в международной практике (ICES, 2023; Kokkalis et al., 2024) для управленческих целей принят консервативный компромиссный подход: несмотря на заведомо немонотонную динамику емкости среды в исторической ретроспективе, в качестве единой рабочей гипотезы принимается модель со стационарным K , а неопределенность начального состояния учитывается исключительно через априорное распределение B_0/K , смещенное в сторону низких значений. Иными словами, мы осознанно выбираем «смещенную», но идентифицируемую и стабильную модель, признавая, что абсолютные оценки K и MSY являются «эффективными» параметрами, отражающими среднюю продуктивность за период наблюдений, а не биологическую константу.

Многочисленные симуляционные исследования (в т.ч. представленные в Kokkalis et al., 2024) показывают, что:

Абсолютные оценки B , K и F критически зависят от выбора приора B_0/K . Завышение ожидаемого априорного значения (например, 0,9 вместо 0,4) в условиях акклиматизационного роста может завесить оценку современной биомассы на 30–50%.

Относительные оценки (B/B_{MSY} , F/F_{MSY}) значительно устойчивее. Ошибка в прайере начального истощения в основном влияет на масштаб, но не на тренд и не на статус запаса относительно целевых ориентиров.

Исходя из этого, для акклиматизированных запасов крабов Баренцева моря наиболее обоснованной стратегией является:

Использование информативного, но осторожного прайера для B_0/K на уровне 0,01–0,2 (высокое начальное истощение, т.е. крайне малая биомасса в начале ряда). Это соответствует историческим данным об отсутствии запаса до интродукции.

Фиксация стандартного отклонения на уровне, не препятствующем идентификации ($CV \approx 0,5–0,6$), что позволяет данным «корректировать» оценку, если контраст в рядах все же достаточен.

Обязательным этапом работы является проведение сценарного анализа с альтернативными априорными распределениями (например, для параметра начального истощения используются значения 0,1, 0,3 и 0,5). Если при этом оценки состояния запаса и, как следствие, управленческие решения (объем ОДУ) существенно различаются между сценариями, это служит индикатором неприемлемо высокой неопределенности, обусловленной недостатком информации в данных (Kokkalis et al., 2024). В таких случаях применение стандартного подхода к формированию рекомендаций может быть небезопасным. Следуя принципам предосторожного подхода, необходимо учитывать эту неопределенность при выработке итоговой рекомендации. В частности, при использовании правил регулирования промысла, основанных на целевой промысловой смертности (F_{MSY}), результирующее значение рекомендуемого вылова извлекается не

из точечных оценок, а из прогнозного распределения возможных уловов, соответствующих F_{MSY} при текущем состоянии запаса. Для запасов с высокой неопределенностью и низкой продуктивностью стандартный 35-й перцентиль этого распределения заменяется более консервативным 15-м перцентилем, что позволяет снизить риск превышения целевых и граничных ориентиров (ICES, 2023).

Принятая в настоящей ревизии оценка начального истощения (прайер B_0/K в районе 0,17) является, таким образом, не просто технической настройкой, а осознанным управленческим решением, направленным на компенсацию систематического смещения, неизбежно возникающего при экстраполяции продукционной модели на акклиматизационную волну.

Еще одной важной особенностью, принципиально ограничивающей применимость классических продукционных моделей к акклиматизированным запасам крабов, является проблема недостаточного контраста в доступных временных рядах. Понятие контраста является фундаментальным для возможности идентификации параметров продукционных моделей и, в более широком смысле, для оценки способности наблюдаемых данных информировать о динамике запаса в ответ на промысловое воздействие (Hilborn and Walters, 1992; Haddon, 2020). Под контрастом понимается наличие во временном ряду наблюдений существенно различающихся уровней промыслового усилия (или вылова) и, как следствие, биомассы запаса. Только при наличии такого диапазона состояний – от высокого обилия при низком давлении промысла до низкого обилия при интенсивной эксплуатации – модель имеет возможность оценить форму продукционной кривой, в частности, ее максимум (MSY) и асимптоту (емкость среды K).

В математической формулировке проблема отсутствия контраста эквивалентна проблеме идентифицируемости параметров. Параметры r и K коррелированы, и,

если наблюдения покрывают лишь узкий сегмент кривой зависимости продукции от биомассы (например, только участок вблизи K или только участок вблизи B_{MSY}), поверхность правдоподобия становится плоской, а градиенты – незначимыми. В таких ситуациях модель либо не сходится, либо дает оценки, практически полностью определяемые априорными распределениями, а не данными (Kokkalis et al., 2024).

Классическим критерием наличия контраста и, одновременно, проверки адекватности индекса относительной численности является анализ перекрестной корреляции (cross-correlation) между рядами ежегодного вылова и CPUE. Данный подход, детально описанный в литературе по количественным методам в рыболовстве (Haddon, 2020), базируется на следующей логике: в эксплуатируемой популяции увеличение вылова (или промыслового усилия) с некоторым временным лагом должно приводить к снижению запаса и, соответственно, к снижению CPUE. И наоборот, сокращение вылова создает предпосылки для восстановления биомассы и роста CPUE. Следовательно, наличие статистически значимой отрицательной корреляции между выловом в год t и CPUE в год $t+k$ (где $k = 1, 2, 3 \dots$ лет лага) является необходимым, хотя и недостаточным, условием того, что временные ряды несут в себе сигнал о плотностно-зависимых процессах.

В современных статистических пакетах, в частности в среде R, реализация данного теста осуществляется с помощью функции `ccf()`, которая рассчитывает коэффициенты корреляции Пирсона между двумя временными рядами при различных сдвигах (лагах) и отображает доверительные интервалы, позволяя оценить статистическую достоверность отклонений от нуля. Важно подчеркнуть, что для акклиматизированных запасов в фазе роста положительная автокорреляция в рядах, обусловленная трендом, часто маскирует отрицательную связь; корректное применение `ccf()` требует предварительного

устранения трендов (например, через взятие первых разностей или анализ отклонений от подобранной модели). Тем не менее, даже при такой обработке, если запасы находятся в фазе многолетнего экспоненциального роста, а промысел развивается синхронно с ростом запаса, классическая отрицательная обратная связь «вылов – CPUE» может не проявляться на статистически значимом уровне на протяжении десятилетий.

Именно такая ситуация сложилась в управлении запасами камчатского краба Баренцева моря в период с 2004 по 2020 гг. Наложение акклиматизационной волны и синхронного с ней расширения промысла привело к тому, что наблюдаемый тренд CPUE отражал не столько реакцию запаса на изъятие, сколько общую продуктивность осваиваемой экосистемы и эффект «ловли на подъеме» (fishing up the biomass; Stergiou, Tsikliras, 2011). В результате временные ряды, формально достаточные по длине, обладают крайне низким контрастом в части, критически важной для идентификации параметра K . Пиковые оценки биомассы, достигнутые в 2017–2020 гг., были восприняты моделями как равновесное состояние вокруг K , что привело к завышению емкости среды и, как следствие, всех производных ориентиров управления. Последствия отсутствия контраста в системе «вылов – CPUE» не ограничиваются лишь смещением абсолютных оценок; они также маскируют истинные риски перелова, создавая иллюзию устойчивости запаса и формируя у управляющих органов ложное чувство безопасности.

Для количественной оценки степени контраста в доступных временных рядах и ее влияния на идентифицируемость параметров продукционной модели был выполнен эксперимент в байесовском статистическом фреймворке. В качестве исходных данных использованы официальные временные ряды вылова камчатского краба в российской исключительной экономической зоне Баренцева моря за период 1994–2025 гг. (рис. 3). На панелях

1А–1В представлены кросс-корреляционные функции между годовыми уловами и каждым из трех индексов обилия. Для индекса CSA (1А, $n = 19$) статистически значимые положительные корреляции наблюдаются на лагах 0, +1, +2, +3, +4 года; отрицательные лаги (–10...–1) ни при одном значении сдвига не достигают 95% доверительного интервала ($2/\sqrt{19} = 0,46$). Для индекса CPUE (1Б, $n = 20$) картина принципиально иная: значимые положительные корреляции фиксируются на лагах +1...+6 лет, тогда как на отрицательных лагах значимость достигается лишь на лагах –3...–5 лет. Это свидетельствует о запаздывающей реакции индекса на изменение вылова, однако коэффициент корреляции на отрицательных лагах не превышает –0,65, а для лагов, превышающих 5 лет, корреляция вновь становится незначимой. Для индекса SURVEY (1В, $n = 10$) значимые отрицательные корреляции присутствуют только на лагах –1 и 0, что объясняется синхронностью съемки и промыслового сезона, однако уже на лаге –2 корреляция теряет значимость. Таким образом, ни один из трех индексов не демонстрирует устойчивой, статистически достоверной отрицательной корреляции на отрицательных лагах, которая являлась бы необходимым индикатором плотностно-зависимого эффекта промысла. Напротив, преобладание положительных корреляций на положительных лагах указывает на то, что рост уловов систематически опережает рост индексов обилия, что характерно для фазы освоения растущего запаса («ловля на подъеме») и отсутствия контраста, необходимого для идентификации параметра K .

Для анализа чувствительности абсолютной шкалы запаса к априорным предположениям о емкости среды были выполнены три модельных прогона, в которых априорное распределение K задавалось логнормальным с фиксированным коэффициентом вариации 0,2, а медиана распределения последовательно принимала значения 200, 300 и 500 тыс. т. (рис. 3, панели 2А–2В). Данный диапазон охватывает область от консервативных оце-

нок (200 тыс. т) до значений, близких к оценкам верхней границы 50%-ного доверительного интервала в 2014–2020 г. (рис. 1) и далее до уровня, превышающего исторический пик траловой съемки (500 тыс. т), что позволяет проследить доминирование априорной информации над сигналом данных в условиях недостаточного контраста. Панели 2А–2В демонстрируют сравнение априорных и апостериорных распределений емкости среды K для трех сценариев чувствительности. Во всех трех случаях наблюдается выраженное смещение апостериорной медианы вниз относительно априорной: для сценария с априорной медианой 200 тыс. т апостериорная медиана составляет 163,5 тыс. т (95% ДИ: 111,3–243,6); для априорной медианы 300 тыс. т – 243,9 тыс. т (166,4–359,2); для априорной медианы 500 тыс. т – 420,1 тыс. т (286,8–608,7). Критически важным является то, что апостериорные распределения практически не перекрываются между сценариями: 95% доверительный интервал для сценария с $K_{prior} = 200$ тыс. т полностью лежит ниже медианы сценария с $K_{prior} = 300$ тыс. т, аналогично для пары 300 и 500 тыс. т. Это однозначно указывает на то, что входные данные не содержат достаточной информации для независимой оценки абсолютной шкалы запаса, и результирующая оценка K определяется почти исключительно априорным распределением, смещаясь в сторону нижней границы области, допустимой априорными ограничениями. Аналогичная зависимость от априорных предположений, хотя и не показана на рисунке в явном виде, справедлива для параметров r и начального уровня истощения (B_0): вариация априорной медианы K приводит к пропорциональному смещению апостериорных оценок B_{MSY} и MSY , тогда как относительные показатели (B/B_{MSY} , F/F_{MSY}) демонстрируют существенно большую устойчивость.

Панель 3А (рис. 3) отражает динамику абсолютной биомассы запаса B (тыс. т) за весь период наблюдений. Независимо от выбора априорной медианы K , модельные траектории

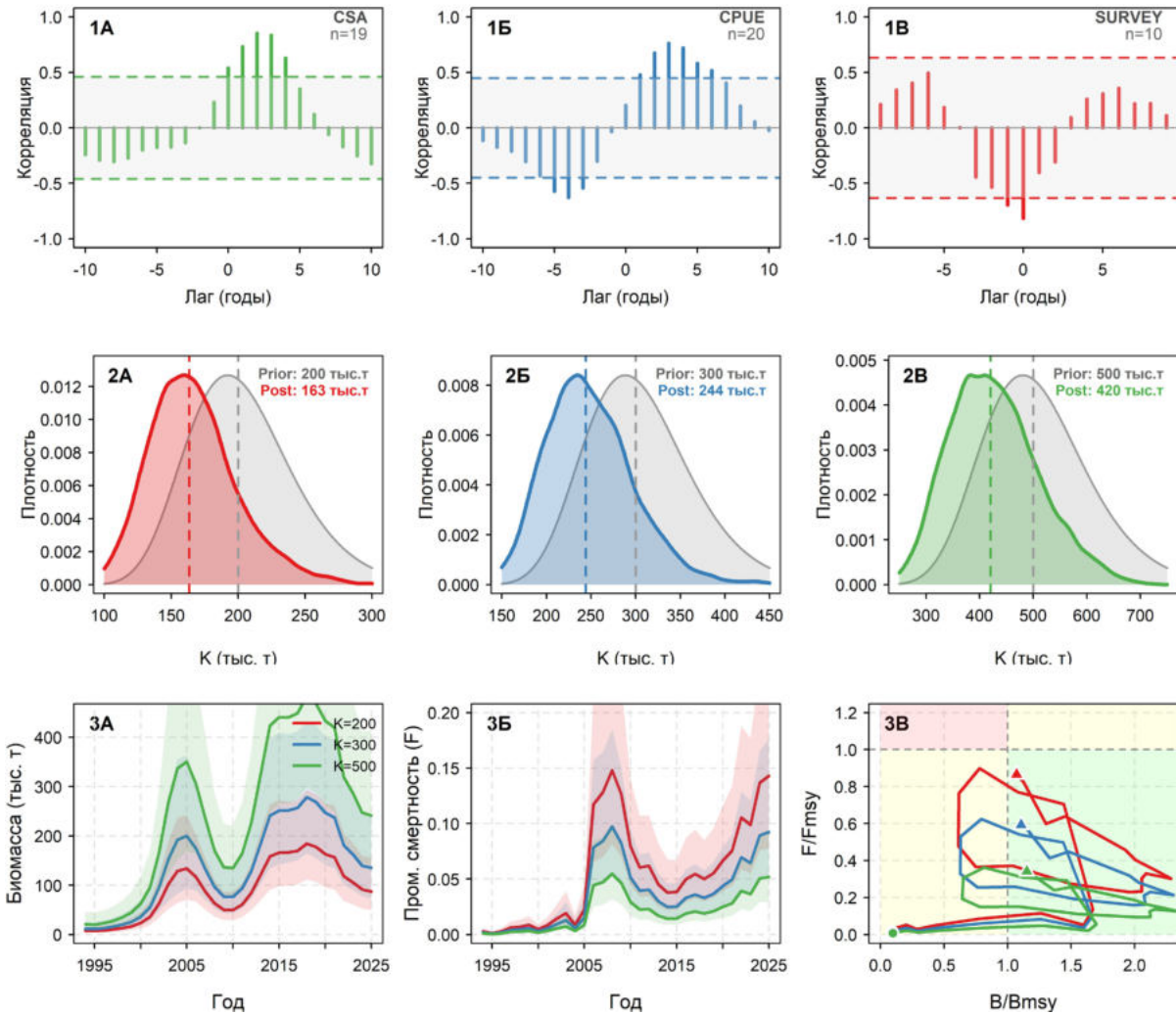


Рис. 3. Результаты байесовской оценки запаса камчатского краба по продукционной модели Шефера (JABBA) с анализом чувствительности к априорному заданию емкости среды K : 1А–1В – кросс-корреляция вылова с индексами обилия (CSA, CPUE, SURVEY); пунктир – 95% доверительный интервал; 2А–2В – априорные (серый) и апостериорные (цвет) распределения K при медианах 200, 300 и 500 тыс. т ($CV=0,2$); 3А–3В – динамика биомассы B , промысловой смертности F и фазовая диаграмма Кобе для трех сценариев при априорном значении, равным 200, 300 и 500 тыс. т.

качественно согласуются: низкая биомасса в 1994–1997 гг., быстрый экспоненциальный рост до пика в 2006–2010 гг., последующее снижение и относительная стабилизация на уровне 90–250 тыс. т к 2024–2025 гг. Однако абсолютные значения биомассы систематически смещены пропорционально априорному K : в сценарии с наименьшей априорной емкостью среды (200 тыс. т) биомасса в пиковый период достигает 184 тыс. т (2018 г.), тогда как в сценарии с априорной медианой 500 тыс. т пиковая оценка составляет 483 тыс. т, а оценка

на 2025 г. варьирует от 87 тыс. т (при $K = 200$) до 241 тыс. т (при $K = 500$). Ширина 95% байесовских доверительных интервалов также возрастает с увеличением априорного K , отражая рост неопределенности при ослаблении априорных ограничений.

Панель 3В (рис. 3) представляет динамику промысловой смертности F (год^{-1}). Во всех сценариях уровень эксплуатации остается ниже расчетного значения F_{MSY} (0,153–0,167 в зависимости от сценария), однако в сценарии с наименьшим априорным K зна-

чения F в отдельные годы (2008–2010, 2024–2025) приближаются к пороговому уровню, а 95% доверительный интервал периодически выходит за пределы F_{MSY} . При увеличении априорного K оценки F систематически снижаются, поскольку та же абсолютная величина вылова распределяется на большую расчетную биомассу.

Финальная панель 3В (рис. 3) представляет фазовую диаграмму Кобе, обобщающую совместную динамику относительной биомассы (B/B_{MSY}) и относительной промысловой смертности (F/F_{MSY}). Несмотря на значительные расхождения в абсолютных оценках, относительное состояние запаса демонстрирует удивительное сходство траекторий для всех трех сценариев. Исходная точка (1994 г.) находится в красной зоне (перелов и истощенный запас), к 2003–2005 гг. траектории пересекают границу $B/B_{MSY} = 1,0$ и входят в зеленую зону устойчивого состояния. Период 2005–2018 гг. характеризуется нахождением запаса в зеленой зоне при уровне биомассы, превышающем B_{MSY} в 1,5–2,3 раза. С 2019 г. наблюдается устойчивое снижение B/B_{MSY} и умеренный рост F/F_{MSY} , в результате чего к 2025 г. все три сценария выходят на границу зеленой и желтой зон. При этом для сценариев с априорной медианой $K = 200$ и 300 тыс. т конечная точка находится в желтой (переходной) зоне при $B/B_{MSY} = 1,07–1,11$ и $F/F_{MSY} = 0,59–0,87$, тогда как для сценария с наиболее высоким априорным K (500 тыс. т) запас сохраняется в зеленой зоне ($B/B_{MSY} = 1,15$; $F/F_{MSY} = 0,34$). Таким образом, выбор априорного распределения K влияет не только на абсолютные ориентиры управления, но и на диагностику текущего статуса запаса: при консервативном априорном предположении (200 тыс. т) запас классифицируется как находящийся вблизи целевого ориентира, но с тенденцией к переходу в зону перелова; при оптимистичном априорном предположении (500 тыс. т) запас оценивается как устойчивый и полностью соответствующий критериям максимального устойчивого вылова.

Дополнительным фактором, усугубляющим неопределенность в оценке емкости среды (K), является двойственный характер пространственной структуры акклиматизированных запасов и особенности трансграничного управления. Строгое теоретическое обоснование продукционных моделей, восходящее к работам Шефера и Пеллы-Томлинсона, предполагает замкнутость популяции: иммиграция и эмиграция отсутствуют, а динамика запаса полностью определяется плотностно-зависимыми процессами воспроизводства и смертности внутри единого ареала. В реальности управления запасами камчатского краба и краба-стригуна опилю в Баренцевом море это условие нарушается как минимум на двух уровнях: на межгосударственном (трансграничный обмен между российской и норвежской исключительными экономическими зонами) и на внутризональном (пространственная гетерогенность распределения промысловых скоплений в пределах национальных юрисдикций).

Трансграничный характер единой биологической популяции вступает в неустрашимое противоречие с методологией раздельной оценки запасов. Россия и Норвегия, действуя в рамках национальных систем мониторинга и управления, независимо оценивают параметры продукционных моделей для пространственно разобщенных частей ареала. Формально это приводит к тому, что вместо единой пары параметров (r , K), характеризующих популяцию в целом, возникает два набора оценок: $K_{PФ}$ и $K_{Нор}$, $r_{PФ}$ и $r_{Нор}$. Строго говоря, такая декомпозиция не соответствует теоретическим основам продукционных моделей, поскольку модель «не знает», что снижение биомассы в российской зоне может быть компенсировано миграцией из норвежской, и наоборот. Тем не менее, учитывая относительно низкую миграционную активность обоих видов крабов по сравнению с рыбами (особенно пелагическими), слабый и растянутый во времени характер трансграничного обмена, измеряемый

годами и десятилетиями, а также закрепленное национальными системами управления распределение промысловых усилий в пределах собственных вод, подобный компромисс следует признать не столько теоретической ошибкой, сколько прагматичным управленческим решением. Оно позволяет учитывать пространственную гетерогенность распределения запаса и различную интенсивность его эксплуатации по разные стороны границы, оставаясь в рамках доступной информационной парадигмы, которая объективно не позволяет построить единую двухнациональную модель с надежно идентифицируемыми параметрами миграции.

Однако проблема пространственной неоднородности не исчерпывается государственной границей. В пределах даже одной национальной юрисдикции, в частности российской ИЭЗ, распределение промыслового запаса камчатского краба и краба-стригуна опилио крайне мозаично. Фоновое распределение охватывает обширные акватории в определенных частях Баренцева моря, однако коммерчески значимые концентрации, доступные для рентабельного промысла, формируются лишь на ограниченных участках с высокоплотными скоплениями промысловых самцов. На протяжении последних двух десятилетий такими районами для камчатского краба являются Восточный Прибрежный район, Канинская банка, Мурманское мелководье и прилегающие участки побережья, для краба-стригуна опилио – акватории к западу арх. Новая Земля (рис. 1). Интенсивный многолетний промысел локализован именно в этих зонах, тогда как на остальной части ареала промысловое воздействие либо отсутствует, либо носит эпизодический характер.

Данное обстоятельство порождает необходимость различения двух принципиально разных, хотя и обозначаемых одним символом K , емкостей среды. Первая, K_{total} представляет собой гипотетическую равновесную биомассу всего акклиматизированного запаса в пределах национальной ИЭЗ при полном

отсутствии промысла. Эта величина является сугубо теоретической, поскольку современное состояние запаса никогда не наблюдалось в условиях, свободных от эксплуатации, и ее оценка неизбежно опирается на экстраполяцию далеко за пределы наблюдаемого диапазона данных. Вторая, K_{fished} – это фактическая «эффективная» емкость среды районов многолетнего интенсивного промысла, определяемая не только кормовой базой и абиотическими условиями, но и динамическим равновесием между процессами пополнения (включая ограниченную иммиграцию из фоновых зон) и промысловой смертностью. Именно эта величина, а не глобальная K_{total} детерминирует наблюдаемые уловы на усилие, динамику CPUE и, в конечном счете, экономическую устойчивость промысла.

Важно осознавать, что обмен особями между зоной интенсивного промысла и фоновыми акваториями хотя и существует, но крайне замедлен и количественно ограничен. В отличие, например, от стайных пелагических рыб, способных за недели перемещаться на сотни миль, взрослые самцы крабов демонстрируют высокую степень территориального консерватизма после достижения промыслового размера. Данные мечения и генетического анализа свидетельствуют, что трансграничная и внутриареальная миграция крабов – это процесс, растянутый на годы и затрагивающий лишь незначительную долю запаса. Следовательно, зона интенсивного промысла функционирует как полуизолированная субпопуляция, динамика которой лишь частично и с существенным запаздыванием зависит от состояния запаса на необлавливаемых акваториях.

Игнорирование этого дуализма и подмена K_{fished} на K_{total} в продукционных моделях, настроенных по данным из районов промысла, ведет к систематическому и крайне опасному смещению. Если модель, используя данные о вылове и CPUE, приходит к высокой оценке K , но при этом неявно предполагает, что эта емкость относится ко всей аква-

тории ИЭЗ, а фактический промысел локализован на малой ее части, возникает иллюзия недоиспользования запаса. Реальная же плотность биомассы на промысловых полях может быть уже ниже уровня B_{MSY} , а локальная промысловая смертность – существенно превышать F_{MSY} . Последствия такого несоответствия не ограничиваются статистической ошибкой: они материализуются в форме локального перелова, который, будучи однажды допущенным, может не компенсироваться в течение ряда лет, даже при общем благополучном фоновом состоянии запаса. Сокращение численности крупных производителей на участках традиционного промысла, разрушение сложившихся скоплений и снижение эффективности лова наблюдаются в Баренцевом море уже сегодня, и эти процессы напрямую коррелируют с периодами наиболее оптимистичных оценок K .

