



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Государственный научный центр Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии»



ISSN: 2307-3497

2026 г. Т. 203



ТРУДЫ ВНИРО



Труды Всероссийского
научно-исследовательского
института рыбного хозяйства
и океанографии

Периодический научный журнал. Основан в 1935 году. Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Министерства образования и науки Российской Федерации, реферируется в Международных базах данных AGRIS (Agricultural Research Information System), ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts), Google Scholar, национальной библиографической базе данных РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) и базе данных ВИНТИ РАН. Выходит 4 раза в год

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор Глубоковский М.К., научный руководитель ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.б.н. (Москва, Россия)
Ответственный редактор Буяновский А.И., гл. научный сотрудник ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.б.н. (Москва, Россия)
Научный редактор Карпинский М.Г., гл. научный сотрудник ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.б.н. (Москва, Россия)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Абрамова Л.С., зам. руководителя Департамента ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.т.н., профессор (Москва, Россия)
Барулин Н.В., зав. кафедрой ихтиологии и рыбоводства «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», к.с.-х.н. (Горки, Республика Беларусь)
Бизиков В.А., зам. директора по научной работе ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.б.н. (Москва, Россия)
Бимшиш Р.Дж., сотрудник Тихоокеанской биологической станции, доктор наук, почетный ученый (Нанаймо, Канада)
Васильев Д.А., начальник отдела ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.т.н. (Москва, Россия)
Габриелян Б.К., директор Научного Центра Зоологии и Гидроэкологии Национальной Академии Наук Республики Армения, д.б.н., профессор (Ереван, Армения)
Галактионов К.В., зав. лабораторией ФГБНУ «Зоологический институт РАН», д.б.н., профессор РАН (Санкт-Петербург, Россия)
Долгов А.В., гл. научный сотрудник Полярного филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО им. Н.М. Книповича»), д.б.н., доцент (Мурманск, Россия)
Кантор Ю.И., ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)
Колмаков А.Н., директор Центра экономических исследований рыбного хозяйства ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.э.н. (Москва, Россия)
Колончин К.В., директор ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.э.н., доцент (Москва, Россия)
Котляр А.Н., гл. научный сотрудник ФГБНУ «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)
Крикунцов Е.А., профессор кафедры ихтиологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.б.н., член-корреспондент РАН (Москва, Россия)
Кузищин К.В., профессор кафедры ихтиологии биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.б.н. (Москва, Россия)
Лабай В.С., зав. лабораторией Сахалинского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), д.б.н. (Южно-Сахалинск, Россия)
Лаптиховский В.В., сотрудник научного центра по окружающей среде, рыболовству и аквакультуре, д.б.н. (Лоустофт, Великобритания)
Левашов Д.Е., начальник отдела ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.т.н. (Москва, Россия)
Линдъял П., начальник отдела развития аквакультуры, Министерство сельского хозяйства Венгрии (Сарваш, Венгрия)
Мнацаканян А.Г., директор института отраслевой экономики и управления ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», д.э.н., профессор КГТУ (Калининград, Россия)
Мокиевский В.О., гл. научный сотрудник, руководитель лаборатории ФГБНУ «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)
Папцов А.Г., директор ФГБНУ «Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства», д.э.н., профессор, академик РАН (Москва, Россия)
Пахомов Е.А., профессор Университета Британской Колумбии, к.б.н. (Ванкувер, Канада)
Пинчук А.И., доцент Университета Аляски, к.б.н. (Джуно, США)
Подкорытова А.В., гл. научный сотрудник ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.т.н., профессор (Москва, Россия)
Политов Д.В., гл. научный сотрудник, зав. лабораторией ФГБНУ «Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)
Радченко О.А., директор Института биологических проблем Севера Дальневосточного отделения РАН, д.б.н., профессор (Магадан, Россия)
Романов Е.В., руководитель проектов Технического центра по исследованию и освоению водной среды, к.б.н. (Ле Порт, Реюньон, Франция)
Рубан Г.И., гл. научный сотрудник ФГБНУ «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)
Сёмин А.Н., зав. кафедрой стратегического и производственного менеджмента ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», д.э.н., профессор, академик РАН (Екатеринбург, Россия)
Серёгин С.Н., советник директора ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.э.н., профессор (Москва, Россия)
Тан Цишен, гл. научный сотрудник Научно-исследовательского института рыбного хозяйства Желтого моря, д.б.н., академик Китайской инженерной академии (Циндао, Китай)
Труба А.С., гл. научный сотрудник ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.э.н., профессор (Москва, Россия)
Харенко Е.Н., гл. научный сотрудник отдела нормирования ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», д.т.н., доцент (Москва, Россия)
Цуй Гоухэй, Президент Академии рыбохозяйственных наук Китая, д.б.н. (Пекин, Китай)
Шунтов В.П., гл. научный сотрудник Тихоокеанского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), д.б.н., профессор (Владивосток, Россия)

Редактор *Юрова О.С.*
Компьютерная верстка *Яковлев Ю.С.*
Формат 60×84 1/8. Печ. л. 27
Тираж 300 экз.
Подписан в печать 03.06.2026 г.

Адрес редакции:
105187, Москва, проезд Окружной, 19.
Тел.: 8 (499) 369-92-86
E-mail: trudy@vniro.ru
© ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», 2026

Proceedings of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography

Periodic scientific journal. It was founded in 1935. The journal is included in the «List of peer-reviewed scientific publications» of the Ministry of education and science of the Russian Federation, where basic scientific results of dissertations on competition of a scientific degree of Candidate of science and Doctor of science must be published. It is referred in International databases AGRIS (Agricultural Research Information System), ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts), Google Scholar, the national bibliographic database of RSCI (Russian Science Citation Index) and database VINITI PAS. Published 4 times a year.

EDITORIAL BOARD

- Editor-in-Chief** – Glubokovsky M.K., Doctor of Biological Sciences, Scientific