В этом контексте различия в национальных подходах к оценке параметров приобретают не только методологический, но и управленческий смысл. Норвежская оценка запаса камчатского краба и краба-стригуна опилио, выполненная в 2025 г., демонстрирует высокие значения r (0,59 и 0,55 год⁻¹, соответственно), которые находятся на верхней границе биологически правдоподобных значений для данного вида и существенно превышают оценки, полученные по российским данным (0,31 и 0,32, соответственно, после пересмотра ориентиров). Столь высокие оценки продуктивности не могут быть объяснены исключительно разницей в методиках расчета индексов; они имплицитно подразумевают, что пополнение промысловой части запаса на норвежском шельфе поддерживается не только локальным воспроизводством, но и постоянным притоком особей из обширной, слабо облавливаемой российской части ареала. Формально это допущение не нарушает математическую идентифицируемость модели, но оно делает параметр r в норвежской конфигурации «эффективным», включающим как истинную биологическую

скорость роста, так и неявный миграционный поток. Такая интерпретация, будучи биологически не вполне корректной, тем не менее служит конкретной управленческой цели – обоснованию устойчивости запаса в условиях, когда собственные данные о пополнении ограничены коротким временным рядом и отсутствием информации о состоянии запаса на российской стороне.

Российская методология, напротив, исходит из более консервативной предпосылки: поскольку промысел локализован и миграционный обмен с необлавливаемыми акваториями недостаточно количественно определен, модель параметризуется таким образом, чтобы отражать производственные характеристики именно эксплуатируемой части запаса. Принятое в настоящей ревизии решение оценивать эффективную емкость среды K_{fished} на уровне около 181 тыс. т для камчатского краба и 230 тыс. т для краба-стригуна опилио является прямым следствием этого подхода. Данные величины не претендуют на статус биологической константы, характеризующей весь запас; они представляют собой инструмент управления, предназначенный для предотвращения локального перелова в районах, где промысел фактически ведется. Именно такой подход соответствует как критериям биологической правдоподобности (не завышая производственный потенциал ограниченных акваторий), так и управленческим целям (обеспечивая запас прочности при краткосрочном и среднесрочном планировании ОДУ). Выбор между K_{total} и K_{fished} – это не вопрос истинности той или иной оценки, а осознанный выбор референции: оценка, ориентированная на максимизацию вылова в краткосрочной перспективе, или оценка, ориентированная на устойчивость промысловой системы в условиях неопределенности. В настоящей ревизии, с учетом накопленных данных о снижении плотности скоплений и ухудшении размерно-возрастной структуры, приоритет обоснованно отдан второму подходу.

Пересмотр ориентиров управления для запасов камчатского краба и краба стригуна опилио в ИЭЗ России в Баренцевом море на основе современного состояния запасов

С учетом вышеизложенных особенностей – заведомого невыполнения условия о начальном равновесном состоянии запаса, низкого контраста во всех доступных временных рядах, критической зависимости абсолютных оценок от априорных распределений, необходимости различения глобальной емкости среды (K_{total}) и эффективной емкости эксплуатируемых участков (K_{fished}), а также ограниченного миграционного обмена между зонами интенсивного промысла и фоновыми акваториями – в настоящей ревизии выполнен пересмотр априорных распределений ключевых параметров продукционной модели. Целенаправленная настройка априорных распределений для K , r и начального уровня истощения (B_0/K) осуществлена таким образом, чтобы расчетное состояние запаса в последние 4–5 лет (2021–2025 гг.) соответствовало уровню, близкому к биомассе при максимальном устойчивом вылове (B_{MSY}), а уровень промысловой смертности находился вблизи или незначительно ниже целевого ориентира (F_{MSY}). Основанием для подобного допущения является принципиально важный эмпирический факт: несмотря на отсутствие урожайных и высокоурожайных поколений, фиксируемых как по данным траловых съемок, так и по размерному составу промысловых уловов, динамика запаса на протяжении последних пяти лет демонстрирует устойчивую стабилизацию при достаточно высоком и стабильном уровне ежегодного изъятия (11–13 тыс. т для камчатского краба и 12–16 тыс. т для краба-стригуна опилио). Такое сочетание – устойчивый вылов без признаков коллапса и одновременно отсутствие мощного пополнения – недвусмысленно указывает на то, что эксплуатируемая часть группировки в настоящее время функционирует в режиме, близком к оптимальному. Следовательно, целевые ориентиры управления должны быть опреде-

лены, исходя из этого наблюдаемого состояния, а не из умозрительных оценок продукционного потенциала, полученных в период пика акклиматизационной волны. Ниже представлены результаты моделирования и обоснование новых ориентиров для каждого из двух видов.

На основании откалиброванной байесовской продукционной модели Шефера, реализованной в пакете JABBA, выполнена ретроспективная оценка динамики запаса камчатского краба за период 1994–2025 гг. и построен десятилетний прогноз (2026–2035 гг.) для семи сценариев управления, включающих фиксированные уровни вылова (12, 14, 16, 18 тыс. т), фиксированные уровни промысловой смертности (текущий $F_{current} = 0,13$, $F_{MSY} = 0,153$, полный мораторий $F = 0$) и динамическое правило регулирования промысла (ПП), основанное на обратной связи по отношению биомассы к целевому ориентиру. Референтные точки модели составили: $MSY = 13,7$ тыс. т, $B_{MSY} = 90,7$ тыс. т, $F_{MSY} = 0,153$, $B_{lim} = 27,2$ тыс. т ($0,3B_{MSY}$).

На рисунке 4 представлены четыре панели, обобщающие результаты ретроспективной оценки состояния запаса камчатского краба. Панель А отображает динамику абсолютной биомассы запаса B (тыс. т) за весь период наблюдений. График демонстрирует классическую траекторию акклиматизированной популяции в начальный исторический период: крайне низкая биомасса в первые годы наблюдений (менее 10 тыс. т), быстрый экспоненциальный рост до пиковых значений 170–200 тыс. т в 2006–2019 гг. с просадкой в ходе локального перелома в 2007–2012 гг. и последующее устойчивое снижение до 90–100 тыс. т в 2024–2025 гг. Доверительные интервалы (50%, 80%, 95%) отражают прогрессирующее увеличение неопределенности в начальный период и ее снижение по мере накопления данных. Точками показаны шкалированные (с учетом коэффициентов уловистости) фактические значения трех индексов обилия, которые в целом согласуются с модельной траек-

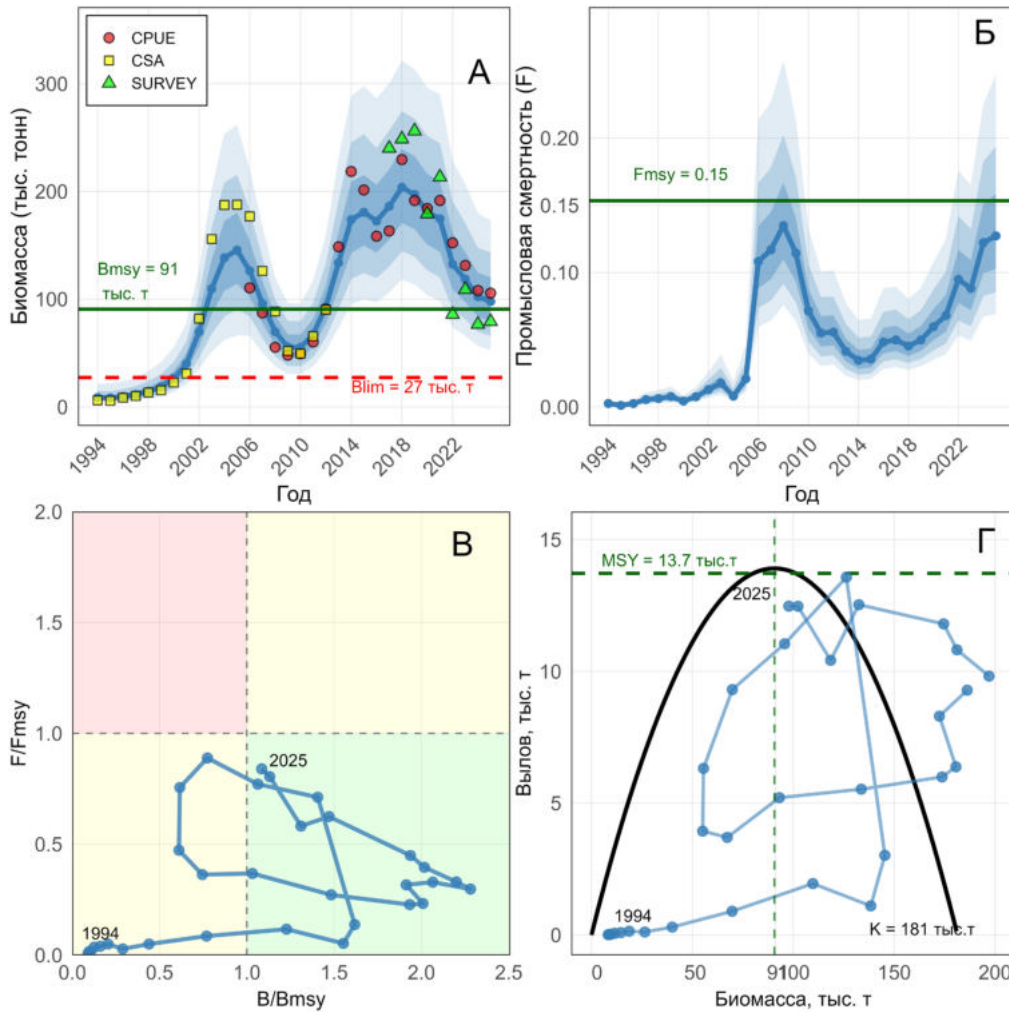


Рис. 4. Ретроспективная оценка состояния запаса камчатского краба в Баренцевом море (1994–2025 гг.) по байесовской продукционной модели Шефера (JABBA): А – динамика абсолютной биомассы B (тыс. т) с доверительными интервалами (50, 80, 95%) и шкалированными индексами обилия (CSA, CPUE, SURVEY); Б – динамика промысловой смертности F (год^{-1}) с доверительными интервалами; В – фазовая диаграмма Кобе в координатах $B/B_{MSY} - F/F_{MSY}$; цветные зоны соответствуют статусу запаса; Г – продукционная кривая Шефера (зависимость вылова от биомассы) с фактическими точками (1994–2025 гг.).

торией биомассы, хотя и демонстрируют значительный разброс в отдельные периоды (2003–2007 и 2014–2018 гг.).

Панель Б показывает динамику промысловой смертности F . До 2005 г. уровень эксплуатации оставался крайне низким (менее 0,02), затем резко возрос до 0,11–0,14 в 2006–2009 гг., после чего временно снизился и вновь достиг значений 0,13–0,14 в 2024–2025 гг. На протяжении всего периода медианная оценка F ни разу не превысила $F_{MSY} = 0,153$,

хотя верхняя граница 95% доверительного интервала периодически заходила в зону перелома. Панель В представляет фазовую диаграмму Кобе в координатах $B/B_{MSY} - F/F_{MSY}$. Траектория наглядно иллюстрирует выход запаса из желтой переходной зоны (истощенный запас, низкий относительный вылов) в 1994–1998 гг., переход в зеленую зону устойчивого состояния в 2004–2005 гг., длительное пребывание в зеленой зоне с максимальными значениями B/B_{MSY} до 2,3 в 2018 г. и последую-

щий возврат к границе $B/B_{MSY} = 1,0$ к 2025 г. Конечная точка траектории (2025 г.) находится в зеленой зоне при $B/B_{MSY} = 1,07$ и $F/F_{MSY} = 0,84$. Панель Г отображает продукционную кривую Шефера в координатах «биомасса – вылов». Медианная оценка емкости среды составила $K = 181$ тыс. т, максимальный устойчивый вылов $MSY = 13,7$ тыс. т достигается при биомассе $B_{MSY} = 90,7$ тыс. т. Фактические годовые выловы (точки) образуют траекторию, движущуюся преимущественно вдоль восходящей ветви продукционной кривой, что характерно для популяции, эксплуатируемой на уровне, не превышающем оптимальный.

На рисунке 5 приведены результаты прогнозного моделирования для четырех сценариев фиксированного вылова (12, 14, 16, 18 тыс. т). Панель А демонстрирует динамику абсолютной биомассы. При вылове 12 тыс. т биомасса сохраняется на стабильном уровне 100–105 тыс. т на всем протяжении прогнозного периода, незначительно превышая B_{MSY} . При вылове 14 тыс. т биомасса начинает медленно снижаться, опускаясь ниже B_{MSY} к 2030 г. Сценарии 16 и 18 тыс. т приводят к прогрессирующему и ускоряющемуся снижению биомассы, которая к 2035 г. достигнет около 60 и 40 тыс. т соответственно, что существенно ниже целевого ориентира.

Панель Б показывает динамику риска падения биомассы ниже граничного ориентира B_{lim} ($0,3B_{MSY}$). Для сценариев 12 и 14 тыс. т этот риск остается менее 25%. При вылове 16 тыс. т риск возрастает до 33% к 2035 г., при вылове 18 тыс. т – до 44%. Панель В представляет фазовую диаграмму Кобе для прогнозных траекторий. Все сценарии стартуют из общей точки по биомассе в 2026 г. ($B/B_{MSY} \approx 1,08$, $F/F_{MSY} \approx 0,8–1,2$), однако дальнейшие траектории радикально расходятся. Сценарий 12 тыс. т удерживают запас в зеленой зоне; сценарий 14 тыс. т к 2035 г. переводит запас в красную зону, минуя переходные желтые зоны; сценарии 16–18 тыс. т уверенно заходят в красную зону перелова и истощения. Панель Г обобщает результаты вероятностного прогноза

в формате « $P(B < B_{MSY}) - P(F > F_{MSY})$ ». Данная диаграмма наглядно демонстрирует, что сценарии 12 и 14 тыс. т удерживают вероятности превышения F_{MSY} на уровне 32–48% и 44–53% соответственно, тогда как для сценария 18 тыс. т вероятность превышения F_{MSY} к 2035 г. достигает 76%, а вероятность снижения биомассы ниже $B_{MSY} - 72\%$.

Количественные оценки прогнозных сценариев на конец 2026 г. сведены в таблицу 3. Сценарий «Правило регулирования промысла (ППП)», реализующий обратную связь по биомассе, приводит к медианному вылову 14,5 тыс. т, биомассе 96,0 тыс. т ($B/B_{MSY} = 1,06$) и промысловой смертности на уровне F_{MSY} . Риск падения биомассы ниже B_{MSY} составляет 41%, ниже B_{lim} – пренебрежимо мал (менее 0,1%), риск превышения $F_{MSY} - 59\%$. Сценарий «Сохранение текущего вылова» (12,47 тыс. т) эквивалентен фиксированному вылову 12 тыс. т, что дает консервативную оценку биомассы 91,6 тыс. т и минимальные риски. Сценарий «Сохранение текущего F » ($F_{current} = 0,13$) практически идентичен сценарию фиксированного вылова 12 тыс. т. Сценарий «Промысел на уровне F_{MSY} » приводит к медианному вылову 15,2 тыс. т и биомассе 96,8 тыс. т, однако вероятность превышения F_{MSY} составляет 50% по определению, что требует осторожной интерпретации. Сценарий «Мораторий» ($F = 0$) прогнозирует быстрый рост биомассы до 111,8 тыс. т к 2027 г., что превышает B_{MSY} . Сценарии фиксированного вылова 12, 14, 16 и 18 тыс. т демонстрируют закономерное увеличение рисков: вероятность падения биомассы ниже B_{MSY} возрастает от 39% при 12 тыс. т до 46% при 18 тыс. т, вероятность превышения $F_{MSY} -$ от 34% до 66% соответственно. При вылове 18 тыс. т риск падения биомассы ниже B_{lim} не достигает 1,0%.

В отношении запаса краба-стригуна опилио применен аналогичный методологический подход, основанный на тех же принципах: признании ограниченной информативности абсолютных оценок, необходимости пространственной дифференциации емкости

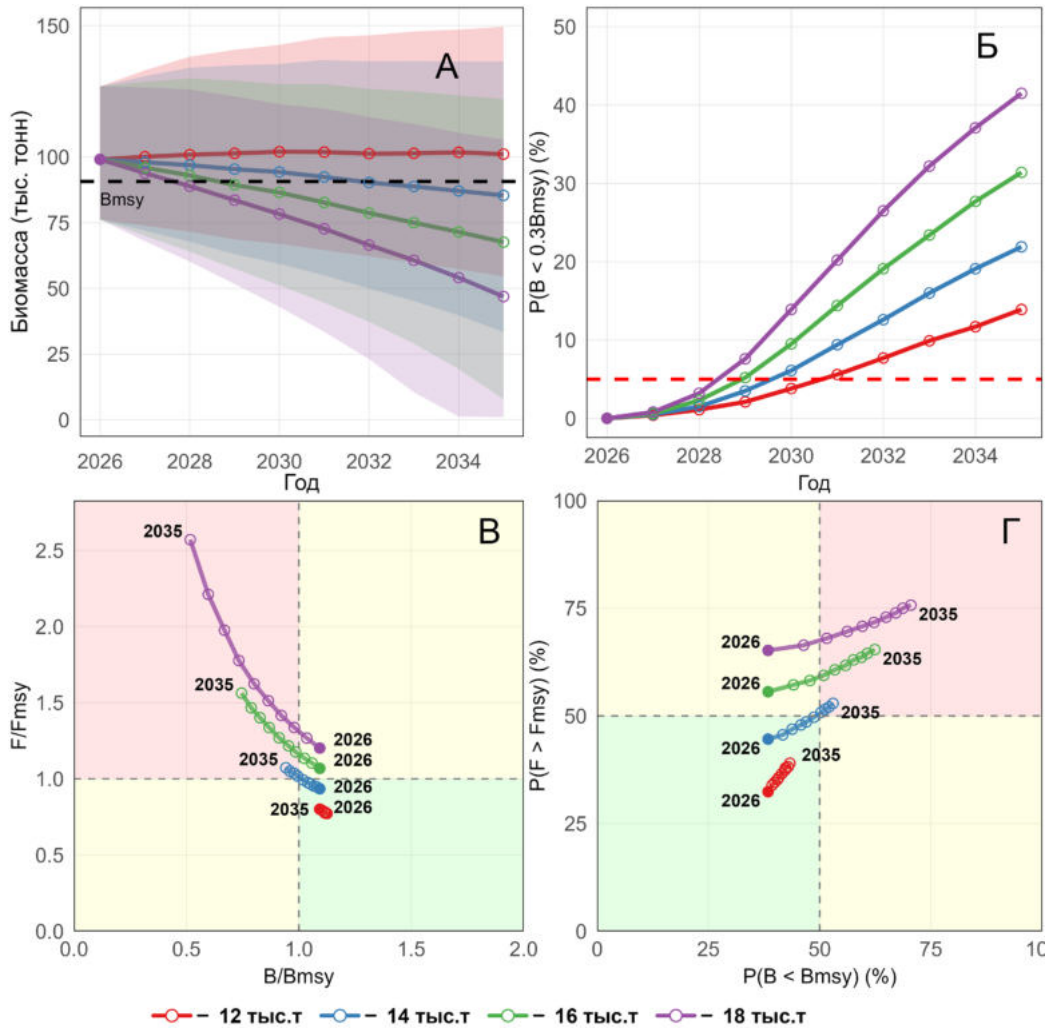


Рис. 5. Прогноз состояния запаса камчатского краба на 2026–2035 гг. при фиксированных уровнях вылова (12–18 тыс. т): А – динамика абсолютной биомассы B с 50% доверительными интервалами; Б – риск падения биомассы ниже граничного ориентира $P(B < 0,3B_{MSY})$, %; пунктир – уровень 5%; В – фазовая диаграмма Кобе для прогнозных траекторий; Г – вероятностная фазовая диаграмма: зависимость между вероятностью истощения $P(B < B_{MSY})$ и вероятностью перелова $P(F > F_{MSY})$, %.

среды и калибровке априорных распределений на современное состояние эксплуатируемой части промыслового запаса. Исходные временные ряды вылова (2004–2025 гг.) и индексов обилия (стандартизированный CPUE промысла и индекс научной съемки BESS) подвергнуты совместному анализу в рамках байесовской продукционной модели Шефера, реализованной в пакете JABBA. Априорное распределение для емкости среды (K) задано с медианой 300 тыс. т и коэффициентом вариации 0,3; для внутренней скорости роста (r) – с медианой 0,3 год⁻¹ и CV =

0,5; для начального уровня истощения ($\psi = V_0/K$) – с медианой 0,17 и CV = 0,5, что отражает допущение о близости начальной биомассы к емкости среды в начале ряда. Такая настройка, согласующаяся с результатами ретроспективного анализа, позволила получить апостериорные оценки, при которых расчетное состояние запаса в последние пять лет (2021–2025 гг.) устойчиво находится вблизи целевого ориентира (B_{MSY}) при наблюдаемом вылове 11,7–15,8 тыс. т и стабильных уловах на усилии. Референтные точки, полученные в результате калибровки, составили: $K =$

Таблица 3. Вылов, абсолютная и относительная промысловая биомасса и смертность, риски превышения B_{MSY} и B_{lim} промысловой биомассой камчатского краба в Баренцевом море в 2026 г. при различных сценариях прогнозного вылова

Сценарии	Вылов, тыс.т	B_{2026}	B/B_{MSY}	F	F/F_{MSY}	$Pr(B>B_{MSY})$	$Pr(B>B_{lim})$	$Pr(F>F_{MSY})$
Вылов по правилу управления (ПРИ)	14,5	96,0	1,06	0,15	1,00	0,41	0,001	0,586
Сохранение текущего вылова (12,47 тыс. т)	12,5	91,6	1,08	0,14	0,83	0,39	0,001	0,245
Сохранение текущего $F = F_{current}$ (статус-кво)	12,6	99,3	1,10	0,13	0,83	0,39	0,001	0,245
Промысел на уровне F_{MSY}	15,2	96,8	1,07	0,15	1,00	0,42	0,001	0,500
$F = 0$ (мораторий)	0,0	111,8	1,23	0,00	0,00	0,26	0,001	0,000
Фиксированный ОДУ	12	100,1	1,103	0,12	0,79	0,39	0,004	0,339
	14	98,0	1,08	0,15	0,95	0,42	0,005	0,456
	16	96,0	1,06	0,17	1,10	0,44	0,006	0,572
	18	93,9	1,04	0,19	1,27	0,46	0,008	0,664

232,5 тыс. т (медиана апостериорного распределения), $MSY = 17,7$ тыс. т, $B_{MSY} = 116,2$ тыс. т, $F_{MSY} = 0,1538$, $B_{lim} = 34,86$ тыс. т ($0,3B_{MSY}$). Все параметры модели характеризуются удовлетворительной сходимостью ($R\text{-hat} < 1,01$) и приемлемой шириной доверительных интервалов.

На рисунке 6 представлены четыре панели, обобщающие результаты ретроспективной оценки состояния запаса краба-стригуна опилио в российской ИЭЗ Баренцева моря за период 2004–2025 гг. Панель А отображает динамику абсолютной биомассы запаса B (тыс. т). На протяжении первых шести лет наблюдений (2004–2010 гг.) биомасса оставалась на крайне низком уровне (менее 100 тыс. т), что соответствует периоду начального освоения акватории и отсутствием промысла. С 2006 г. начинается фаза плавного экспоненциального роста, достигшая пика в 2019 г., когда медианная оценка биомассы составила 232,6 тыс. т

(95% ДИ: 93,0–469,1 тыс. т). В последующие годы наблюдается устойчивое снижение запаса до 134,7 тыс. т в 2025 г. (95% ДИ: 44,3–301,1 тыс. т), что соответствует уровню, незначительно превышающему B_{MSY} (116,2 тыс. т). Доверительные интервалы (50%, 80% и 95%) демонстрируют закономерное расширение в периоды высокой биомассы и сужение при приближении к целевому ориентиру. Точками показаны шкалированные (с учетом коэффициентов уловистости) фактические значения индексов CPUE и BESS, которые в целом согласуются с модельной траекторией, хотя для индекса BESS характерен значительный разброс, особенно в 2012–2016 гг.

Панель Б демонстрирует динамику промысловой смертности F . До 2013 г. уровень эксплуатации был на нулевом уровне. С началом промышленного освоения F быстро возрастает, достигая локального максимума 0,053 в 2015 г., затем снижается до 0,036–0,042 в

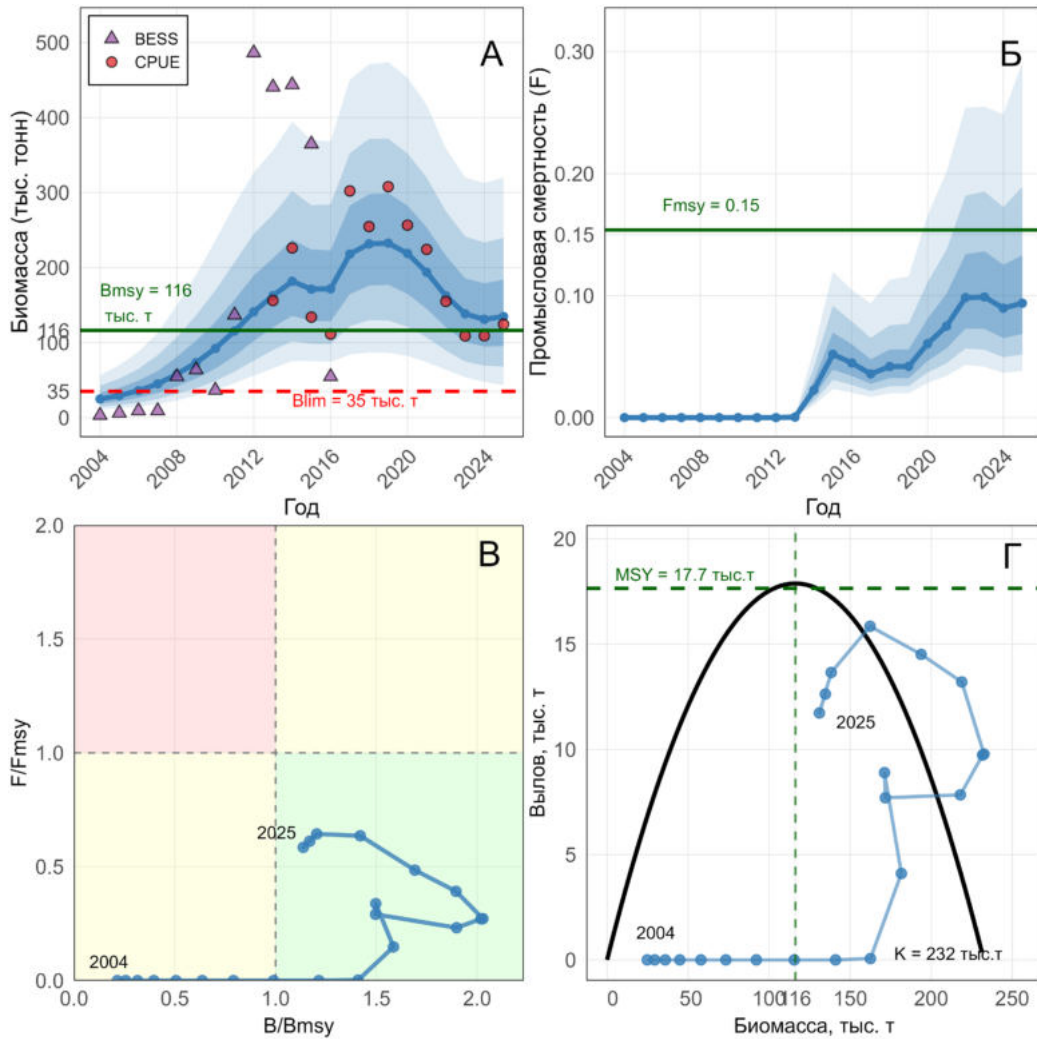


Рис. 6. Ретроспективная оценка состояния запаса краба-стригуна опилию в Баренцевом море (2004–2025 гг.) по байесовской продукционной модели Шефера (JABBA): А – динамика абсолютной биомассы B (тыс. т) с доверительными интервалами (50, 80, 95%) и шкалированными индексами обилия (BESS и CPUE); Б – динамика промысловой смертности F (год⁻¹) с доверительными интервалами; В – фазовая диаграмма Кобе в координатах $B/B_{MSY} - F/F_{MSY}$; цветные зоны соответствуют статусу запаса; Г – продукционная кривая Шефера (зависимость вылова от биомассы) с фактическими точками (2004–2025 гг.).

2017–2019 гг. и вновь увеличивается до 0,100–0,102 в 2022–2023 гг. В 2024–2025 гг. медианная оценка F составляет 0,093–0,097, что существенно ниже $F_{MSY} = 0,15$. Важно отметить, что на всем протяжении временного ряда верхняя граница 50% доверительного интервала ни разу не превысила F_{MSY} , что указывает на отсутствие или на незначительный риск систематического перелова.

Панель В представляет фазовую диаграмму Кобе в координатах $B/B_{MSY} - F/F_{MSY}$.

Траектория запаса начинается в 2004 г. в желтой зоне ($B/B_{MSY} < 1, F/F_{MSY} < 1$ – истощенный запас при низком давлении промысла), затем уверенно смещается в зеленую зону устойчивого состояния, достигая максимальных значений $B/B_{MSY} = 2,06$ в 2019 г. при $F/F_{MSY} = 0,27$. С 2020 г. наблюдается возврат траектории к целевому уровню: в 2025 г. точка находится в зеленой зоне при $B/B_{MSY} = 1,14$ и $F/F_{MSY} = 0,63$. Таким образом, за весь период наблюдений запас ни разу не входил в зону перелова (крас-

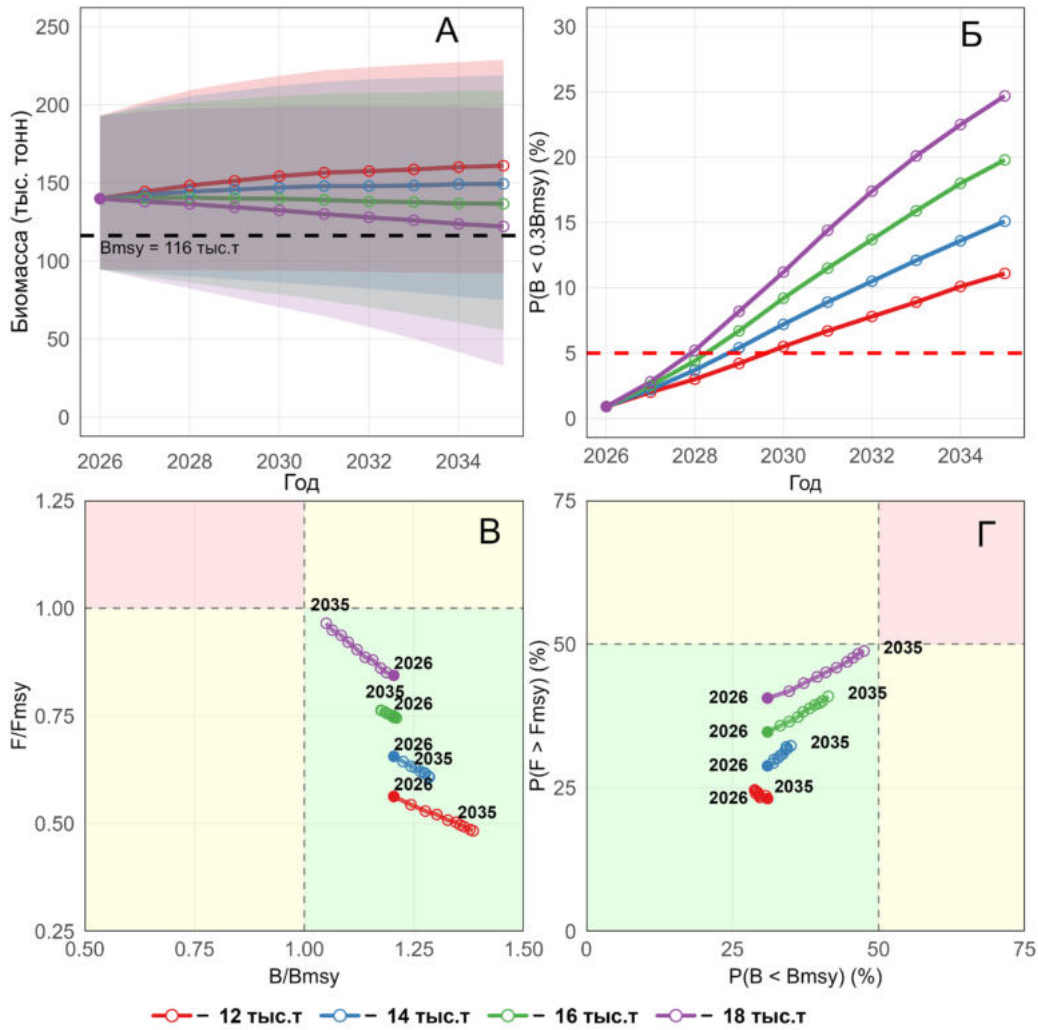


Рис. 7. Прогноз состояния запаса краба-стригуна опилио на 2026–2035 гг. при фиксированных уровнях вылова (12–18 тыс. т): А – динамика абсолютной биомассы B с 50% доверительными интервалами; Б – риск падения биомассы ниже граничного ориентира $P(B < 0,3B_{MSY})$, %; пунктир – уровень 5%; В – фазовая диаграмма Кобе для прогнозных траекторий; Г – вероятностная фазовая диаграмма: зависимость между вероятностью истощения $P(B < B_{MSY})$ и вероятностью перелома $P(F > F_{MSY})$, %.

ная зона слева сверху), что свидетельствует об осторожном режиме эксплуатации.

Панель Г отображает продукционную кривую Шефера в координатах «биомасса – вылов». Медианная оценка максимального устойчивого вылова составляет $MSY = 17,7$ тыс. т и достигается при биомассе $B_{MSY} = 116,2$ тыс. т. Фактические годовые выловы (точки) образуют траекторию, которая первоначально движется вдоль восходящей ветви кривой, достигает области максимальной продукции в 2020–2022 гг. и затем смещается вниз по нисходящей ветви при сокра-

щении биомассы. Расположение точки 2025 г. на продукционной кривой соответствует уровню вылова около 12,6 тыс. т при биомассе 135 тыс. т, что близко к оптимальному соотношению.

На рисунке 7 приведены результаты прогнозного моделирования для четырех сценариев фиксированного вылова (12, 14, 16 и 18 тыс. т) на период 2026–2035 гг. Панель А показывает динамику абсолютной биомассы. При вылове 12 тыс. т биомасса сохраняется на стабильном уровне 140–161 тыс. т на всем протяжении прогноз-

Таблица 4. Вылов, абсолютная и относительная промысловая биомасса и смертность, риски превышения B_{MSY} и B_{lim} промысловой биомассой краба-стригуна опилио в Баренцевом море в 2026 г. при различных сценариях прогнозного вылова

Сценарии	Вылов, тыс.т	B_{2026}	B/B_{MSY}	F	F/F_{MSY}	$Pr(B > B_{MSY})$	$Pr(B > B_{lim})$	$Pr(F > F_{MSY})$
Вылов по правилу управления (ПРП)	19,8	129,5	1,11	0,15	1,00	0,375	0,003	0,625
Сохранение текущего вылова (12,63 тыс. т)	12,6	139,5	1,21	0,10	0,62	0,293	0,008	0,087
Сохранение текущего $F = F_{current}$ (статус-кво)	13,0	139,5	1,21	0,10	0,62	0,293	0,008	0,087
Промысел на уровне F_{MSY}	21,1	131,3	1,12	0,15	1,00	0,351	0,009	0,500
$F = 0$ (мораторий)	0	152,6	1,32	0,00	0,00	0,227	0,006	0,000
Фиксированный ОДУ	12	140,9	1,22	0,09	0,57	0,311	0,016	0,224
	14	138,8	1,21	0,10	0,67	0,325	0,018	0,291
	16	136,7	1,19	0,12	0,76	0,340	0,021	0,361
	18	140,9	1,17	0,14	0,86	0,356	0,023	0,430

ного периода, устойчиво превышая B_{MSY} . Сценарий 14 тыс. т также обеспечивает сохранение биомассы выше целевого ориентира. При вылове 16 тыс. т биомасса снижается с 140 до 137 тыс. т, оставаясь выше B_{MSY} . Сценарий 18 тыс. т приводит к постепенному снижению биомассы до 122 тыс. т к 2035 г., что все еще превышает B_{MSY} . Панель Б демонстрирует риск падения биомассы ниже граничного ориентира $B_{lim}(0,3B_{MSY})$. Для всех четырех сценариев этот риск остается крайне низким: даже при вылове 18 тыс. т вероятность снижения ниже B_{lim} к 2035 г. не превышает 25 %.

Панель В представляет фазовую диаграмму Кобе для прогнозных траекторий, выполненную в увеличенном масштабе. Все сценарии стартуют из общей точки в 2026 г. ($B/B_{MSY} \approx 1,18$, F/F_{MSY} варьирует от 0,57 до 0,86). Траектории сценариев 12 и 14 тыс. т направлены в сторону увеличения B/B_{MSY} при незначительном снижении F/F_{MSY} , оставаясь в

зеленой зоне. Сценарий 16 тыс. т демонстрирует слабое снижение B/B_{MSY} при стабильном F/F_{MSY} , удерживаясь в рамках зеленой зоны. Сценарий 18 тыс. т приводит к снижению B/B_{MSY} до 1,04 и росту F/F_{MSY} до 0,97 к 2035 г., оставаясь в зеленой зоне, но приближаясь к пороговым значениям. Панель Г обобщает результаты вероятностного прогноза в координатах « $P(B < B_{MSY}) - P(F > F_{MSY})$ » с ограничением осей 0–75%. Все сценарии начинают движение из области с вероятностью истощения 28–32% и вероятностью перелома 22–42%. К 2035 г. сценарии 12–16 тыс. т смещаются в сторону снижения обеих вероятностей, тогда как сценарий 18 тыс. т характеризуется ростом вероятности перелома до 49% при сохранении вероятности истощения на уровне 48%.

Количественные оценки прогнозных сценариев на 2026 г. сведены в таблицу 4. Сценарий «Правило регулирования промысла (ПРП)», реализующий обратную связь по

биомассе, приводит к медианному вылову 19,8 тыс. т, биомассе 129,5 тыс. т ($B/B_{MSY} = 1,11$) и промысловой смертности на уровне F_{MSY} . Риск падения биомассы ниже B_{MSY} составляет 37,5%, ниже B_{lim} – пренебрежимо мал (0,3%), риск превышения F_{MSY} – 62,5%. Сценарий «Сохранение текущего вылова» (12,63 тыс. т) фактически соответствует фиксированному вылову 12 тыс. т, что дает медианную биомассу 139,5 тыс. т и минимальные риски. Сценарий «Сохранение текущего F» ($F_{current} = 0,10$) эквивалентен сценарию фиксированного вылова 13,0 тыс. т и характеризуется наименьшей вероятностью перелова (8,7%). Сценарий «Промысел на уровне F_{MSY} » приводит к медианному вылову 21,1 тыс. т и вероятности перелова 50% по определению, что при текущем состоянии запаса ($B > B_{MSY}$) не создает непосредственной угрозы, но требует осторожного применения. Сценарий «Мораторий» ($F = 0$) прогнозирует быстрый рост биомассы до 152,6 тыс. т к 2027 г. Сценарии фиксированного вылова 12, 14, 16 и 18 тыс. т демонстрируют закономерное увеличение рисков: вероятность падения биомассы ниже B_{MSY} возрастает от 31,1% при 12 тыс. т до 35,6% при 18 тыс. т, вероятность превышения F_{MSY} – от 22,4% до 43,0% соответственно. Риск падения биомассы ниже B_{lim} во всех сценариях не превышает 5%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной ревизии ориентиров управления для двух промысловых видов крабов Баренцева моря реализован последовательный методологический переход от модели, предполагающей стационарность емкости среды и наличие контраста в данных, к модели, осознанно учитывающей акклиматизационную природу группировок, пространственную неоднородность промыслового воздействия и фундаментальную неопределенность абсолютных оценок. Полученные результаты свидетельствуют о завершении фазы экспоненциального роста (III этап по А.Ф. Карпевич, 1998) и вступлении обоих

видов в фазу стабилизации или регулируемого снижения численности. Пиковые значения промысловой биомассы, зафиксированные в 2017–2020 гг., сменились устойчивым трендом к понижению, что в сочетании с отсутствием высокоурожайных поколений и локализацией промысловых скоплений может указывать на приближение эксплуатируемой части промысловых запасов к долгосрочной эффективной емкости среды (K_{fished}).

Ключевым методологическим итогом работы стала адаптация стохастической продукционной модели (JABBA) к специфике акклиматизированных группировок. В условиях заведомого невыполнения классического предположения о начальном равновесном состоянии ($B_0 \approx K$) и низкого контраста временных рядов, абсолютные оценки параметров K и MSY были признаны неидентифицируемыми исключительно по данным наблюдений. Для преодоления этой неопределенности применен двухуровневый подход: (1) использование информативных, но осторожных априорных распределений, калиброванных таким образом, чтобы современное состояние запаса соответствовало уровню, близкому к B_{MSY} при наблюдаемых уловах; (2) разграничение глобальной емкости среды всего ареала (K_{total}) и эффективной емкости районов многолетнего интенсивного промысла (K_{fished}). Приоритет был отдан последней, как наиболее релевантной для предотвращения локального перелова и обеспечения устойчивости промысла в среднесрочной перспективе. Данный подход, хотя и является компромиссным, позволяет получать робастные относительные оценки состояния запаса (B/B_{MSY} , F/F_{MSY}) и формировать управленческие рекомендации, устойчивые к неопределенности исходных предпосылок.

В результате калибровки модели установлены новые референтные точки, существенно отличающиеся от действовавших ранее. Для камчатского краба медианные оценки составили: $K = 181,4$ тыс. т, $MSY = 13,7$ тыс. т, B_{tr} или $B_{MSY} = 91$ тыс. т, $B_{lim} = 27$ тыс. т, F_{tr} или

$F_{MSY} = 0,15$. Для краба-стригуна опилио: $K = 232,5$ тыс. т, $MSY = 17,7$ тыс. т, B_{tr} или $B_{MSY} = 116$ тыс. т, $B_{lim} = 35$ тыс. т, F_{tr} или $F_{MSY} = 0,15$. Предложенные ориентиры полностью соответствуют критериям предосторожного подхода и требованиям «Правил регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов» (Приказ ФГБНУ «ВНИРО» № 81 от 10.04.2023).

Полученные оценки отражают не максимальные пиковые значения периода вспышки, а продукционный потенциал эксплуатируемой части запаса в текущих условиях. Ретроспективный анализ подтвердил, что на протяжении всего периода наблюдений оба запаса ни разу не входили в зону перелова (ниже B_{lim}), а современное состояние характеризуется близостью к целевым ориентирам.

Прогнозное моделирование на период до 2035 г. позволило количественно оценить риски различных стратегий управления. Для камчатского краба сценарии фиксированного вылова, превышающие 14 тыс. т, ведут к прогрессирующему снижению биомассы ниже B_{MSY} и значительному росту вероятности перелова. Для краба-стригуна опилио более высокая продуктивность обеспечивает больший запас прочности: даже при вылове 18 тыс. т биомасса остается выше целевого ориентира, хотя риски превышения F_{MSY} возрастают до 43%. Наилучшие результаты с точки зрения баланса между выловом и сохранением запаса демонстрирует динамическое правило регулирования промысла (ПП) с обратной связью по биомассе, которое в 2026 г. рекомендует изъятие на уровне 14,5 тыс. т для камчатского краба и 19,8 тыс. т для краба-стригуна опилио при сохранении запаса в зеленой зоне.

В более широком контексте данное исследование вносит вклад в развитие методологии оценки запасов для видов-вселенцев, проходящих акклиматизационные циклы. Показано, что прямое применение стандартных продукционных моделей без учета исто-

рической траектории интродукции и пространственной структуры промысла может приводить к систематическому завышению ориентиров и создавать иллюзию недоиспользования ресурса. Предложенный подход, основанный на осторожной калибровке априорных распределений по современному состоянию запаса и фокусировке на эффективной емкости эксплуатируемых районов, представляет собой прагматичный и научно обоснованный компромисс, позволяющий гармонизировать требования биологической правдоподобности и управленческой стабильности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анисимова Н.А. К вопросу об акклиматизации камчатского краба в Баренцевом море // Камчатский краб в Баренцевом море. 2-е изд., перераб. и доп. Мурманск: ПИНРО, 2003. С. 10–22.

Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И. и др. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: ВНИРО, 2018. 312 с.

Баканев С.В. Результаты применения стохастической когортной модели CSA для оценки запаса камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в Баренцевом море // Вопр. рыболовства. 2008. Т. 9. № 2(34). С. 294–306.

Баканев С.В. Динамика популяции камчатского краба в Баренцевом море: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мурманск: ПИНРО, 2011. 24 с.

Баканев С.В. Оценка правила регулирования промысла камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в российских водах Баренцева моря // Тр. ВНИРО. 2016. Т. 163. С. 25–35.

Баканев С.В. Стандартизация производительности промысла камчатского краба в российских водах Баренцева моря в 2010–2018 гг. с помощью обобщенной линейной модели // Вопр. рыболовства. 2019. Т. 20. № 3. С. 363–373.

Баканев С.В. Пространственно-временной анализ динамики запаса камчатского краба в Баренцевом море с использованием sdm методов // Вопр. рыболовства. 2025. Т. 26. № 4. С. 113–126. DOI: 10.36038/0234-2774-2025-26-4-113-126.

Буяновский А.И., Бизиков В.А., Баканев С.В. и др. Методы оценки запасов крабов и крабоидов с рекомендациями по их применению. М.: ВНИРО, 2023. 244 с.

Карневич А.Ф. Акклиматизация гидробионтов и научные основы аквакультуры. Избранные труды. Т. 2. Памятники исторической мысли: М., 1998. 870 с.

Правила регулирования промысла приоритетных видов крабов и крабоидов: утв. приказом ФГБНУ «ВНИРО» от 10.04.2023 № 81. М.: ВНИРО, 2023.

Приказ Росрыболовства от 06.02.2015 № 104 «О представлении материалов, обосновывающих общие допустимые уловы водных биологических ресурсов...». М.: Росрыболовство, 2015.

Стецько А.В. О перспективах использования запаса камчатского краба в территориальных водах России в Баренцевом море // Тр. ВНИРО. 2024. Т. 196. С. 5–18. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-196-5-18.

Baumgartner T.R., Soutar A., Ferreira-Bartrina V. Reconstruction of the history of Pacific sardine and Northern Pacific anchovy populations over the past two millennia from sediments of the Santa Barbara basin // California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports. 1992. V. 33. P. 24–40.

Congdon P. Bayesian Statistical Modelling. Chichester: Wiley, 2001. 556 p.

Cury P., Bakun A., Crawford R.J.M. et al. Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in «wasp-waist» ecosystems // ICES Journal of Marine Science. 2000. V. 57. P. 603–618.

Eriksen E., Gjørseter H., Prozorkevich D. et al. From single species surveys towards monitoring of the Barents Sea ecosystem // Progress in Oceanography. 2018. V. 166. P. 4–14.

Gelman A., Rubin D.B. Inference from iterative simulation using multiple sequences // Statistical Science. 1992. V. 7. № 4. P. 457–472.

Gilks W.R., Richardson S., Spiegelhalter D.J. Markov Chain Monte Carlo in Practice. London: Chapman and Hall, 1996. 486 p.

Haddon M. Using R for Modelling and Quantitative Methods in Fisheries. Boca Raton: CRC Press, 2020. 337 p.

Hilborn R., Walters C.J. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. New York: Chapman and Hall, 1992. 570 p.

Hjelset A.M., Danielsen H.E.H., Jenssen M. et al. Snøkrabbe på norsk sokkel i Barentshavet – Status og rådgivning for 2025 // Rapport fra havforskningen. 2024. № 2024-44. 32 s.

Hjelset A.M., Zimmermann F., Ono K. et al. Kongekrabbe i norsk sone – Status og rådgivning for 2026 // Rapport fra havforskningen. 2025. № 2025-75. 39 s.

ICES. ICES fisheries management reference points for category 1 and 2 stocks. Technical Guidelines // Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, Section 16.4.3.1. 2021. DOI: 10.17895/ices.advice.7891.

ICES. Eleventh workshop on the development of quantitative assessment methodologies based on LIFE-history traits, exploitation characteristics, and other relevant parameters for data-limited stocks (WKLIFE XI) // ICES Scientific Reports. 2023. V. 5. № 21.

Kokkalis A., Berg C.W., Kapur M.S. et al. Good practices for surplus production models // Fisheries Research. 2024. V. 275. Art. 107010. DOI: 10.1016/j.fishres.2024.107010.

McAllister M.K., Kirkwood G.P. Bayesian stock assessment: a review and example application using the logistic model // ICES Journal of Marine Science. 1998. V. 55. № 6. P. 1031–1060.

Pedersen M.W., Berg C.W. A stochastic surplus production model in continuous time // Fish and Fisheries. 2017. V. 18. № 2. P. 226–243.

Pella J.J., Tomlinson P.K. A generalized stock production model // Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission. 1969. V. 13. № 3. P. 421–496.

Schaefer M.B. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries // Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission. 1954. V. 1. № 2. P. 27–56.

Spiegelhalter D.J., Thomas A., Best N.G. WinBUGS Version 1.3 User Manual. Cambridge: MRC Biostatistics Unit, 2000. 59 p.

Stergiou K.I., Tsikliras A.C. Fishing down, fishing through and fishing up: fundamental process versus technical details // *Marine Ecology Progress Series*. 2011. V. 441. P. 295–301. DOI: 10.3354/meps09377.

Sundet J.H., Hoel A.H. The Norwegian management of an introduced species: the Arctic red king crab fishery // *Marine Policy*. 2016. V. 72. P. 123–128. DOI: 10.1016/j.marpol.2016.06.021.

Winker H., Carvalho F., Kapur M. JABBA: Just Another Bayesian Biomass Assessment // *Fisheries Research*. 2018. V. 204. P. 275–288. DOI: 10.1016/j.fishres.2018.03.010.

Zheng J., Murphy M.C., Kruse G.H. A length-based approach to estimating population abundance of early juvenile red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in Bristol Bay, Alaska // *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1997. V. 125. P. 167–174.

Приложение 1.

Российский и норвежский вылов (т) камчатского краба и краба-стригуна опилио в Баренцевом море в 1994–2025 гг.

Год	Камчатский краб			Краб-стригун опилио		
	Россия		Норвегия	Россия		Норвегия
	Вылов, т	ОДУ, т	Вылов, т	Вылов, т	ОДУ, т	Вылов, т
1994	22,20	40,7	38,5			
1995	8,50	37,4	38,5			
1996	24,00	60	52,5			
1997	63,00	63	52,5			
1998	90,30	105	87,5			
1999	142,50	142,5	131,25			
2000	112,50	112,5	131,25			
2001	300,00	300	350			
2002	900,00	900	350			
2003	1920,00	1920	700			
2004	1101,82	1500	980			
2005	7295,00	4480	1223			
2006	12653,83	14600	1041			
2007	11188,90	12720	1267			
2008	9291	12480	5199			
2009	6309	10400	5628			
2010	3940	4000	1905			
2011	3702	4000	1782			
2012	5209	5500	1438			22
2013	5531	6000	1321	62		189
2014	5995	6000	1695	4104		2065
2015	6381	6900	2175	8895		4983
2016	8300	8510	2639	7699	1600	6933
2017	9285	9940	1945	7840	7870	3101
2018	9187	9940	2312	9728	9840	2812
2019	9836	9940	1727	9778	9840	4049
2020	10820	10940	2081	13202	13250	4387
2021	11629	11820	2122	14513	14575	6861
2022	12529	12690	1985	15847	15900	7960
2023	10420	12690	2419	13654	15900	7643
2024	12468	12690	928	11729	15900	10464
2025	12473	12690	1176	12627	15900	12725

Нормированные индексы относительного обилия биомассы камчатского краба и краба-стригуна опилио в Баренцевом море в 1994–2025 гг., использованные при настройке продукционной модели (среднее значение каждого ряда приведено к единице)

	Камчатский краб			Краб-стригун опилио	
	CSA	CPUE	SURVEY	BESS	CPUE
1994	0,08	—	—	—	—
1995	0,08	—	—	—	—
1996	0,12	—	—	—	—
1997	0,14	—	—	—	—
1998	0,18	—	—	—	—
1999	0,21	—	—	—	—
2000	0,31	—	—	—	—
2001	0,43	—	—	—	—
2002	1,13	—	—	—	—
2003	2,15	—	—	—	—
2004	2,59	—	—	0,01	—
2005	2,60	—	—	0,02	—
2006	2,45	0,82	—	0,03	—
2007	1,75	0,65	—	0,03	—
2008	1,22	0,41	—	0,16	—
2009	0,72	0,36	—	0,19	—
2010	0,68	0,37	—	0,11	—
2011	0,91	0,45	—	0,40	—
2012	1,25	0,68	—	1,41	—
2013	—	1,11	—	1,28	0,82
2014	—	1,63	—	1,29	1,19
2015	—	1,50	—	1,06	0,71
2016	—	1,18	—	0,16	0,59
2017	—	1,22	1,45	3,19	1,59
2018	—	1,71	1,50	5,69	1,34
2019	—	1,43	1,55	—	1,62
2020	—	1,37	1,08	—	1,35
2021	—	1,43	1,29	—	1,18
2022	—	1,13	0,52	—	0,82
2023	—	0,98	0,66	—	0,57
2024	—	0,80	0,46	—	0,57
2025	—	0,79	0,48	—	0,66

REVISION OF BIOLOGICAL REFERENCE POINTS FOR THE RED KING CRAB AND SNOW CRAB IN RUSSIAN WATERS OF THE BARENTS SEA: ACCOUNTING FOR SPATIAL HETEROGENEITY, ACCLIMATIZATION NATURE AND ASSESSMENT UNCERTAINTY

© 2026 г. S.V. Bakanev, A.V. Stesko

*Polar branch of the State Scientific Center of the «VNIRO»,
Russia, Murmansk, 183038*

The paper presents the results of a revision of biological reference points for the management of red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) and snow crab (*Chionoecetes opilio*) stocks in the Russian exclusive economic zone of the Barents Sea. The work is based on official catch time series and relative abundance indices for the periods 1994–2025 (for red king crab) and 2004–2025 (for snow crab). Using a Bayesian stochastic Schaefer surplus production model implemented in the JABBA package, a retrospective stock dynamics assessment, sensitivity analysis to prior parameter distributions, and projection modeling under various harvest scenarios were performed. Special attention is paid to methodological problems arising when assessing acclimatized populations: violation of the initial equilibrium condition, insufficient contrast in time series, and the need to distinguish between global and effective environmental carrying capacity. It has been established that the decline in commercial biomass of both species observed since 2020 reflects the end of the acclimatization outbreak phase and the transition to a new dynamic equilibrium. New estimates of reference points were obtained: for red king crab, $MSY = 13,7$ ktons, $B_{tr} = 91$ ktons, $B_{lim} = 27$ ktons, $F_{tr} = 0,15$; for snow crab, $MSY = 17,7$ ktons, $B_{tr} = 116$ ktons, $B_{lim} = 35$ ktons, $F_{tr} = 0,15$. Projection scenarios up to 2035 show that exceeding an annual catch of 14 thousand t for red king crab and 18 thousand t for snow crab is accompanied by an increased risk of the stock falling below the target reference point. The best balance between harvest level and stock conservation is provided by a dynamic harvest control rule with biomass feedback. The proposed reference points comply with the precautionary approach principles and are recommended for inclusion in regulatory documents governing crab fisheries in the Barents Sea.

Keywords: red king crab, snow crab, Barents Sea, surplus production model, JABBA, reference points, management benchmarks, acclimatization, spatial heterogeneity, Bayesian analysis, MSY.

РОЛЬ И ЗНАЧИМОСТЬ АККРЕДИТАЦИИ РОССИЙСКОЙ СИСТЕМЫ НАУЧНОГО НАБЛЮДЕНИЯ В РАЙОНЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ КОМИССИИ ЮТО

© 2026 г. Г.Е. Маслянкин (spin: 8473-9191), М.М. Дубищук (spin: 9238-7177)

*Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» (АтлантНИРО),
Россия, Калининград, 236022
E-mail: maslyankin@atlant.vniro.ru*

Поступила в редакцию 19.03.2026 г.

Статья посвящена анализу российской системы научного наблюдения на рыбном промысле в районе регулирования Комиссии ЮТО в контексте прохождения аккредитации в рамках указанной организации. Сделан краткий обзор отечественного рыбного промысла в районе ЮВТО и проведен анализ применения Комиссией ЮТО данных научных наблюдателей. В работе уделяется внимание характеристике российской системы научного наблюдения на рыбном промысле в целом и в рамках Комиссии ЮТО в частности. Представлен алгоритм проведения аккредитации российской системы научного наблюдения на рыбном промысле в районе регулирования Комиссии ЮТО. Предлагаются подходы по совершенствованию законодательной части российской системы научного наблюдения. *Ключевые слова:* научные наблюдатели, российская система научного наблюдения, Комиссия ЮТО, аккредитация, юго-восточная часть Тихого океана.

ВВЕДЕНИЕ

Юго-восточная часть Тихого океана (ЮВТО) представляет собой один из наиболее продуктивных районов Мирового океана, характеризующийся высоким биологическим разнообразием и значительным промысловым потенциалом. Мощная система прибрежного апвеллинга, формируемая динамикой течений Гумбольдтовой системы, обуславливает исключительно высокую первичную продуктивность вод данного региона (Chavez et al., 2008; Vakun, Weeks, 2008). Сложная гидрологическая структура вод открытой части Тихого океана создает условия для формирования масштабных скоплений пелагических гидробионтов, в том числе ставриды чилийской (*Trachurus murphyi* Nichols, 1920) и скумбрии перуанской (*Scomber japonicus peruanus* Jordan & Hubbs, 1925), которые являются ключевыми объектами экспедиционного промысла, кальмара-дозидикуса (*Dosidicus gigas* D'Orbigny, 1835) и других промысловых

объектов. На протяжении десятилетий этот район является зоной стратегических интересов ряда государств, осуществляющих экспедиционное рыболовство: России, Китая, Республики Корея, государств Европейского союза и других, для которых доступ к ресурсам ЮВТО составляет важнейшую компоненту обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого функционирования рыбохозяйственного комплекса.

Осознание необходимости многостороннего регулирования промысла в открытых водах южной части Тихого океана привело к созданию в 2012 г. Региональной организации по управлению рыболовством в южной части Тихого океана (South Pacific Regional Fisheries Management Organisation, SPRFMO, Комиссия ЮТО), ее «Конвенция о сохранении и управлении рыбными ресурсами в южной части Тихого океана» вступила в силу 24 августа 2012 г. (Convention, 2012). Конвенционный район Комиссии ЮТО охватывает

обширные пространства открытого моря в южной части Тихого океана, не подпадающие под юрисдикцию прибрежных государств и не охваченные мандатом других региональных рыбохозяйственных организаций (РФМО). Российская Федерация является участницей Конвенции и активно осуществляет промысел в данном районе, что обуславливает необходимость соблюдения всего комплекса мер по сохранению и управлению (Conservation and Management Measures, СММ), принимаемых Комиссией ЮТО. Научным сопровождением промысла в районе регулирования (РР) Комиссии ЮТО занимается Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»). Именно этот институт отвечает за подготовку научных наблюдателей, сбор и анализ данных по промыслу в регионе (Дубищук, 2022, 2023).

Вместе с тем регулирование рыболовства в конвенционном районе Комиссии ЮТО сопряжено с рядом существенных проблем. Многовидовой характер промысла, эксплуатация ресурсов группировками флота различных государств, значительная пространственная протяженность района, сложность мониторинга деятельности судов различных флагов, а также ограниченность научных данных о состоянии запасов отдельных видов создают серьезные вызовы для принятия научно обоснованных управленческих решений. Проблема объективной оценки промысловых усилий и вылова, видового и размерного состава уловов, уровня прилова и выбросов, а также воздействия промысла на уязвимые морские экосистемы (Vulnerable Marine Ecosystems, VME) остается одной из центральных в деятельности организации. В этих условиях особую значимость приобретает функционирование эффективной, открытой и прозрачной системы научного наблюдения на промысловых судах.

Научные наблюдатели, работающие на борту рыболовных судов, являются ключевым источником первичной научной информации, независимой от данных промысловой отчет-

ности. Они осуществляют сбор биологических данных, фиксацию параметров промысловых операций, мониторинг прилова, взаимодействия с морскими птицами и морскими млекопитающими, а также документирование случаев обнаружения признаков уязвимых морских экосистем. Регламентация деятельности научных наблюдателей в рамках Комиссии ЮТО закреплена в соответствующих СММ, устанавливающих, в частности, минимальные требования к покрытию наблюдателями промыслового усилия, стандарты сбора данных и требования к подготовке наблюдателей (СММ 02-2025, СММ 16-2025).

Принципиально важным элементом системы научного наблюдения в Комиссии ЮТО является механизм аккредитации национальных программ научного наблюдения. Комиссия ЮТО предъявляет к государствам-членам и сотрудничающим сторонам требования по обеспечению соответствия их программ научного наблюдения установленным стандартам, включая независимость наблюдателей, полноту и качество собираемых данных, квалификацию персонала и наличие системы контроля качества. Прохождение процедуры аккредитации является необходимым условием допуска национальных наблюдателей к работе в конвенционном районе и, по существу, служит гарантией признания собранных ими данных Научным комитетом организации. Для Российской Федерации успешная аккредитация национальной системы научного наблюдения представляет не только формальное обязательство в рамках членства в Комиссии ЮТО, но и практическую необходимость для обеспечения бесперебойной работы национальной системы научного наблюдения (НСНН) на судах отечественного экспедиционного флота в данном районе, защиты национальных квот и полноценного участия в научно-исследовательском процессе организации.

Цель работы – анализ российской системы научного наблюдения на рыбном промысле в районе регулирования Комиссии

ЮТО в контексте прохождения аккредитации в рамках указанной организации.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- сделать краткий обзор отечественного рыбного промысла в районе ЮВТО;
- провести анализ применения Комиссией ЮТО данных научных наблюдателей;
- характеристика российской системы научного наблюдения на рыбном промысле в целом и в районе регулирования Комиссии ЮТО в частности;
- представить алгоритм проведения аккредитации российской системы научного наблюдения на рыбном промысле в районе регулирования Комиссии ЮТО;
- предложить подходы по совершенствованию законодательной части российской системы научного наблюдения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы материалы рейсовых отчетов научных наблюдателей, выполняющих сбор промыслово-биологической информации в районе Комиссии ЮТО за период 2015, 2017–2024 гг., данные судовых суточных донесений по району ЮВТО, а также информация различных интернет-источников.

Основным материалом послужила действующая нормативно-правовая база в области аккредитации системы научного наблюдения Комиссии ЮТО. Методология разработки документационного обеспечения процесса аккредитации включала четыре этапа:

1. Анализ требований Комиссии ЮТО по аккредитации системы научного наблюдения.
2. Проектирование списка и структуры документов.
3. Подготовка содержания документов.
4. Экспертная оценка подготовленных документов.

В ходе работы были проанализированы положения основных СММ (СММ 01-2025, СММ 02-2025, СММ 16-2025) и Конвенции

Комиссии ЮТО в части касающейся аккредитации системы научного наблюдения. Были систематизированы аккредитационные критерии и показатели, на основе метода декомпозиции были выделены ключевые блоки требований по аккредитации. Для повышения качества итоговых документов проведен сравнительный анализ международных стандартов аккредитации различных РФМО. Необходимые документы разрабатывались с учетом стандартов и требований предъявляемых Комиссией ЮТО. На каждом этапе проводилась экспертная оценка качества разработанных документов.

В рамках проведенных работ по аккредитации российской программы научного наблюдения в соответствии с требованиями Комиссии ЮТО было подготовлено более 100 документов на русском и английском языках.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Отечественный рыбный промысел в районе ЮВТО

Интерес России к южной части Тихого океана имеет давнюю историю. Именно советскими учеными в 1978 г. были впервые открыты сырьевые ресурсы этого района. В период с 1978 по 1991 гг. здесь было проведено 268 научно-поисковых и 80 научно-исследовательских экспедиций СССР и России (Нестеров и др., 2010; Нестеров, Каширин, 2019; Кухоренко, Маслянкин, 2020). Ключевым объектом промысла для российского флота здесь является ставрида, запасы которой имеют трансграничный характер, мигрируя между исключительными экономическими зонами (ИЭЗ) прибрежных государств (Чили и Перу) и открытыми водами конвенционного района Комиссии ЮТО. В современной истории (2015–2024 гг.) российский промысел в РР Комиссии ЮТО вели от одного до трех крупнотоннажных траулеров, специализирующихся на вылове ставриды и скумбрии. Всего за этот период в РР работали 4 крупнотоннажных российских траулера: РТМКС «Александр Косарев»,

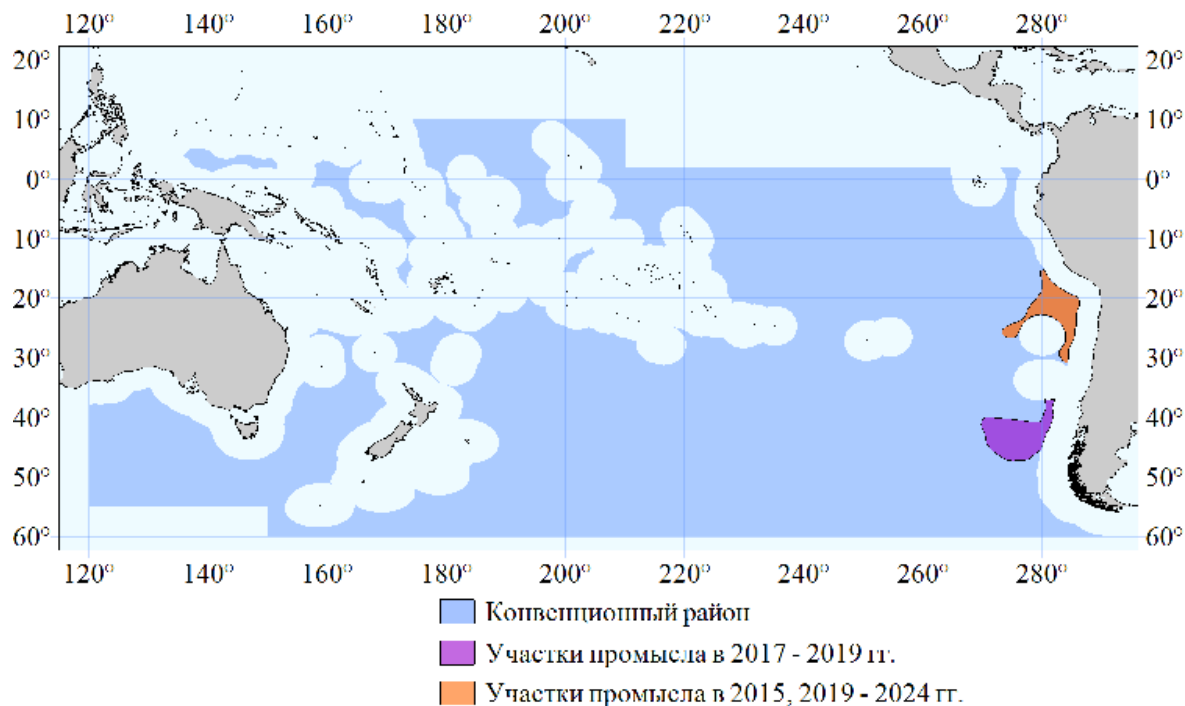


Рис. 1. Конвенционный район Комиссии ЮТО и участки промысла российских траулеров в 2015–2024 гг.

РТМКС «Адмирал Шабалин», РТМКС «Майронис» и БМРТ «Командор» (рис. 1).

Пик вылова пришелся на 2023 г., когда российскими судами было добыто 43,3 тыс. т ставриды и 17,1 тыс. т скумбрии, а общий вылов составил 60,4 тыс. т биоресурсов. В 2024 г. общий вылов снизился до 18,0 тыс. т, что может быть связано с природным феноменом Эль-Ниньо (рис. 2).

В 2025 г. промысловая деятельность российского флота в ЮВТО не осуществлялась.

Согласно последним решениям Комиссии ЮТО по предварительным данным, объем квоты ставриды для Российской Федерации в 2026 г. установлен на уровне 54 тыс. т. Исходя из среднего удельного веса скумбрии в структуре уловов российского флота за период 2020–2024 гг., составляющего около 27%, при условии освоения квоты по ставриде в полном объеме, прогнозируемый объем добычи скумбрии в 2026 г. может достичь порядка 15 тыс. т.

Вместе с тем фактический объем российского вылова пелагических видов рыб в

РР Комиссии ЮТО в 2026 г. будет обусловлен не только действующими мерами регулирования промысла, но и пространственно-временной доступностью промысловых скоплений ставриды и скумбрии, которая в значительной степени определяется гидрологическими и климатическими условиями, включая явления Эль-Ниньо и Ла-Нинья (Arcos et al., 2001; Bertrand et al., 2004). На основании анализа текущего состояния цикла Эль-Ниньо-Южное колебание и прогностических моделей (NOAA, 2026), в ЮВТО в 2026 г. наиболее вероятны нейтральные океанологические условия. Данный сценарий предполагает стабилизацию промысловой обстановки и формирование скоплений ставриды и скумбрии в открытых водах за пределами ИЭЗ прибрежных государств.

При этом существенным фактором риска для устойчивого ведения промысла является трансграничный характер распространения указанных видов: преобладающая доля запасов ставриды и скумбрии сосредоточена в пределах ИЭЗ Перу и Чили, что обусловли-

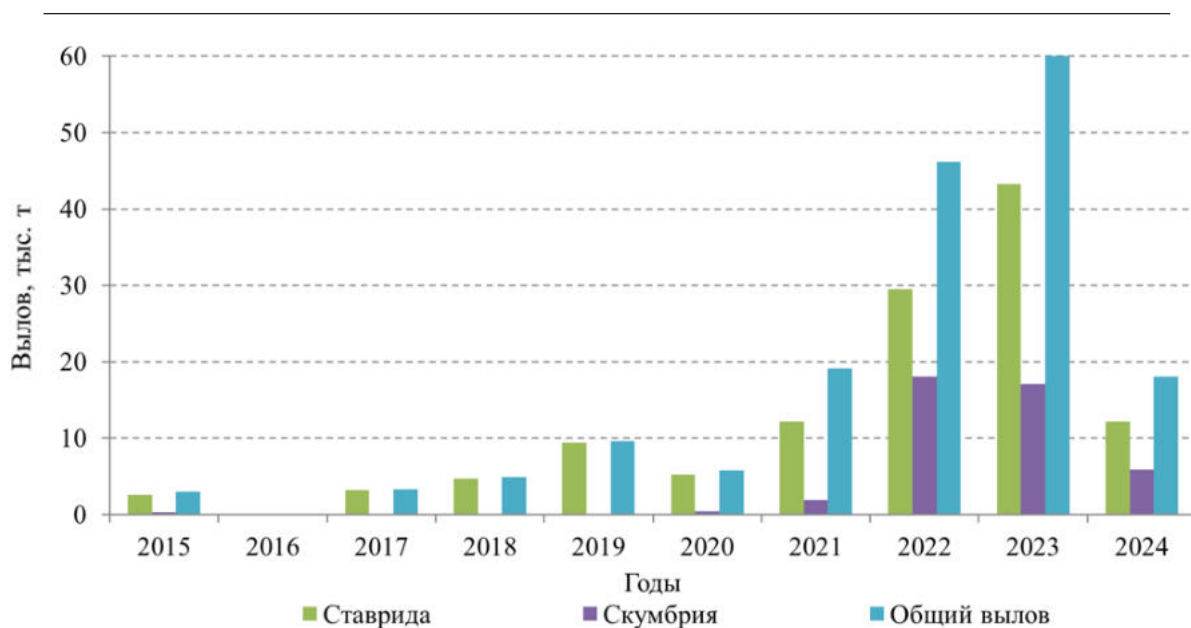


Рис. 2. Российский вылов в конвенционном районе Комиссии ЮТО в 2015–2024 гг.

вает высокую чувствительность промысла в открытых водах к изменениям в миграционном поведении рыб и к потенциальному сокращению доступных скоплений за пределами национальных юрисдикций.

Российская система научного наблюдения на рыбном промысле

Эффективность деятельности РФМО, включая Комиссию ЮТО, фундаментально зависит от способности государств-членов реализовывать принятые меры на национальном уровне. Согласно принципам международного морского права и Соглашения ООН о трансграничных рыбных запасах, основная ответственность за контроль за судами, плавающими под их флагом, возлагается на государство флага (United Nations, 1995). В контексте Комиссии ЮТО это означает, что СММ, касающиеся научного наблюдения, не имеют прямой юридической силы внутри национальных юрисдикций до момента их трансформации в национальное законодательство.

Таким образом, национальная система научного наблюдения выступает ключевым интерфейсом между нормативами РФМО и практической деятельностью промысловых судов.

Центральным документом, регламентирующим данную сферу, является Мера по сохранению и управлению 16 «Программа научного наблюдения» (СММ 16-2025). НСНН должны обеспечивать не только физическое присутствие наблюдателей, но и сбор стандартизированных данных об уловах, прилове, усилиях и взаимодействиях с уязвимыми морскими экосистемами. Имплементация этих требований требует от государств-членов создания нормативной базы, обязывающей судовладельцев предоставлять доступ наблюдателям и финансировать программы наблюдения. Ввиду отсутствия такой нормативной базы в России данную роль выполняют меморандумы о взаимопонимании о научном наблюдении между научным институтом и рыбопромышленными компаниями (MoU), которые представляют собой гибкий инструмент договорного регулирования, направленный на формализацию сотрудничества в сфере сбора научных данных в ходе промысловой деятельности. В отличие от императивных норм международного или национального права, MoU носят рамочный характер и определяют принципы взаимодействия сторон, распределение обязательств и механизмы коорди-

нации без установления жестких санкционных режимов. МоU выполняют ряд ключевых функций, способствующих эффективной реализации требований к научному наблюдению.

Для научных институтов заключение МоU обеспечивает доступ к промышленным судам в районах, труднодоступных для специализированных исследовательских экспедиций, возможность сбора репрезентативных данных в режиме реального времени, снижение затрат на логистику за счет использования инфраструктуры флота. Для рыбопромышленных компаний преимущества включают демонстрацию добросовестного соблюдения требований РФМО и национального законодательства, что укрепляет репутацию на международных рынках, получение обратной связи от ученых по результатам наблюдений, что может способствовать оптимизации промысловых стратегий, снижение рисков административных санкций за счет прозрачности деятельности и документально подтвержденного сотрудничества с научным сообществом.

Поскольку Комиссия ЮТО делегирует государствам флага ответственность за обеспечение научного наблюдения, национальные научные институты, действуя на основании МоU, фактически реализуют эту функцию. Данные, собранные в рамках таких соглашений, после проверки качества передаются в Секретариат Комиссии ЮТО и используются для оценки запасов, разработки мер управления и мониторинга эффективности регулирования, таким образом, МоU формируют важное звено в цепочке «судно – национальный орган – региональная организация».

Россия реализует требования Комиссии ЮТО через национальную систему научного наблюдения, которая обеспечивает:

- размещение российских научных наблюдателей на судах, ведущих промысел в РР Комиссии ЮТО, в объемах, соответствующих требованиям СММ;

- сбор наблюдательских данных по программе Комиссии ЮТО (уловы, биология, приловы, информация по VME и др.);

- последующая передача агрегированных данных в Секретариат Комиссии ЮТО через уполномоченные научные организации (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Росрыболовство);

- подготовка национальных отчетов о промысле и исследованиях для Научного комитета Комиссии ЮТО;

- анализ последствий, вводимых СММ для российского флота и выработка научно обоснованных предложений по их корректировке;

- оснащение судов системой спутникового мониторинга и передача данных в соответствии с требованиями VMS Комиссии ЮТО;

- соблюдение ограничений по районам и глубинам лова, по орудиям лова;

- отчетность по выловам и усилию в стандартизированном формате Комиссии ЮТО.

Российская система научного наблюдения на рыбном промысле сформирована преимущественно филиалами ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» и в основном осуществляется силами сотрудников этих институтов. Российские научные наблюдатели выполняют сбор промыслово-биологической информации в многочисленных водных объектах России, а также – в ближних и удаленных, относительно нашей страны, промысловых районах. Значительную роль играют результаты работы наблюдателей на промысле водных биологических ресурсов (ВБР) в международном сотрудничестве России в рамках региональных организаций и двусторонних межправительственных Соглашений с прибрежными странами (Маслянкин и др., 2022 а; Маслянкин и др., 2022 б).

Программа научных наблюдений в РР Комиссии ЮТО выполняет двойственную функцию: с одной стороны, она является инструментом независимого сбора научных данных, необходимых для оценки запав

сов и экосистемного мониторинга, с другой стороны, наблюдатели осуществляют контроль соблюдения мер сохранения и управления непосредственно на промысловых судах. Такое сочетание научных и контрольных задач характерно для наблюдательских программ большинства РФМО, однако в контексте Комиссии ЮТО оно приобретает особую значимость в силу удаленности районов промысла, затрудняющей иные формы мониторинга (Gilman et al., 2014).

Начиная с 2015 г. в АтлантНИРО ежегодно осуществляется подготовка и отправка наблюдателей для работы в РР Комиссии ЮТО (Маслянкин, Гулюгин, 2021; Гулюгин, Маслянкин, 2022). Все наблюдатели, участвовавшие в программах подготовки, являются сотрудниками АтлантНИРО, в основном это ихтиологи с университетским образованием и с большим опытом работы в экспедиционных условиях на научно-исследовательских и промысловых судах.

Перед размещением наблюдателя на судне, работающем в зоне действия Конвенции ЮТО, наблюдатели дополнительно инструктируются относительно обновленных Мер по сохранению и управлению, применимых к промыслу ставриды в районе южной части Тихого океана и относительно обязательств наблюдателя в отношении методов и объема собираемых данных.

В АтлантНИРО действует внутренний распорядок в отношении требований к квалификации и безопасности научных наблюдателей. Для всех направляемых на промысловые суда наблюдателей проводится морская подготовка в специализированных национальных учебных центрах с выдачей соответствующих сертификатов в соответствии с национальными правилами и требованиями Международной Конвенции подготовки и дипломирования моряков и несения вахты.

В 2021 г. в АтлантНИРО состоялись курсы повышения квалификации по теме «Подготовка международных наблюдателей для работы на российских судах тралового

лова в районе регулирования Региональной организации по управлению рыболовством в южной части Тихого океана» (Маслянкин, Гулюгин, 2022).

Действующие меры сохранения и управления (СММ 01-2025 и СММ 02-2025) устанавливают минимальные требования к уровню наблюдательского покрытия в зависимости от типа промысла. Для пелагического тралового промысла ставриды, являющегося основным видом деятельности российского флота в районе, установлен минимальный уровень покрытия: как минимум 10% охвата научными наблюдателями рейсов траулеров, в случае если судно совершает не более 2 рейсов, то 10% охват наблюдателями рассчитывается исходя из количества промысловых дней. Под рейсом в данном случае понимается совокупность операций между выходом судна из порта на промысел и до возвращения в порт для выгрузки рыбопродукции (СММ 01-2025). Периоды работы российских промысловых судов в районе ЮВТО и период научных наблюдений за период с 2015 по 2024 гг. представлены на диаграмме Ганта (рис. 3).

Данные, собранные российскими наблюдателями, охватывают все основные категории информации, предусмотренные протоколами Комиссии ЮТО. В области отбора биологических проб это прежде всего массивы размерных промеров ставриды, материалы по возрастному составу (отолиты), данные о половой структуре и степени зрелости гонад, а также сопутствующая информация о гидрологических условиях в районе промысла. Качество и объем отолитных проб имеют критическое значение для построения возрастных ключей и определения размерно-возрастной структуры вылова, что, в свою очередь, является одним из ключевых входных параметров статистической модели оценки запаса JJM (Joint Jack Mackerel model), используемой Научным комитетом Комиссии ЮТО. Ценность данных, собираемых наблюдателями на российских судах, определяется не только их объемом, но и тем обстоятельством, что российский

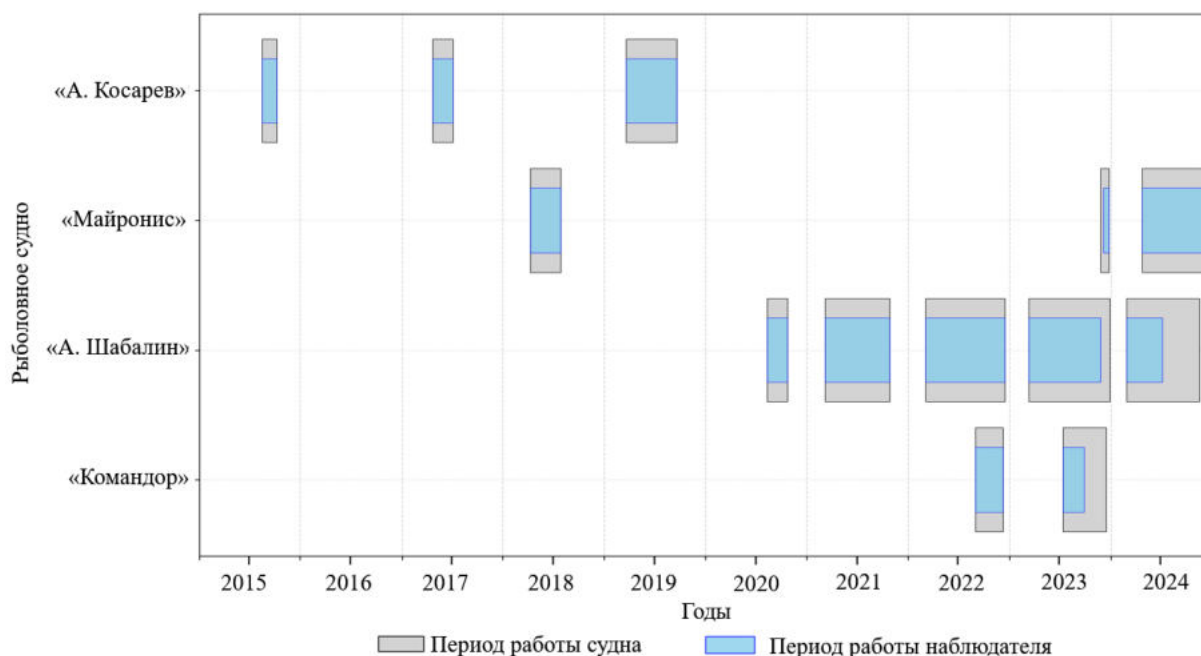


Рис. 3. Работа научных наблюдателей на российских рыболовных судах в южной части Тихого океана (РР Комиссии ЮТО) в 2015–2024 гг.

флот зачастую ведет промысел в районах и в сезоны, которые не всегда охвачены промыслом других стран (Дубицук, 2021, 2024). Это обеспечивает пространственно-временную репрезентативность общего массива данных, используемых при оценке запаса.

Данные о прилове, собираемые российскими наблюдателями, свидетельствуют о том, что пелагический траловый промысел ставриды характеризуется относительно низким уровнем случайного вылова нецелевых видов. Основу прилова, как правило, составляют другие пелагические виды рыб, обитающие в той же водной толще, в то время как случаи попадания в тралы морских птиц, млекопитающих или черепах отсутствуют. Это согласуется с общими представлениями о сравнительно невысоком экосистемном воздействии пелагического тралового промысла по сравнению, например, с ярусным ловом, при котором проблема прилова морских птиц носит значительно более острый характер (Watkins et al., 2008; Anderson et al., 2011).

На протяжении всего современного этапа промысла в ЮВТО Россия обеспечивала

выполнение установленных требований по размещению наблюдателей на пелагическом промысле. Данные, собранные российскими наблюдателями, регулярно использовались в официальных оценках запаса чилийской ставриды и в экосистемном мониторинге. Россия за 2015–2024 гг. обеспечивала самый высокий процент покрытия промысла наблюдениями среди всех стран-участниц и ни разу не получила замечаний по наблюдательской программе в районе ЮВТО. Таким образом российские научные наблюдения на судах в РР Комиссии ЮТО являются одним из лучших примеров выполнения международных обязательств по пелагическому траловому промыслу в конвенционном районе ЮВТО.

Аккредитация российской системы научного наблюдения на рыбном промысле

С 1 января 2027 г. вступают в силу новые, более строгие требования, предъявляемые к системе научного наблюдения в РР Комиссии ЮТО: все страны-члены Комиссии обязаны направлять наблюдателей только от национальных программ или поставщиков услуг, которые прошли аккредитацию в рамках

Программы наблюдателей Комиссии ЮТО. Аккредитация проводится в рамках специальной меры по сохранению и управлению СММ 16-2025 и действует пять лет, после чего требуется повторная оценка. Неаккредитованные НСНН можно использовать до 31 декабря 2026 г.

Перед НСНН, проходящей процедуру аккредитации в Комиссии ЮТО, стоит комплекс взаимосвязанных задач научного, организационного и международно-правового характера. На текущем этапе Комиссия ЮТО устанавливает 13 стандартов для признания НСНН, которые можно классифицировать по 4 основным направлениям:

1. Институциональная независимость и прозрачность: аккредитуемая система должна гарантировать независимость наблюдателей от экипажа судна и судовладельца. Требуется наличие четкого протокола назначения, ротации и отчетности наблюдателей, исключающего конфликт интересов.

2. Профессиональная компетентность: обязательным является наличие утвержденных программ подготовки наблюдателей, включающих модули по идентификации видов, сбору данных, технике безопасности и процедурам контроля за соблюдением СММ.

3. Техническое обеспечение и передача данных: система должна обеспечивать своевременную передачу данных в Секретариат Комиссии ЮТО в установленных форматах.

4. Безопасность наблюдателей и урегулирование споров: система должна продемонстрировать, что размещение и работа наблюдателя на судне соответствует международным стандартам безопасности и имеются четкие протоколы урегулирования потенциальных конфликтных ситуаций.

Заявку на аккредитацию НСНН Россия подавала еще в 2024 г., однако в ходе 12-ого заседания Комитета по соблюдению и техническим вопросам Комиссии ЮТО была выявлена невозможность оценить НСНН России аккредитационным органом Комис-

сии ЮТО (MRAG, Великобритания) в связи с действующими санкциями. Данная проблема была решена в 2025 г. путем привлечения к сотрудничеству независимого консультанта Терезы Атайде (Франция). В период с августа по декабрь 2025 г. Тереза Атайде проводила аккредитацию программы научного наблюдения Российской Федерации по 13 установленным Комиссией ЮТО критериям и подготовила итоговый отчет об оценке. За аккредитацию НСНН со стороны России отвечал АтлантНИРО. Для подтверждения соответствия российской программы научного наблюдения требованиям Комиссии ЮТО было подготовлено более 100 документов на русском и английском языках. На основании итогового отчета по аккредитации эксперт присвоил оценку «ПРОЙДЕНО» по каждому из 13 критериев аккредитации, что означает отсутствие выявленных проблем, препятствующих соответствию минимальным стандартам, предъявляемым Комиссией ЮТО к программам научного наблюдения (таблица).

Итоговое решение об аккредитации было принято на 14-й сессии Комиссии ЮТО в марте 2026 г. после рассмотрения отчета об аккредитации на 13-й сессии Комитета по соблюдению и техническим вопросам. После прохождения аккредитации Российская Федерация сможет размещать своих научных наблюдателей на судах, ведущих промысел в РР Комиссии ЮТО на протяжении 5 лет, затем процедуру аккредитации необходимо будет проходить повторно.

Успешное прохождение аккредитации НСНН имеет фундаментальное значение не только с точки зрения бюрократического соответствия, но и как стратегический актив государства в области рыболовства, позволяющий осуществлять научные наблюдения на борту промысловых судов в РР Комиссии ЮТО. Наличие аккредитованной НСНН, отвечающей самым высоким международным стандартам, существенно укрепляет позиции России в рамках Комиссии ЮТО. Аккредито-

Таблица. Итоговая таблица соответствия НСНН критериям аккредитации

№	Минимальный стандарт	Требования	Выполнено	Подготовлено документов
1	Беспристрастность, независимость и честность	5	5	8
2	Квалификация наблюдателя	1	1	25
3	Обучение наблюдателей	2	2	35
4	Инструкторы-наблюдатели	1	1	4
5	Брифинг и подведение итогов	2	2	12
6	Процесс проверки данных	2	2	15
7	Идентификационные карты наблюдателей	1	1	3
8	Координация размещения и распределения наблюдателей	4	4	10
9	Оборудование для обеспечения безопасности наблюдателей	1	1	3
10	Реагирование на обвинение в ненадлежащем поведении наблюдателя	1	1	1
11	Урегулирование споров	1	1	4
12	Безопасность наблюдателей	2	2	10
13	Страхование и ответственность	1	1	3

ванная программа научного наблюдения обеспечивает систематический поток высококачественных данных, необходимых для научного обоснования управленческих решений. Это имеет критическое значение в контексте:

- оценки состояния запаса ставриды — ключевого объекта многонационального промысла в южной части Тихого океана, где точность и полнота входных данных напрямую влияют на результаты моделирования и, как следствие, на определение общего допустимого улова и национальных квот;

- мониторинга воздействия промысла на экосистему, включая оценку прилова, взаимодействия с охраняемыми видами и воздействия на уязвимые морские экосистемы;

- адаптивного управления рыболовством, требующего оперативного получения достоверных данных для своевременной корректировки управленческих мер.

Прохождение аккредитации позволило приобрести огромный опыт в подготовке соответствующих документов также для совершенствования всей российской системы научного наблюдения на рыбном промысле, которая охватывает различные районы работ, виды промысла и отличается разнообразной и широкого спектра спецификой (Маслянкин и др., 2022 б).

Однако фактически в российском законодательстве отсутствует расшифровка понятия «научный наблюдатель» и нормативный документ, регламентирующий его права и обязанности, кроме краткого упоминания в Уставе рыбопромышленного флота (Устав службы..., 2020). Участники «Первой всероссийской конференции наблюдателей на промысле» неоднократно подчеркивали необходимость законодательного оформления статуса научного наблюдателя. В связи с этим было принято

решение разработать «Положение о научных наблюдателях» с целью дальнейшего внедрения его в действующее законодательство (Маслянкин и др., 2022 с). Подготовленное «Положение о научных наблюдателях» и опыт прошедшей аккредитации в рамках Комиссии ЮТО необходимо использовать в совершенствовании в целом российской системы научного наблюдения. Кроме того, пройденный опыт можно применять в рамках научного наблюдения рыбного промысла в других РФМО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2025 г. Россия предприняла важный шаг для обеспечения своего долгосрочного присутствия в конвенционном районе Комиссии ЮТО, проведя аккредитацию своей национальной системы научного наблюдения в рамках Программы научного наблюдения Комиссии ЮТО. Специалистами АтлантНИРО был подготовлен обширный пакет, включающий более 100 документов, подробно описывающих российскую НСНН по 13 стандартам. Независимый международный эксперт высоко оценил полноту и качество предоставленных материалов, отметив отличное сотрудничество с институтом. Итоговое решение об аккредитации было принято на 14-й сессии Комиссии ЮТО в марте 2026 г.

Аккредитация национальной системы научного наблюдения в РР Комиссии ЮТО представляет собой комплексный и многоаспектный процесс, требующий значительных организационных, кадровых и методологических усилий. Успешное прохождение данной процедуры является не просто формальным условием выполнения международных обязательств, но и стратегически значимым шагом, обеспечивающим легитимность национального научного наблюдения, укрепляющим научную базу для защиты интересов государства в международных рыбохозяйственных организациях и создающим платформу для дальнейшего развития отечественной системы рыбохозяй-

ственных исследований в Мировом океане. В условиях усиления международных требований к прозрачности и научной обоснованности управления морскими биоресурсами, наличие аккредитованной системы научного наблюдения приобретает значение ключевого фактора, определяющего возможности полноценного участия в международном управлении рыболовством.

Также наработанный опыт успешной аккредитации может быть использован для аккредитации национальных программ наблюдения в других РФМО, где Россия осуществляет промысловую деятельность, а также в совершенствовании на законодательном уровне в целом российской системы научного наблюдения на рыбном промысле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гулюгин С.Ю., Маслянкин Г.Е. Результаты работы наблюдателей АтлантНИРО на промысле в океанических районах в 2000–2021 годы // Материалы Первой Всеросс. конфер. наблюдателей на промысле (Калининград, 13–17 сентября 2021 г.). Калининград: АтлантНИРО, 2022. С. 189–200.

Дубищук М.М. Особенности промысла и биологического состояния перуанской ставриды *Trachurus murphyi* в открытых водах центрального подрайона юго-восточной части Тихого океана в августе-октябре 2020 года. Калининград. Тр. АтлантНИРО. 2021. Т. 5. № 1 (11). С. 122–135.

Дубищук М.М. Система научного наблюдения на траловом пелагическом промысле в рамках региональной организации по управлению рыболовством в южной части Тихого океана // Материалы Первой Всерос. конфер. наблюдателей на промысле (Калининград, 13–17 сентября 2021 г.). Калининград: АтлантНИРО, 2022. С. 294–302.

Дубищук М.М. Работа наблюдателей на российском траловом пелагическом промысле в районе регулирования комиссии ЮТО в 2023 году // Калининград. Тр. АтлантНИРО. 2023. Т. 7. № 2 (16). С. 121–135.

Дубищук М.М. Закономерности изменчивости видового состава уловов российских промысловых судов в юго-восточной части Тихого океана за 2015–2022 гг. // *Вопр. рыболовства*. 2024. Т. 25. № 1. С. 131–142.

Кухоренко К.Г., Маслянкин Г.Е. Промысловая разведка АтлантНИРО. Калининград: АтлантНИРО, 2020. 168 с.

Маслянкин Г.Е., Гулюгин С.Ю. Основные результаты работы наблюдателей АтлантНИРО на промысле в океанических районах в 2020 году и перспективы их деятельности. Калининград. Тр. АтлантНИРО. 2021. Т. 5. № 1 (11). С. 136–146.

Маслянкин Г.Е., Гулюгин С.Ю. Подготовка международных научных наблюдателей для работы на российских судах тралового лова в районе Юго-Восточной части Тихого океана в АтлантНИРО в январе 2021 года. Калининград. Тр. АтлантНИРО. 2022. Т. 6. № 2 (14). С. 153–158.

Маслянкин Г.Е., Гулюгин С.Ю., Бакай А.Ю. и др. Проблемы и перспективы российской системы наблюдателей на промысле водных биоресурсов // *Материалы Первой Всерос. конфер. наблюдателей на промысле* (Калининград, 13–17 сентября 2021 г.). Калининград: АтлантНИРО, 2022 а. С. 32–48.

Маслянкин Г.Е., Гулюгин С.Ю., Архипов А.Г. Российская система научных наблюдателей на рыбном промысле: задачи, проблемы и перспективы // *Рыбн. хозяйство*. 2022 б. № 6. С. 4–11.

Маслянкин Г.Е., Гулюгин С.Ю., Зайцев А.К., Кухарев Н.Н. Проект Положения о российских научных наблюдателях на промысле водных биологических ресурсов // *Материалы Первой Всерос. конфер. наблюдателей на промысле* (Калининград, 13–17 сентября 2021 г.). Калининград: АтлантНИРО. 2022 с. С. 16–31.

Нестеров А.А., Дубищук М.М., Несин А.В. и др. Распределение и биология пелагических рыб открытых вод юго-восточной части Тихого океана в 2002 г. и 2009 г. (по материалам 32 и 53 рейсов НИС СТМ 8390 «Атлантида») // *Вопр. рыболовства*. 2010. Т. 11. № 4 (44). С. 780–800.

Нестеров А.А., Каширин К.В. Исследования биологических ресурсов и промысла в

южной части Тихого океана // *АтлантНИРО – 70 лет с рыбной промышленностью страны / Сост. и ред. Ч.М. Нигматуллин, В.А. Сушин, А.Г. Архипов*. Калининград: АтлантНИРО, 2019. С. 68–77.

Устав службы на судах рыбопромыслового флота Российской Федерации, утвержденный приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 27 июля 2020 г. № 421 // *Electronic resource / Mode of access: <http://ivo.garant.ru/#/document/74839361/paragraph/607:0>* (Дата обращения: 20.05.2022 г.).

Anderson O.R.J., Small C.J., Croxall J.P. et al. Global seabird bycatch in longline fisheries // *Endangered Species Research*. 2011. V. 14. P. 91–106.

Arcos D.F., Cubillos L.A., Núñez S.P. The jack mackerel fishery and El Niño 1997–98 effects off Chile // *Progress in Oceanography*. 2001. V. 49. № 1–4. P. 597–617.

Bakun A., Weeks S.J. The marine ecosystem off Peru: What are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold? // *Progress in Oceanography*. 2008. V. 79. № 2–4. P. 290–299.

Bertrand A., Segura M., Gutiérrez M., Vásquez L. From small-scale habitat loopholes to decadal cycles: a habitat-based hypothesis explaining fluctuation in pelagic fish populations off Peru // *Fish and Fisheries*. 2004. V. 5. № 4. P. 296–316.

Chavez F. P., Bertrand A., Guevara-Carrasco R. et al. The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future // *Progress in Oceanography*. 2008. V. 79. № 2–4. P. 95–105.

Convention on the Conservation and Management of High Seas Fishery Resources in the South Pacific Ocean. Wellington, 2012. (Электронный ресурс). URL: <https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/Commission/2013-1st-COM/Convention-Text.pdf> (дата обращения: 20.02.2026).

CMM 01-2025. (Электронный ресурс). URL: <https://sprfmo.int/assets/Fisheries/Conservation-and-Management-Measures/2025-CMMs/CMM->

01-2025-Trachurus-murphyi.pdf (дата обращения: 02.03.2026).

СММ 02-2025. (Электронный ресурс). URL: <https://sprfmo.int/assets/Fisheries/Conservation-and-Management-Measures/2025-CMMs/СММ-02-2025-Data-Standards.pdf> (дата обращения: 02.03.2026).

СММ 16-2025. (Электронный ресурс). URL: <https://sprfmo.int/assets/Fisheries/Conservation-and-Management-Measures/2025-CMMs/СММ-16-2025-Observer-Programme-pdf> (дата обращения: 02.03.2026).

Gilman E., Passfield K., Nakamura K. Performance of regional fisheries management organizations: ecosystem-based governance of bycatch and discards // *Fish and Fisheries*. 2014. V. 15. № 2. P. 327–351.

NOAA. El niño/southern oscillation (enso) diagnostic discussion. 2026. (Электронный ресурс). URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/(дата обращения: 18.03.2026).

United Nations. Agreement for the Implementation of the Provisions of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 relating to the Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks. 1995. (Электронный ресурс). URL: https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/convention_overview_fish_stocks.htm (дата обращения: 02.03.2026).

Watkins B.P., Petersen S.L., Ryan P.G. Interactions between seabirds and deep-water hake trawl gear: an assessment of impacts in South African waters // *Animal Conservation*. 2008. V. 11. № 4. P. 247–254.

ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF FISHERIES

**ROLE AND SIGNIFICANCE OF THE ACCREDITATION
OF THE RUSSIAN SCIENTIFIC OBSERVER
SYSTEM WITHIN THE SPRFMO AREA**

© 2026 г. G.E. Maslyankin, M.M. Dubischuk

*Atlantic branch of the State Scientific Center of the «VNIRO»,
Russia, Kaliningrad, 236022*

The work presents an analysis of the Russian scientific observer system in fisheries in the SPRFMO area in the context of accreditation process within the aforementioned organization. A brief overview is made on the Russian fisheries in the South-Eastern Pacific Area. The analysis of the use of scientific observer data by the SPRFMO Commission is conducted. The work gives attention to the specification of the Russian scientific observer system in fisheries as a whole and within the SPRFMO Commission in particular. An algorithm for carrying out accreditation of the Russian scientific observer system in fisheries in the SPRFMO area is presented. Approaches to the development of the legal framework of the Russian scientific observer system are given.

Keywords: scientific observers, Russian scientific observer system, SPRFMO Commission, accreditation, South-Eastern Pacific Ocean.

**ИННОВАЦИИ В ПЕРЕРАБОТКЕ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ
РЕСУРСОВ – ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ
РЫБЫ И МОРЕПРОДУКТОВ НАСЕЛЕНИЕМ РОССИИ**

© 2026 г. Е.М. Дусаева¹ (spin: 1150–6187),
А.Х. Курманова² (spin: 9093–9482), А.О. Павлова³ (spin: 7103–0751)

1 – ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187

2 – ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет
имени В.А. Бондаренко», Россия, Оренбург, 460018

3 – ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187

E-mail: aleka_k@mail.ru

Поступила в редакцию 13.03.2026 г.

В статье раскрыты пути повышения уровня среднедушевого потребления рыбы и морепродуктов в России на основе современных технологий переработки рыбного сырья в рыбную продукцию, пользующуюся потребительским спросом у населения. Предложены инструменты по насыщению внутреннего рынка рыбой и морепродуктами, основанные на комплексном использовании водных биологических ресурсов и применении инновационных технологий их хранения и переработки.

Ключевые слова: инновации, технологии переработки, рыба и морепродукты, потребительский спрос, среднедушевое потребление, добавленная стоимость.

ВВЕДЕНИЕ

Президентом Российской Федерации В.В. Путиным перед Правительством поставлена задача повышения уровня потребления отечественных рыбы и морепродуктов населением страны до рекомендуемых медицинских норм с целью сохранения здоровья и увеличения продолжительности жизни людей. «Россия обладает уникальными запасами биоресурсов, добыча которых с переработкой в рыбную продукцию должна в достаточных объемах направляться на внутренний рынок». Президент РФ указал на приоритетность внутреннего рынка: «Чтобы улов российских рыбаков, продукция рыбохозяйственных предприятий поступали на прилавки магазинов и рынков, а жители всех регионов России могли купить эти качественные товары по доступной цене» (Герейханова, 2025).

Обеспечение здорового питания населения России по рекомендуемым нормам потребления зависит от объемов предложе-

ния на внутреннем рынке продукции сельского и рыбного хозяйства, прошедших промышленную переработку, а также экономической, социальной и физической доступности продовольствия каждому человеку. Достижение поставленных целей в повышении уровня потребления рыбы населением России возможно при переходе к цифровому инновационному развитию рыбохозяйственного комплекса. Это обеспечит продовольственную безопасность в части рыбной продукции, а также и технологический суверенитет. Производство качественной рыбной продукции, востребованной потребителем, на основе внедрения инноваций в переработку водных биологических ресурсов снизит потери рыбного сырья, расширит ассортимент рыбной продукции. Новейшие логистические и транспортные системы доставки рыбы и морепродуктов на внутренний рынок и новые формы предложения рыбных изделий потребителю способствуют достижению национальных

целей по сохранению здоровья и долголетия нации.

ЦЕЛЬ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель – исследование основ инновационных технологий переработки водных биологических ресурсов и разработка инструментов для повышения уровня потребления рыбы и морепродуктов населением России. Применение монографического метода, научной абстракции, логического и системного анализа, статистического метода и метода экспертных оценок позволили раскрыть основы комплексного использования водных биологических ресурсов и применения современных технологий их хранения и переработки для повышения доступности рыбной продукции и уровня ее потребления населением России.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рациональные нормы потребления пищевой продукции предполагают рацион из набора продуктов в объемах и соотношениях в соответствии с научными принципами оптимального питания с учетом сложившейся структуры, потребительских предпочтений и традиций у населения страны. Особое место в рационе здорового питания населения занимает рыба и морепродукты с незаменимыми полезными веществами, хорошо усвояемым белком, микроэлементами, благоприятно влияющими на организм человека.

В рыбопромышленной переработке водных биологических ресурсов основной целью является их комплексное использование и получение пищевых ценных продуктов для питания населения, а из отходов рыбного сырья извлечение ценных веществ, необходимых в производстве биологически активных добавок, в производстве кормов для животноводства и рыбоводства, в фармацевтической и косметологической индустрии для выпуска лекарств и косметических изделий. Морские гидробионты, неиспользуемые в пище из-за традиций и предпочтений потребителя, могут

перерабатываться в диетические пищевые продукты с повышенным содержанием полезных веществ и предлагаться населению в наиболее привлекательной форме. Это увеличивает добавленную стоимость и имеет большое значение в сокращении потерь ценных ресурсов и снижении экологических рисков.

Эксперты по вопросам переработки рыбы и морепродуктов считают, что термины «глубокая переработка», «глубокая степень переработки рыбной продукции» относятся не к пищевой, а к промышленной продукции, которая по регламентам должна проходить четыре стадии обработки. В переработке водных биологических ресурсов сложно выделить эти стадии, поэтому они не применимы (Фомин, 2013). Ученые ФГБНУ ГНЦ «ВНИРО» считают, что вместо термина «глубокая переработка» правильнее применять понятие «комплексное рациональное использование водных биоресурсов». Слово «комплексное» означает, что при производственных процессах переработки рыба используется целиком, отходы минимальны или сведены к нулю (Комплексное..., 2013).

Множество факторов определяет потребительский спрос на рыбные продукты. Среди них пищевые предпочтения, традиции, знания о полезности рыбы, территориальная удаленность от мест добычи рыбы. Немаловажное значение имеет физическая и экономическая доступность. Эффективное воздействие на данные факторы позволяет обеспечить внутренний рынок и удовлетворение потребительского спроса населения на рыбу и морепродукты. Повышение уровня потребления рыбной продукции населением России в настоящее время является задачей для государственного и хозяйственного управления. Уровень потребления населением рыбы и рыбных продуктов в России характеризует таблица 1.

Из данных таблицы 1 следует, что рекомендуемая медицинская норма потребления рыбы и рыбных продуктов, составляющая 28 кг на человека, не достигнута как в целом

Таблица 1. Потребление рыбы и рыбных продуктов в домашних хозяйствах (в среднем на потребителя в год, кг)

Наименование	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Изменение (+, -)
Российская Федерация	22,2	21,7	21,9	22,5	22,8	0,6
в т.ч. по округам:						
Центральный федеральный округ	25,1	23,3	23,1	24,6	24,8	-0,3
Северо-Западный федеральный округ	18,5	17,9	18,1	17,3	18,4	-0,1
Южный федеральный округ	22,2	21,8	22,0	23,0	23,8	1,6
Северо-Кавказский федеральный округ	18,4	19,6	20,0	20,0	18,4	0
Приволжский федеральный округ	21,1	20,8	21,6	21,6	21,1	0
Уральский федеральный округ	21,6	22,3	22,3	22,8	23,5	1,9
Сибирский федеральный округ	21,2	21,9	22,4	22,4	22,7	1,5
Дальневосточный федеральный округ	25,7	25,4	25,0	25,9	27,6	1,9

Примечание: источник: Росстат, 2026.

по России, так и во всех ее федеральных округах. Наиболее близкой к выполнению рекомендуемой нормы потребления на уровне 27,6 кг является Дальневосточный федеральный округ, в котором осуществляются до 70% уловов водных биологических ресурсов по стране. Наиболее низкий уровень потребления рыбы (18,4 кг) наблюдается в Северо-Западном и Северо-Кавказском федеральных округах.

За исследуемый период тенденции незначительного роста потребления рыбы и рыбной продукции в целом по стране свидетельствуют о неиспользованных резервах внутреннего рынка. Необходимы изменения в транспортных и логистических системах, переработке рыбного сырья, предложения потребителю более широкого ассортимента рыбной продукции с полной информацией о ее полезных качествах, поиск путей снижения себестоимости и цены готовых рыбных товаров, разработка новых направлений и инструментов повышения доступности рыбной продукции и роста среднестатистического потребления рыбы и рыбных продуктов. Действие такого фактора как покупательная способность населения, напрямую зависящая

от денежных доходов, ограничивает и лимитирует потребление рыбы и морепродуктов. Это подтверждает тенденция роста расходов россиян на рыбу при снижении ее потребления в расчете на человека. По данным Интерфакс, расходы на рыбу из-за повышения розничных цен в 2025 г. (на 16–26%) и снижения доступности значительно выросли, при этом среднестатистическое потребление уменьшилось до 22–24 кг в год. Среднегодовая цена достигла 329 руб. за кг, что на 46% выше уровня 2023 г. Например, лососевые подорожали на 16% (до 1381 руб. за кг), а белая мороженая рыба – на 26% (до 395,97 руб. за кг).

Среднедушевые денежные доходы населения России имеют устойчивую тенденцию роста. В 2025 г. наибольшая абсолютная величина доходов (более 100 тыс. руб.) зафиксирована у населения Центрального федерального округа, более 79 тыс. руб. – в Северо-Западном федеральном округе, более 75 тыс. руб. – в Дальневосточном федеральном округе. Диапазон от 65 до 43 тыс. руб. на душу населения наблюдается в других федеральных округах, в которых и потребление рыбной продукции является более низким.

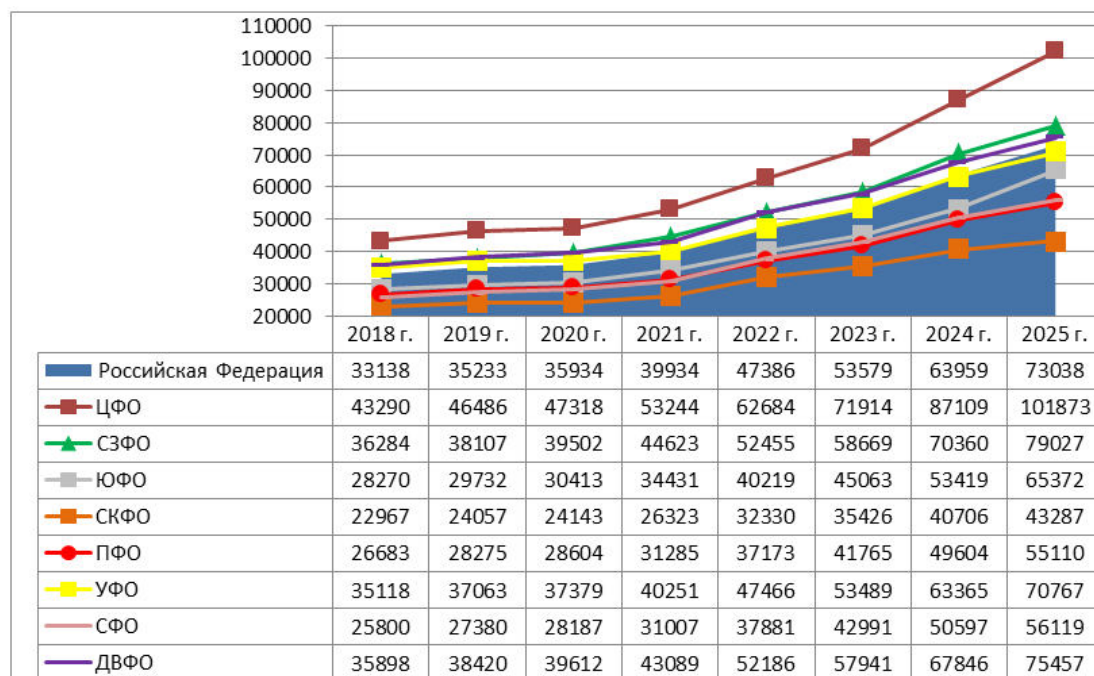


Рис. Среднедушевые денежные доходы населения России (руб.) (Росстат, 2026а).

В связи с выполнением поручения Президента РФ по достижению рекомендуемых норм потребления населением рыбы и рыбной продукции следует стремиться к повышению доходов населения за счет создания новых рабочих мест в разных сферах производства, увеличивающих добавленную стоимость и рост валового внутреннего продукта. В рыбохозяйственном комплексе России проводится трансформация всех элементов производственной цепочки рыбного хозяйства, обусловленная влиянием цифровизации экономики и экономическими санкциями, ограничивающими обмен научно-технической информацией и новейшими технологиями. В то же время процесс широкого использования цифровых коммуникаций, переход к новому технологическому укладу, осуществление инвестиций в инновационные технологии идет полным ходом. Особое значение в рыбохозяйственном комплексе приобретают инновации для замены устаревшего производственного потенциала в системе «добыча – переработка – сбыт – потребление». Поэтому на современном этапе развития рыбохозяй-

ственного комплекса России предприняты государственные решения по проведению модернизации и строительству рыбопромысловых судов, созданию логистических систем, расширению возможностей разных видов транспорта для перевозки скоропортящейся рыбной продукции, обновлению береговой инфраструктуры портов, перерабатывающих организаций и систем хранения.

Комплексное рациональное использование водных биологических ресурсов направлено на обеспечение продовольственной безопасности и достижения целей устойчивого развития. Социальный аспект устойчивого развития выполняется за счет создания новых рабочих мест, повышающих уровень трудовой занятости и доходов населения, а уменьшение потерь водных биологических ресурсов при комплексной переработке снижает экологические риски.

В 2025 г. по сравнению с предыдущими периодами снижаются объемы добычи водных биологических ресурсов, товарного выращивания рыбы, отмечается незначительный рост экспорта и уменьшение объемов

Таблица 2. Основные показатели развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации

Показатели	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г. (предв.)	2025 г. к 2024 г., %
Улов (добыча) рыбы и морепродуктов, тыс. т	5061,4	4923,0	5346,1	4913,4	4666,5	95
Товарное выращивание рыбы, тыс. т	319,3	348,2	365,2	342,5	301,4	88
Производство рыбной продукции, тыс. т	4404,2	4151,9	4453,7	4288,0	4113,8	96
Экспорт рыбы и морепродуктов, тыс. т	2170,4	2315,1	2492,0	2086,4	2100,0	101
Импорт рыбы и морепродуктов, тыс. т	710,8	558,1	658,0	686,7	680,0	99
Оборот организаций, млрд. руб.	808,0	866,0	1010,0	1081,0	1216,7	113
Прибыль (убыток) до налогообложения, млрд. руб.	190,4	117,7	102,2	64,9	129,8	В 2 раза
Инвестиции в основной капитал, млрд. руб.	78,6	87,9	112,7	99,9	...	-
Индекс потребительских цен на рыбопродукты (к декабрю предыдущего года), %	111,34	114,37	105,27	114,65	110,96	-

Примечание: источники: Росстат, 2026б; Росстат, 2026в; Росстат, 2026г.

импорта. Отмечается тенденция роста оборота организаций рыбохозяйственного комплекса и индексов потребительских цен на рыбную продукцию. В 2025 г. по сравнению с 2024 г. оборот организаций вырос на 13%, а прибыль увеличилась в два раза. Наибольший объем инвестиций в основной капитал был осуществлен в 2023 г., в 2024 г. наблюдается уменьшение инвестиций, в 2023 г. основные показатели рыбохозяйственного комплекса были выше, чем в предыдущие и последующие периоды при существенном снижении массы прибыли и колебаниях индекса потребительских цен. В целом по показателям за исследуемый период можно сделать вывод об отсутствии резких спадов в добыче рыбы и относительной устойчивости развития рыбохозяйственного комплекса.

Более 80% производимой рыбной продукции поставляется на внутренний рынок России в замороженном виде. Часть рыбы, а также крабы, моллюски, морские ежи поставляются в живом или охлажденном виде. Другая часть для обеспечения безопасности продукции и сохранения ее пищевых качеств тре-

бует применения холода и поставляется в виде пресервов. Заморозка позволяет увеличить срок хранения рыбной продукции на срок до 9 месяцев и тем самым сглаживать сезонные колебания вылова рыбы и морепродуктов.

Объемы производства основных видов рыбной продукции в России представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что наибольший объем производства переработанной рыбной продукции наблюдался в 2023 г. В 2025 г. по сравнению с 2024 г. объемы переработанной рыбы уменьшились на 4%. Однако в ассортименте рыбной продукции увеличились объемы производства филе рыбы на 6,8%, мяса рыбы, включая фарш, – на 17,4%, икры – на 9,2%, а также произошло снижение объемов производства рыбы соленой на 7,5%, копченой и сушеной – на 6,4 и 5,1% соответственно. Изменения в структуре потребительского спроса на рыбную продукцию приводят к увеличению спроса на готовые к употреблению рыбные товары, не требующие дополнительных затрат от потребителя. Это привело к увеличению объемов кулинарных продук-

Таблица 3. Производство рыбной продукции в Российской Федерации по видам (тыс. т)

Наименование	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2025 г. к 2024 г., %
Рыба и продукты рыбные переработанные и консервированные	4404,2	4151,9	4453,7	4288,0	4115,8	96,0
Пищевая рыбная продукция, включая консервы	4206,1	3959,3	4237,9	4016,5	3896,6	97,0
рыба мороженая	3005,0	2791,2	3035,0	2723,4	2625,9	96,4
филе рыбное	245,4	265,7	229,4	248,1	264,9	106,8
мясо рыбы, включая фарш	63,4	89,0	100,9	118,9	139,6	117,4
рыба соленая	92,2	78,8	79,9	76,1	70,4	92,5
рыба копченая	69,8	72,2	79,2	79,5	74,4	93,6
рыба сушено-вяленая	32,9	34,3	31,0	33,2	31,5	94,9
икра	65,9	54,8	74,8	63,1	68,9	109,2
заменители икры	5,2	4,5	5,6	5,5	3,9	70,9
продукты готовые из рыбы прочие (кулинария)	99,8	88,9	97,4	107,7	116,2	107,9
прочая пищевая	23,9	21,2	23,6	21,9	19,8	90,4
Морепродукты, включая готовые блюда из ракообразных и моллюсков	172,5	135,5	171,1	201,1	190,4	94,7
Консервы и пресервы, всего	330,1	323,2	310,0	338,0	290,7	86,0
Непищевая рыбная продукция:	198,1	192,6	215,8	271,5	219,2	80,7
мука из рыбы, ракообразных, моллюсков и пр. водных беспозвоночных непищевая	144,5	157,9	175,2	195,3	167,7	85,9
продукты из рыбы, ракообразных, моллюсков непищевые	53,6	34,7	40,6	76,2	51,5	67,6

Примечание: источник: Росстат, 2026д.

тов из рыбы на 7,9% за исследуемый период и обусловило тенденцию роста готовых блюд из морепродуктов с некоторым снижением их объемов на 5,3% в 2025 г. по сравнению с 2024 г. Сокращение объемов производства непищевой рыбной продукции на 19,3% свидетельствует о необходимости оснащения перерабатывающих организаций оборудованием для переработки рыбных отходов. Экологические требования к сохранению окружающей среды и морских акваторий актуализи-

рует переработку рыбных отходов, а непищевая продукция становится экономически выгодной рыбоперерабатывающим организациям и потребителям для выпуска своих изделий.

Наполнение внутреннего рынка рыбной продукцией для удовлетворения потребительского спроса при предположении, что объемы добычи водных биологических ресурсов не будут увеличиваться и останутся в пределах достигнутого, ставит задачу более полного

комплексного использования водных биологических ресурсов в целях производства достаточных объемов пищевых рыбных продуктов. При этом исключение потерь при хранении, транспортировке и переработке рыбного сырья также влияет на объемы предложения и качество рыбной продукции.

Рост потребительского спроса на переработанную рыбную продукцию предполагает, что рынок рыбоперерабатывающего оборудования будет развиваться в направлении использования технологических инноваций и энергоэффективных машин. В настоящее время появились технологии точной резки, новые способы замораживания, сохраняющие качество и увеличивающие срок хранения рыбы. В зарубежных рыбоперерабатывающих системах и оборудовании важными показателями являются уровень потребления воды и снижение количества отходов. Из-за санкций для рыбоперерабатывающих организаций России импортное новейшее оборудование стало недоступным. В нашей стране на достаточно хорошем уровне выпускают простые машины, устройства и вспомогательное оборудование. Но для технологического суверенитета и импортозамещения требуется развитие отечественных машиностроительных систем производства оборудования рыбопереработки и перерабатывающих машин в других секторах АПК, которые отвечают требованиям энергоэффективности, экологичности и устойчивости (Эксперты ..., 2024).

На внутреннем потребительском рынке спрос населения на рыбу и рыбные продукты зависит от множества факторов. В настоящее время возрастает спрос на свежую рыбную продукцию, а именно, на живую и охлажденную рыбу, крабы, креветки, моллюски. Сохранение качества и формы предложения таких продуктов осуществляются с высоким уровнем затрат, чем при замораживании рыбы. Оснащение инновационным оборудованием по первичной обработке и заморозке рыбы на рыбопромысловых судах и предприятиях по переработке рыбного сырья позволяют обе-

спечить полное извлечение ценных компонентов из водных биологических ресурсов, наполнение внутреннего рынка расширенным ассортиментом рыбных изделий и поставки непищевой рыбной продукции в другие сферы производства.

Инновационные технологии переработки рыбного сырья основаны на глубоких исследованиях биологических особенностей водных биологических ресурсов и способности к сохранению качества в течение определенного времени до первичной обработки и последующих процессов переработки.

Особое значение имеют холодильные установки, учитывая то, что до 80% уловов рыбы замораживают. Сохранение качества рыбного сырья с использованием инновационных методов охлаждения, замораживания, упаковки и доставки до потребителя переработанных полезных рыбных продуктов для питания населения является основным направлением в повышении экономической эффективности рыбохозяйственного комплекса.

Способы высокоэффективного хранения и транспортировки рыбы и рыбной продукции без потерь продукции, гарантирующих безопасность и качество, основываются на системах холодоснабжения. На всех этапах переработки и транспортировки рыбной продукции конечному потребителю используют современные холодильные технологии. Несоблюдение температурных режимов и санитарных правил и норм (СанПиН) ведет к потере улова и, как следствие, к экономическим потерям. Для снижения бактериальной активности и увеличения срока хранения рыбной продукции при транспортировке до мест потребления используют разные варианты холодильной обработки: 1) охлаждение до температуры в толще мяса до $-0,5...+5^{\circ}\text{C}$, его осуществляют разными способами – погружением в холодную жидкость, опрыскиванием рассолом либо с использованием сухого или жидкого льда; 2) подмораживание (до $-3...-1^{\circ}\text{C}$), его используют в процессе подготовки рыбы к перера-

ботке в консервы и пресервы; 3) замораживание (до $-45...-15^{\circ}\text{C}$), его осуществляют как в естественных условиях (на открытом воздухе), так и с использованием сухой (воздушной) либо жидкой заморозки, а также в плиточных скороморозильных аппаратах. Время от момента вылова до начала холодильной обработки влияет на качество рыбной продукции, в этой связи в местах лова используют специализированные суда – большие морозильные рыболовные траулеры (БМРТ), оснащенные целым комплексом холодильного оборудова-

ния (Особенности холодильных технологий, 2022). Преимущества использования холодильных технологий представлены в таблице 4.

Важным направлением в обеспечении сохранения качества уловов является разработанная система оценки рисков по безопасности рыбных продуктов с холодильной обработкой и хранением, с прослеживаемостью температурных режимов в холодильной цепи, от производства до потребления согласно требованиям (ТР ЕАЭС 040/2016). В 2023 г. для обеспечения импортозамещения, техно-

Таблица 4. Технологии охлаждения и заморозки водных биологических ресурсов

Наименование технологии	Характеристика технологии, ее преимущества
Охлаждение льдом	
Чистым естественным	Лед обеспечивает высокую интенсивность охлаждения и максимальное сохранение вкусовых и органолептических свойств рыбы. Дробленный лед ускоряет охлаждение и уменьшает деформацию рыбы. Срок хранения и транспортировка рыбы, охлажденной с помощью льда, зависит от вида рыбы и условий хранения. ГОСТ 814–96 «Рыба охлажденная. Технические условия», срок хранения во льду в течение 7–12 сут. в зависимости от размеров и времени вылова.
Искусственным (сухим, жидким)	Для получения искусственного льда используют льдогенераторы различных конструкций для выработки кускового, чешуйчатого, дробленого и прочего льда, а также льдо-водо-солевых систем (жидкого льда/бинарного льда). Льдогенераторы чешуйчатого льда «Технохолд ГЛЕН, Лтд» (г. Нижний Новгород) формируют заданные размеры кристаллов льда: толщина (чешуек) льда 0,6–0,8 мм с плоской формой. Чешуйки льда плотно прилегают к рыбе и более быстро ее охлаждают (Инновации в технологии ..., 2010). Льдогенераторы чешуйчатого льда с использованием пищевой добавки «Варэкс–7» создают гелеобразный лед. Рыба охлажденная сроком до 28 сут., температура хранения от -1 до -3°C вплоть до поступления рыбы к потребителю. Льдогенераторы льдо-водо-солевых систем (ЛВС) основаны на охлаждении прокачиваемой морской воды либо 3% раствора соли до температуры кристаллизации. Гелеобразная структура льда позволяет подавать охлаждающую среду к местам потребления по трубопроводам с помощью водяных насосов. Жидкий лед, произведенный на льдогенераторе DWT, перекачивается по трубопроводам насосами на расстояние до 150 м, с перепадами высоты до 6 м. Происходит быстрое усыпление рыбы жидким льдом гипотермическим шоком без стресса. Рыба не бьется, нет потери веса, отсутствуют микротравмы и биологические и химические изменения в тканях рыбы из-за стресса. Исключены пыль, бактерии и микроорганизмы из окружающей среды, нет окисления ткани. Снижаются трудозатраты и расходы на эксплуатацию оборудования при транспортировке. Способность к теплообмену до 80 Ккал на кг продукции, энергозатраты ниже на 30–40%, чем на традиционный лед (Слепокуров, 2010).

Таблица 4. Окончание

Наименование технологии	Характеристика технологии, ее преимущества
Замораживание	
В естественных условиях	Предполагает заморозку рыбной продукции на открытом воздухе. Используют на Севере, при температуре воздуха не выше -15°C .
Сухое (воздушное)	Осуществляют в морозильных камерах холодильников при температурах $-25...-35^{\circ}\text{C}$. Продолжительность замораживания зависит от размера рыбы, температуры воздуха в камере, степени ее загрузки, скорости движения воздуха. Возможно воздушное замораживание в различных скороморозильных аппаратах. Например, конструкция морозильного аппарата шкафного типа предполагает, что между воздухоохладителями расположен стеллаж с полками, на которые устанавливают штампованные, алюминиевые противни с рыбой. На передней стенке шкафа имеются двустворчатые дверки для загрузки и выгрузки рыбы и два люка для доступа к воздухоохладителям. Рабочая температура -32°C .
В жидких средах	Осуществляется при контакте с холодной жидкой средой – в растворах поваренной соли, охлажденных до температуры -21°C , либо в льдосоляной смеси (контактное замораживание), так и без прямого контакта продукта с жидкой средой (бесконтактное замораживание).
В плиточных скороморозильных аппаратах	Используют для быстрой заморозки улова на траулерах, а также в портовых складах-холодильниках для дальнейшей транспортировки на производство. Температура замораживания составляет $-36...-40^{\circ}\text{C}$. В зависимости от расположения блок-форм плиточные аппараты делят: на горизонтальные и вертикальные. Горизонтальные плиточные скороморозильные аппараты используют в производстве замороженной рыбы и рыбного филе, аппараты вертикального типа – для замораживания мелкой рыбы и креветок, а также фарша.

логического суверенитета и экологичности Российским союзом предприятий холодильной промышленности («Россоюзхолодпром») совместно с экспертным сообществом разработана Концепция развития холодильного, криогенного и климатического машиностроения на период до 2030 г. для обеспечения рыбопромысловых и рефрижераторных судов, перерабатывающих предприятий и транспортных средств. Основные цели документа включают достижение технологического суверенитета и кратный рост доли отечественных производителей на внутреннем рынке, модернизацию производств, внедрение энергоэффективных технологий, переход на безопасные хладагенты, рост доли отечественного оборудования до 70–80% и развитие произ-

водства криогенной техники для проектов с использованием сжиженного природного газа (Концепция развития, 2023).

Использование инновационных методов охлаждения и заморозки водных биологических ресурсов обеспечивает увеличение сроков хранения рыбной продукции и позволяет осуществлять переработку рыбного сырья без существенных потерь. Холодильное оборудование до 500 кВт поставляют организации – члены Россоюзхолодпрома: ООО «Термокул», ООО «Инфрост», ООО «Профхолодсистемс», ООО «Простор Л», ООО «Ингениум». Используются также холодильные камеры хранения и заморозки от 20 до 100 м³ на складах, автомобильный транспорт (фургоны, грузовые автомобили, полуприцепы и прицепы), железно-

дорожный (изотермические вагоны, вагоны-ледники, вагоны-рефрижераторы), водный и воздушный транспорт. Важное значение в обеспечении сохранения и качества рыбы имеют коммерческие холодильные системы (Дубровин, Галкин, 2017).

Целесообразной и экономически выгодной является переработка рыбных отходов для производства рыбного жира и рыбной муки. Они необходимы в кормопроизводстве для аквакультуры и животноводства, извлечения компонентов для производства пищевых оболочек, лекарств, БАДов, косметических средств ухода. ЗАО «Курильский рыбак» ГК «Гидрострой» ежедневно перерабатывает до 1000 т минтая. Наряду с производством рыбы мороженой, ежедневно выпускает до 100 т фарша сурими и до 50 т филе минтая. На о. Шикотан функционирует завод с сепарационным оборудованием и высокотехнологичной выпарной установкой по переработке рыбных отходов в рыбную муку и рыбный жир. Рыбная мука содержит от 62 до 66% протеина. Рыбный жир высокой степени очистки соответствует требованиям пищевого рыбьего жира (Инновационные технологии..., 2025).

Безотходная технология переработки рыбы освоена на береговых перерабатывающих предприятиях Камчатки, в частности в предприятии «Корякморепродукт». Переработка рыбных отходов может осуществляться на установках ООО «Технологическое оборудование» с суточной производительностью 36, 60, 100 и 150 т. Оснащение рыбопромысловых судов рыбоперерабатывающим, жиромучным и холодильным оборудованием (компрессорами, сосудами высокого давления, льдогенераторами, морозильными шкафами) позволит осуществлять безотходную технологию переработки рыбы во время путины и минимизировать не только затраты, но и экологические риски (Сухоруких, 2012).

В технологиях переработки морепродуктов используются такие инновации как обработка под высоким давлением для уничтожения вредных бактерий без нагрева и с сохране-

нием естественной текстуры и вкуса морепродуктов. Например, в упаковке красной икры модифицированную атмосферу заменяет воздух, а в упаковке морепродуктов используют газы – азот или углекислый газ, замедляющие процесс порчи продукции. Роботизированные системы осуществляют автоматизированное филетирование рыбы с большей точностью и обеспечивают однородность нарезки и сокращение отходов. При этом повышается безопасность пищевой рыбной продукции в соответствии со стандартами качества и безопасности, так как автоматизированные системы сводят к минимуму контакты с человеком в процессе переработки. Экологичность мест вылова водных биологических ресурсов, происхождение морепродуктов, их подлинность и качество определяется с помощью технологии блокчейна, которая позволяет полностью проследить всю необходимую информацию по всей цепочке поставок (Инновации на рынке..., 2024).

Современные инновационные технологии переработки водных биологических ресурсов в соответствии с изменившейся структурой потребительского спроса направлены на обеспечение разнообразия рыбного ассортимента и способствуют повышению среднедушевого потребления рыбы населением. Для увеличения добавленной стоимости в рыбохозяйственном комплексе необходимо освоение новых технологий по переработке водных биологических ресурсов и производство новых продуктов. Научное обоснование этих технологий подтверждают приведенные в таблице 5 патенты на изобретения.

Освоение патентных изобретений обеспечивает расширение ассортимента рыбной продукции. Потребители могут получить новые виды готовой пищи из водных биологических ресурсов, например крекеры из медузы, цукаты из морской капусты, рыбы с овощами. Для повышения уровня среднедушевого потребления следует применять новые способы предложения и информирования о полезности для здоровья и качествах

Таблица 5. Некоторые патентные изобретения по инновационным технологиям переработки водных биологических ресурсов

Наименование	Авторы изобретения
Способ производства паштета из толстолобика в желе	Артёмов Р.В., Козлов С.Ю., Бредихина О.В., Зарубин Н.Ю., Красюкова О.В. Патент на изобретение RU 2606102 С1, 10.01.2017. Заявка № 2015130734 от 24.07.2015
Способ получения соленого закуского продукта из сельди для питания детей дошкольного и школьного возраста	Гофербер Е.П., Абрамова Л.С., Гершунская В.В. Патент на изобретение RU 2601064 С1, 27.10.2016. Заявка № 2015142240/13 от 06.10.2015.
Способ приготовления лососевой зернистой икры	Бочкарёв А.И. Патент на изобретение RU 2641071 С2, 15.01.2018. Заявка № 2016118692 от 16.05.2016
Способ определения качества охлажденного и мороженого рыбного сырья	Абрамова Л.С., Шашков А.С., Козин А.В. Патент на изобретение RU 2621878 С1, 07.06.2017. Заявка № 2016113363 от 08.04.2016.
Способ определения термического состояния рыбного сырья	Абрамова Л.С., Колончин К.В. Патент на изобретение RU 2654359 С1, 17.05.2018. Заявка № 2017112817 от 14.04.2017.
Способ производства кулинарного рыбного изделия в виде рулета из минтая	Артёмов Р.В., Бредихина О.В., Зарубин Н.Ю. Патент на изобретение RU 2646920 С1, 12.03.2018. Заявка № 2017108175 от 13.03.2017.
Способ получения гелеобразующего полисахарида агара из красных водорослей	Подкорытова А.В., Бурова Н.В. Патент на изобретение RU 2770383 С2, 15.04.2022. Заявка № 2019139418 от 04.12.2019.
Способ производства соленой рыбы с пониженным содержанием хлористого натрия	Нехамкин Б.Л., Степаненко Е.И., Шалимова И.О. Патент на изобретение RU 2808258 С1, 28.11.2023. Заявка № 2022128316 от 01.11.2022.
Способ производства кулинарного продукта в виде рыбы с овощами	Кривонос О.Н. Патент на изобретение RU 2810733 С1, 28.12.2023. Заявка № 2023113217 от 22.05.2023.
Способ обработки филе рыбы бактериальными заквасочными культурами	Лаврухина Е.В., Зарубин Н.Ю., Бредихина О.В., Гриневич А.И. Патент на изобретение RU 2830240 С1, 18.11.2024. Заявка № 2023131738 от 04.12.2023.
Способ производства крекера из медузы	Есина Л.М., Чернявская С.Л., Белякова И.А. Патент на изобретение RU 2796838 С1, 29.05.2023. Заявка № 2022129620 от 15.11.2022.
Способ получения малосоленого филе лососевых рыб	Шокина Ю.В., Лукина Е.В., Антонов П.В., Левшина И.Е.О. Патент на изобретение RU 2850680 С1, 12.11.2025. Заявка № 2024136518 от 03.12.2024.
Способ укладки филе тунца в банку	Овчинникова А.А. Патент на изобретение RU 2836480 С2, 17.03.2025. Заявка № 2023119029 от 19.07.2023.
Способ получения цукатов из морской капусты	Симутина Н.Н. Патент на изобретение RU 2853562 С1, 24.12.2025. Заявка № 2025107103 от 24.03.2025.

Таблица 6. Объемы государственных закупок рыбной продукции для питания в государственных учреждениях в Российской Федерации (проект, экспертная оценка)

Категории населения	Численность, млн чел.	Среднедушевое потребление рыбы, кг на чел.	Объем закупок в весе сырца, тыс. т
Обучающиеся в образовательной среде	32,9	10	329
Сотрудники МЧС	0,3	10	3
Служащие в вооруженных силах	2	10	20
Работники государственных органов и органов местного самоуправления	2,2	10	22
Служащие в Росгвардии	0,3	10	3
Сотрудники ФСИН	0,2	10	2
Люди в местах заключения	0,3	28	8,4
Итого:	38,2	–	387,4

Примечание: источник: Образование в цифрах, 2025.

рыбы и морепродуктов. Во многих регионах России освоен проект «Доступная рыба», по которому потребитель может купить рыбу по приемлемой цене. Он действует в Архангельской, Сахалинской областях, Камчатском и Хабаровском крае. В Мурманской области проводятся еженедельные рыбные ярмарки, например, мобильная ярмарка «Наша рыба», где цены на рыбу и рыбные продукты на 25–30% ниже рыночных цен.

Повышение уровня потребления рыбы и морепродуктов населением, занятым обучением, службой и питающихся в организациях общественного питания возможно при осуществлении государственных закупок. Это гарантированный рынок сбыта для рыбодобывающих организаций. В части государственных закупок организациям, выполняющим госзаказ, могут быть предложены налоговые льготы и кредитование со сниженными процентами. В таблице 6 представлен проект объемов закупки рыбной продукции для питания в государственных учреждениях в Российской Федерации. Проект составлен, исходя из расчета среднедушевого потребления рыбы в 10 кг, которое может быть упо-

треблено сотрудниками в часы пребывания на работе.

Использование наряду с рыночными механизмами государственного регулирования в повышении уровня потребления населения рыбы и морепродуктов могут выявить новые резервы в части ускорения транспортных систем. Так стимулирование железнодорожных перевозок минтая привело к более лучшему наполнению внутреннего рынка центральных регионов страны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Увеличение доступности рыбной продукции и повышение уровня потребления рыбы и морепродуктов населением России приведет к достижению национальных целей по сохранению здоровья и повышению продолжительности жизни. Внедрение инновационных технологий в переработку водных биологических ресурсов обеспечит комплексное рациональное использование водных биологических ресурсов. Расширение ассортимента рыбной продукции на основе инноваций в переработке приведет к насыщению внутреннего рынка и повышению

уровня удовлетворения потребительского спроса населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Герейханова А. Ф. Путин: У россиян должна быть возможность купить морепродукты по доступным ценам (Электронный ресурс). Дата публикации 29.10.2025. URL: <https://rg.ru/2025/10/29/putin-u-rossii-an-dolzha-byt-vozmozhnost-kupit-moreprodukty-po-dostupnym-cenam.html>

Дубровин Ю.Н., Галкин М.Л. Вопросы безопасного применения холодильных систем и установок // Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда. 2017. № 1 (119). С. 44–45. URL: <https://rucont.ru/efd/577131>

Инновации в технологии производства охлажденной рыбы (Электронный ресурс) // Рыба и морепродукты. 2010. № 3. URL: <https://www.vesta-var.ru/poleznaya-informatsiya/ob-okhlazhdennoy-rybe/innovatsii-v-tekhnologii-proizvodstva-okhlazhdennoy-ryby/>

Инновации на рынке морепродуктов: как технологии трансформируют отрасль (Электронный ресурс). Дата публикации 30.03.2024. URL: <https://globalseafoods.com/ru/blogs/news/seafood-market-innovations-technology-trends>

Инновационные технологии лидера отрасли (Электронный ресурс). 2025. URL: https://gidrostroy.com/innovatsionnie_tehnologii.html

Комплексное рациональное использование ВБР вместо «глубокой переработки» (Электронный ресурс). Дата публикации 6.11.2013. URL: [https://www.fishnet.ru/news/novosti_otrasli/kompleksnoe-racionalnoe-ispolzovanie-vbr-vmesto-glubokoy-pererabotki-/](https://www.fishnet.ru/news/novosti_otrasli/kompleksnoe-racionalnoe-ispolzovanie-vbr-vmesto-glubokoy-pererabotki/)

Концепция развития холодильного, криогенного и климатического машиностроения на период до 2030 г. (Электронный ресурс) // Россоюзхолодпром, 2023. URL: holodindustry.ru КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.pdf

Особенности холодильных технологий в производстве рыбной продукции (Электронный ресурс) // Империя холода. 2022. № 3 (114).

С. 46–48. URL: www.holodinfo.ru/archive/2022/may/file/

Слепокуров Е.А. Передовые способы заморозки рыбы (Электронный ресурс). Дата публикации 13.03.2010. URL: <https://fishretail.ru/forum/production/peredovye-sposobi-zamorozki-ribi-85>

Сухоруких А.Л. Безотходная рыбопереработка стала реальностью (Электронный ресурс). Дата публикации 30.03.2012. URL: <https://sztufar.ru/publications/2012-03-30/bezothodnaya-ryboprererabotka-stala-realnostyu>

Росстат. 2026 URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13292>

Росстат. 2026a URL: https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/urov_10subg.xlsx

Росстат. 2026б URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Inv_OKVED2_2024.xls

Росстат. 2026в URL: <https://showdata.rosstat.gov.ru/report/277326/>

Росстат. 2026г URL: <https://fish.gov.ru/about/kollegiya-rosrybolovstva/>

Росстат. 2026д URL: https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Proizvodstvo_god_2017-2024.xlsx

Образование в цифрах: 2025: краткий статистический сборник / Варламова Т.А., Гохберг Л.М., Зорина О.А. и др.; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». М. ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. 136 с. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles/method/Education_2025_Book.pdf?ysclid=mmkkjwisb8937154040

Фомин А.В. О глубокой переработке уловов – исполняя поручения Президента (Электронный ресурс). Дата публикации 01.07.2013. URL: <http://xn--80aa2aglcckdccc7iwa2b.xn--p1ai/articles/67>

Эксперты оценили рынок рыбоперерабатывающего оборудования за рубежом и в России (Электронный ресурс). Дата публикации 12.02.2024. URL: <https://sudostroenie.info/novosti/41576.html>

**INNOVATIONS IN THE PROCESSING
OF AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES ARE THE WAY
TO INCREASE THE LEVEL OF FISH AND SEAFOOD
CONSUMPTION BY THE POPULATION OF RUSSIA**

© 2026 г. Е.М. Dusaeva¹, А.Н. Kurmanova², А.О. Pavlova³

*1 – State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO»,
Russia, Moscow, 105187*

*2 – Orenburg State University named after V.A. Bondarenko (OSU),
Russia, Orenburg, 460018*

*3 – State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO»,
Russia, Moscow, 105187*

This article explores ways to increase per capita fish and seafood consumption in Russia using modern technologies for processing raw fish into fish products that are in demand. Tools for saturating the domestic market with fish and seafood are proposed, based on the integrated use of aquatic biological resources and the application of innovative storage and processing technologies.

Keywords: innovation, processing technologies, fish and seafood, consumer demand, per capita consumption, added value.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ СЕЗОННОСТИ ПРОМЫСЛА ДЛЯ ПРИБРЕЖНЫХ СООБЩЕСТВ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

© 2026 г. С.А. Кравцов (spin: 5462-8177)

*Камчатский государственный технический университет (КамчатГТУ),
Россия, Петропавловск-Камчатский, 683003
E-mail: sergeykravt003@gmail.com*

Поступила в редакцию 2026 г.

Исследуются социально-экономические последствия сезонности промысла для прибрежных сообществ Камчатского края. Показано, что сезонная и межгодовая неравномерность вылова, особенно тихоокеанских лососей, в период путины обеспечивает рост занятости и доходов, а в межсезонье усиливает нестабильность доходов, кадровый дефицит, миграционный отток и неполную загрузку перерабатывающих мощностей. Установлено, что негативный эффект сезонности усугубляется инфраструктурными ограничениями, высокой стоимостью логистики и ростом финансовой нагрузки на предприятия. Сделан вывод о необходимости комплексной экономической политики, ориентированной на развитие круглогодичной занятости, береговой переработки, логистической и социальной инфраструктуры прибрежных поселений.

Ключевые слова: Камчатский край, рыбохозяйственный комплекс, сезонность промысла, прибрежные сообщества, занятость, доходы населения, береговая переработка, лососёвая путина, прибрежные поселения.

ВВЕДЕНИЕ

Рыбохозяйственный комплекс Камчатского края занимает ключевое место в экономике региона, формируя его отраслевую специализацию и выступая важнейшим источником занятости, доходов и налоговых поступлений. Рыболовство и рыбоводство обеспечивают около 20% валового регионального продукта, а рыба и иные водные биологические ресурсы (ВБР) составляют основу промышленной специализации края. В 2024 г. объем общего вылова ВБР составил 1512 тыс. т, объем производства рыбы, переработанной и консервированной, ракообразных и моллюсков – 1095 тыс. т, а налоговые и иные обязательные платежи рыбохозяйственных организаций достигли 15 549 млн руб. (Итоги работы..., 2024).

Одновременно развитие отрасли сопровождается высокой сезонной неравномер-

ностью, наиболее выраженной в лососёвом промысле и береговой переработке. В период активной путины резко возрастает спрос на трудовые, энергетические, транспортные и инфраструктурные ресурсы, тогда как в межсезонье возникают простои оборудования, сокращение занятости и нестабильность доходов. Для прибрежных населенных пунктов Камчатки данная проблема особенно значима, поскольку во многих из них рыболовство и переработка выступают базовой или доминирующей формой хозяйственной активности.

Актуальность исследования усиливается современными институциональными изменениями в отрасли (Постановление ..., 2024). По данным регионального отчета о проблемах и задачах развития рыбной отрасли на 2025 г., размер платы за перезаключение договоров пользования рыболовными участками для предприятий Камчатского края может соста-

вить около 10 млрд руб., что сопоставимо с совокупной годовой прибылью за шесть лет (Итоги ..., 2024). Порядок внесения платы предусматривает поэтапную рассрочку на несколько лет, однако даже при таком механизме ее размер остается существенной нагрузкой для предприятий (Постановление ..., 2024). В условиях сезонной и межгодовой нестабильности промысла это придает данной нагрузке не только отраслевой, но и выраженный социально-территориальный характер.

Цель статьи – проанализировать социально-экономические последствия сезонности промысла для прибрежных сообществ Камчатского края и определить направления их смягчения.

Научная новизна исследования состоит в том, что сезонность промысла рассматривается не только как внутригодовое производственное явление, но и как сочетание сезонной и межгодовой цикличности, формирующее устойчивые социально-экономические риски для прибрежных поселений Камчатского края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектом исследования являются прибрежные сообщества Камчатского края в системе рыбохозяйственного комплекса. Предметом исследования являются социально-экономические последствия сезонности промысла.

Информационную основу исследования составили данные по добыче ВБР, переработке, экспорту, занятости, уровню заработной платы, налоговым поступлениям и финансовым результатам рыбохозяйственного комплекса Камчатского края. Дополнительно использованы материалы о состоянии рынка рыбной продукции, развитии береговой переработки, а также сведения о проблемах развития рыбной отрасли на 2025 г.

В работе применены методы сравнительного анализа, структурно-динамического анализа, обобщения и логико-аналитической

интерпретации статистических и отраслевых данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Камчатский край относится к числу ведущих рыбопромышленных регионов страны. На протяжении последних лет объем вылова ВБР в регионе колебался от 1,4 до 1,9 млн т в год (Итоги ..., 2024). В 2024 г. в структуре вылова доминировали минтай, сардина иваси и тихоокеанские лососи, при этом именно лососёвый промысел в наибольшей степени определяет сезонный ритм деятельности значительной части прибрежных предприятий.

Для Камчатского края характерна выраженная четно-нечетная цикличность вылова тихоокеанских лососей: в нечетные годы объемы промысла значительно выше, чем в четные (Кравцов, Труба, 2024). В 2024 г. вылов тихоокеанских лососей составил около 131 тыс. т, что существенно ниже показателей 2019, 2021 и 2023 гг. (рис. 1).

Рисунок наглядно подтверждает наличие выраженной четно-нечетной цикличности вылова тихоокеанских лососей в Камчатском крае. В нечетные годы объемы вылова существенно выше: в 2019 г. они составили 378 тыс. т, в 2021 г. – 440 тыс. т, в 2023 г. – 490 тыс. т. Напротив, в четные годы наблюдаются значительно более низкие значения: 192 тыс. т в 2020 г., 135 тыс. т в 2022 г. и 131 тыс. т в 2024 г. В среднем за 2019–2024 гг. вылов в нечетные годы достигал 436 тыс. т, что почти в 2,9 раза превышало средний уровень четных лет, составивший около 153 тыс. т. Максимальное значение за рассматриваемый период зафиксировано в 2023 г., минимальное – в 2024 г., а амплитуда колебаний составила 359 тыс. т. Фактический показатель 2025 г. на уровне 259 тыс. т свидетельствует о частичном восстановлении после спада 2024 г., однако он остается заметно ниже уровней 2021 и 2023 гг.

Такая межгодовая волатильность усиливает обычную внутригодовую сезонность и делает занятость, переработку и финансовые результаты предприятий особенно неустойчи-

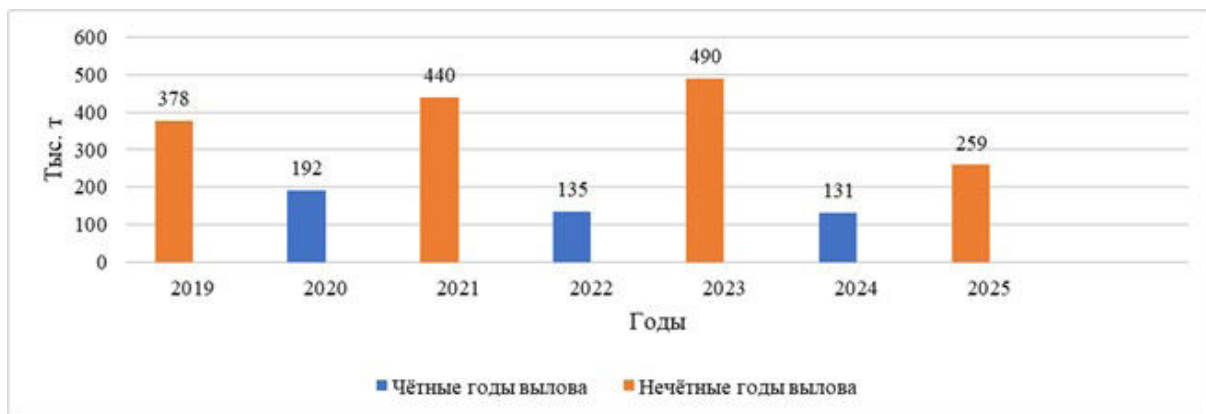


Рис. 1. Динамика вылова тихоокеанских лососей в Камчатском крае в 2019–2025 гг., тыс. т (составлен по данным: Кравцов, Труба, 2024; Официальный сайт..., 2026).

выми. В годы высокой путины резко возрастает потребность в сезонной рабочей силе, транспорте, холодильных мощностях и оборотном капитале, тогда как в годы слабых подходов предприятия и прибрежные поселения сталкиваются с неполной загрузкой производственных мощностей, сокращением сезонных доходов населения и снижением общего мультипликативного эффекта для региональной экономики. Следовательно, для прибрежных сообществ Камчатского края важным риском выступает не только сезонность в пределах одного года, но и выраженная межгодовая неравномерность вылова, затрудняющая долгосрочное планирование занятости, инвестиций и социальной политики.

Дополнительным фактором выступает концентрация береговой переработки в ограниченные периоды поступления сырья. Сезонность береговой переработки является одной из слабых сторон рыбохозяйственного комплекса: в период путины растут издержки и потребность в рабочей силе, а в межсезонье возрастает риск простоя мощностей и безработицы.

Социальные последствия сезонности наиболее отчетливо проявляются на рынке труда. Рыболовство и рыбопереработка являются базовой деятельностью для значительной части прибрежных населенных пунктов Камчатки, обеспечивая существенную долю заня-

тости и доходов населения. Среднегодовая численность работников рыбохозяйственных организаций в 2024 г. составила 19,0 тыс. чел.

При этом высокий уровень среднемесячной заработной платы в отрасли не отменяет ее сезонной нестабильности. В 2024 г. средняя заработная плата в сфере «рыболовство и рыбоводство» составила 184,7 тыс. руб., а в сегменте переработки и консервирования рыбы, ракообразных и моллюсков – 213,8 тыс. руб. (Итоги ..., 2024). Однако для значительной части работников данные доходы концентрируются в коротком периоде активного промысла. После завершения путины занятость сокращается, что вызывает падение текущих доходов домохозяйств и повышает их зависимость от результатов одного сезона.

Такая модель занятости усиливает социальную неустойчивость прибрежных сообществ. В межсезонье возрастает риск временной безработицы, неполной занятости и вынужденного поиска альтернативных источников дохода. Кроме того, сезонный характер работы затрудняет закрепление квалифицированных кадров на территории. В регионе уже длительное время сохраняются кадровый дефицит, высокая текучесть персонала и старение трудового потенциала.

Сезонность также усиливает миграционные процессы. Высокая стоимость жизни, ограниченность социальной инфраструктуры



Рис. 2. Основные социально-экономические эффекты сезонности промысла для прибрежных поселений Камчатского края (составлен автором).

и нестабильность круглогодичной занятости делают прибрежные территории менее привлекательными для молодых специалистов и семей. В результате предприятия все чаще прибегают к завозу рабочей силы из других регионов на период пугины, что позволяет решить текущую задачу обеспечения производства, но не способствует устойчивому развитию местных сообществ.

Для прибрежных населенных пунктов сезонность промысла означает резкую неравномерность нагрузки на локальную инфраструктуру. В период пугины возрастает потребность в транспорте, хранении продукции, коммунальных ресурсах, медицинском обслуживании, объектах торговли и временного размещения работников. В межсезонье часть этих мощностей используется неполно, что снижает общую экономическую эффективность их содержания.

Проблема усугубляется тем, что развитие социальной инфраструктуры прибрежных поселений на протяжении длительного времени оставалось недостаточным. В региональных материалах по развитию рыбной отрасли на 2025 год отмечается, что в Камчатском крае сформирован перечень из 32 прибрежных населенных пунктов и перечень первоочередных объектов инфраструктуры, необходимых для их развития (Итоги ..., 2024). При этом объем вылова предприятий, расположенных

в этих поселениях, составляет около 500 тыс. т ВБР, или примерно 25% общего вылова по субъекту (Путина-2024, 2024). Иными словами, вклад прибрежных территорий в рыбохозяйственную экономику значителен, тогда как уровень развития их социальной и инженерной инфраструктуры остается несоразмерным их хозяйственному значению.

С социально-экономической точки зрения это означает, что сезонность промысла не только создает краткосрочный рост активности, но и закрепляет структурную зависимость поселений от одного вида деятельности без должного инфраструктурного «подкрепления». В результате экономическая функция территории опережает ее социальное развитие. Для обобщения выявленных эффектов сезонности промысла для прибрежных поселений Камчатского края представим их в виде схемы (рис. 2).

Сезонная модель промысла усиливает чувствительность предприятий к любым внешним и внутренним шокам. В 2024 г. по сравнению с 2023 г. в рыбохозяйственном комплексе Камчатского края произошло снижение ряда ключевых показателей: сократился объем общего вылова, экспорт рыбы, рыбо- и морепродукции снизился до 836 млн долл. США, а сальдированный финансовый результат предприятий уменьшился до 19 206 млн руб. (табл. 1).

Таблица 1. Основные показатели деятельности РХК Камчатского края в динамике (Итоги ..., 2024).

№	Наименование показателя	Ед. изм.	2020	2021	2022	2023	2024
1	Объем общего вылова ВБР	тыс. т	1530	1659	1405	1839	1512
2	Объем производства рыбы, переработанной и консервированной, ракообразных и моллюсков	тыс. т	1088	1152	988	1312	1095
3	Индекс производства по виду деятельности «переработка и консервирование рыбы, ракообразных и моллюсков»	%	91,4	117,3	79,0	140,1	75,3
4	Объем уплаченных рыбохозяйственными организациями Камчатского края налоговых и иных обязательных платежей в консолидированный бюджет Российской Федерации (без учета поступлений в государственные внебюджетные фонды)	млн руб.	10580	12139	8412	17454	15549
5	Среднегодовая численность работников рыбохозяйственных организаций	тыс. чел.	18,0	18,8	18,9	18,6	19,0
6	Экспорт рыбы, рыбо- и морепродукции	млн долл. США	786	958	1041	1123	836
7	Объем инвестиций в основной капитал рыбохозяйственных организаций	млн руб.	19157	24335	23237	19785	15292
8	Сальдированный финансовый результат рыбохозяйственных организаций (прибыль минус убыток)	млн руб.	28168	58741	28355	30999	19206

Подобная динамика показывает, что даже при сохраняющейся высокой роли отрасли, ее финансовая устойчивость остается подверженной значительным колебаниям.

Эти риски усиливаются ростом производственных расходов, удорожанием логистики и высокой стоимостью кредитных ресурсов. В таких условиях дополнительная финансовая нагрузка, связанная с перезаключением договоров пользования рыболовными участками, может оказать существенное влияние на предприятия лососёвого промысла (Постановление..., 2024). Особенно чувствительным это становится для тех хозяйствующих субъектов, деятельность которых непосредственно связана с прибрежными поселениями и береговой переработкой.

Важное значение приобретает и содержание типовых соглашений, заключение которых является обязательной частью договора пользования рыболовным участком. Региональ-

ные предложения предусматривают фиксацию обязательств по сохранению уровня береговой переработки, трудоустройству местного населения, участию в благоустройстве и программах социально-экономического развития, а также участию в проекте «Рыба Камчатская». Для прибрежных сообществ такой подход принципиален, поскольку переводит использование рыбных ресурсов из исключительно фискальной логики в логику территориальной ответственности бизнеса.

Береговая переработка является одним из важнейших каналов закрепления добавленной стоимости в регионе. Однако значительная часть перерабатывающих мощностей по-прежнему испытывает влияние сезонной неравномерности поступления сырья. Сохранение и развитие береговой переработки позволяет прибрежным сообществам получать более устойчивый экономический эффект, поскольку именно переработка соз-

Таблица 2. Средние потребительские цены на отдельные виды продовольственных товаров из ВБР в Камчатском крае за период с 2023 г. по март 2026 г. (Цены, 2026).

№ п/п	Вид товара	Цена (руб. за 1 кг.), 2023 г.	Цена (руб. за 1 кг.), 2026 г.	Прирост цены (%)
1	Рыба свежая и охлажденная	116,71	140,23	20,15
2	Рыба соленая, маринованная, копченая	1023,61	1416,25	38,36
3	Соленые и копченые деликатесные продукты из рыбы	1359,85	2496,37	83,58
4	Икра лососёвых рыб	5522,00	8731,91	58,13
5	Рыба мороженая неразделанная	300,16	363,51	21,11
6	Рыба охлажденная и мороженая разделанная лососёвых пород	547,21	755,02	37,98
7	Филе рыбное	319,29	583,87	82,87
8	Консервы рыбные натуральные с добавлением масла	444,45	498,74	12,21
9	Консервы рыбные в томатном соусе	384,52	781,93	103,35
10	Кальмары мороженые	443,66	522,32	17,73
11	Сельдь соленая	277,86	437,48	57,45

дает рабочие места вне рамок, собственно, самой добычи.

В этом контексте важным представляется требование о поддержании значительной доли береговой переработки уловов. Однако его реализация должна сопровождаться развитием холодильной инфраструктуры, модернизацией производственных мощностей, совершенствованием логистики и стимулированием выпуска продукции высокой добавленной стоимости.

Несмотря на высокий ресурсный потенциал региона, рост цен на рыбную продукцию остается одной из ощутимых социальных проблем. В 2024 г. индекс потребительских цен на рыбопродукты в Камчатском крае составил 116,3%. По ряду товарных позиций между 2023 г. и мартом 2026 г. зафиксирован значительный рост цен: на икру лососёвых рыб, рыбное филе, соленую и копченую рыбную продукцию (табл. 2).

Анализ данных таблицы 2 показывает, что с 2023 г. по март 2026 г. (на конец месяца)

рост потребительских цен отмечался по всем рассматриваемым видам продовольственных товаров из ВБР, однако его интенсивность была существенно неоднородной. Наиболее значительное удорожание зафиксировано по консервам рыбным в томатном соусе (+103,35%), соленым и копченым деликатесным продуктам из рыбы (+83,58%) и рыбному филе (+82,87%). Существенно выросли также цены на икру лососёвых рыб (+58,13%) и сельдь соленую (+57,45%). Менее выраженный, но также заметный рост наблюдался по рыбе соленой, маринованной и копченой (+38,36%) и рыбе охлажденной и мороженой разделанной лососёвых пород (+37,98%). Наименьшее увеличение цен отмечено по консервам рыбным натуральным с добавлением масла (+12,21%), кальмарам мороженым (+17,73%), рыбе свежей и охлажденной (+20,15%) и рыбе мороженой неразделанной (+21,11%). Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее быстро дорожала преимущественно продукция с более высокой

степенью переработки и добавленной стоимостью, что указывает на усиление ценовой нагрузки на население и снижение доступности отдельных видов рыбной продукции даже в условиях высокого ресурсного потенциала региона.

Сезонность промысла косвенно усиливает данную проблему. Концентрация сырьевого предложения в ограниченный период, высокая стоимость хранения, логистические ограничения и ориентированность части предприятий на внешние рынки не обеспечивают стабильного и доступного снабжения местного рынка. В результате население региона, даже проживая в одном из крупнейших рыбодобывающих субъектов страны, не получает автоматического ценового преимущества.

В этой связи важное значение приобретает проект «Камчатская рыба», который обеспечивает реализацию рыбной продукции населению по доступным ценам. Участие предприятий в подобных социальных механизмах должно рассматриваться как важный элемент компенсации негативных последствий сезонности и повышения продовольственной доступности рыбы для местного населения. Вместе с тем, несмотря на высокую социальную значимость проекта, его реализация в настоящее время сопряжена с рядом проблем, среди которых ограниченный ассортимент представленной продукции, а также недостаточное количество участников со стороны рыбохозяйственных предприятий, что сдерживает потенциал проекта и снижает его охват.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сезонность промысла представляет собой одну из ключевых структурных характеристик рыбохозяйственного комплекса Камчатского края и оказывает многоплановое влияние на социально-экономическое положение прибрежных сообществ. В период пугины она способствует росту занятости, доходов и деловой активности, однако в меж-

сезонье приводит к сокращению занятости, нестабильности доходов, усилению кадрового дефицита и миграционного оттока.

Негативные последствия сезонности усиливаются рядом факторов:

- межгодовой волатильностью вылова тихоокеанских лососей;
- неравномерной загрузкой перерабатывающих мощностей;
- высокой стоимостью логистики;
- ограниченностью социальной инфраструктуры;
- ростом финансовой нагрузки на предприятия.

Для прибрежных поселений это означает повышенную зависимость от результатов одного промыслового сезона и ограниченные возможности устойчивого круглогодичного развития.

В современных условиях сглаживание негативных эффектов сезонности требует комплексной экономической политики. К ее приоритетным направлениям следует отнести развитие береговой и глубокой переработки, расширение круглогодичных видов занятости, модернизацию инфраструктуры хранения и транспортировки, поддержку социальной инфраструктуры прибрежных поселений, закрепление обязательств пользователей рыболовных участков по трудоустройству местного населения и участию в социально-экономическом развитии территории. Только при таком подходе рыбохозяйственный комплекс сможет выступать не только источником сырьевого дохода, но и основой устойчивого развития прибрежных сообществ Камчатского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Итоги работы рыбохозяйственного комплекса Камчатского края в 2024 году // Министерство рыбного хозяйства Камчатского края (Электронный ресурсы). Режим доступа: <https://www.kamgov.ru/minfish/itogi-raboty-rybohozajstvennogo-kompleksa-kamcatskogo-kraa-v-2010-godu>. (Дата обращения 14.04.2026).

Кравцов С.А., Труба А.С. Рынок рыбной продукции Камчатского края: особенности деятельности, реализации и проблемы // *Вопр. рыболовства*. 2024. Т. 25. № 3. С. 197–210.

Официальный сайт Камчатского края // Мильковский муниципальный округ (Электронный ресурс). Режим доступа: <https://kamgov.ru/mmr/news/lososevaa-putina-2025-goda-prinesla-kamcatskim-rybakam-okolo-259-tysac-tonn-ulova-85299>. (Дата обращения 15.04.2026).

Постановление Правительства Российской Федерации от 13.07.2024 № 959 «Об утверждении Правил определения размера и взимания платы за заключение в соответствии с частью 7 статьи 33.3 Федерального закона «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» нового договора пользования рыбо-

ловным участком для осуществления промышленного рыболовства и организации любительского рыболовства» (Электронные ресурсы). Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202407260018>. (Дата обращения 14.04.2026).

Путина-2024 // Официальный сайт ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://vniro.ru/files/putina-2024/20241201-losos-putina.pdf>. (Дата обращения 13.04.2026).

Цены // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Камчатскому краю (Электронный ресурс). Режим доступа: <https://41.rosstat.gov.ru/prices#>. (Дата обращения 13.04.2026).

ECONOMIC AND SOCIAL ASPECTS OF FISHERY DEVELOPMENT

**SOCIO-ECONOMIC CONSEQUENCES
OF SEASONALITY IN FISHERY FOR COASTAL
COMMUNITIES IN THE KAMCHATKA REGION**

© 2026 y. S.A. Kravtsov

*Kamchatka State Technical University, Russia,
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003*

This article examines the socioeconomic consequences of fishery seasonality for coastal communities in Kamchatka Krai. It is shown that seasonal and interannual variations in catches, particularly for Pacific salmon, during the salmon run promote employment and income growth, while during the off-season, they exacerbate income instability, labor shortages, migration outflow, and underutilization of processing facilities. The negative impact of seasonality is compounded by infrastructure constraints, high logistics costs, and the increasing financial burden on enterprises. A comprehensive economic policy focused on developing year-round employment, onshore processing, and the logistics and social infrastructure of coastal communities is needed.

Keywords: Kamchatka Krai, fisheries complex, seasonality of the fishery, coastal communities, employment, income, onshore processing, salmon run, coastal communities.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-85417
от 13 июня 2023 г. в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Учредитель – ФГБНУ «ВНИРО»

Подписано в печать 20.05.2026 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная 100 г/м²
Тираж 70 экз.

Редакция журнала «Вопросы рыболовства»
Тел.: 8 (499) 369-92-86, e-mail: tregubova@vniro.ru

Отпечатано

 **СТРОКИ** Типография «СТРОКИ»



г. Воронеж, ул. Любы Шевцовой, 34
Тел.: +7(995)494-84-77 | +7(950)765-69-59 | +7(980)542-01-78
Сайт: www.stroki.vrn.ru
E-mail: info@stroki.vrn.ru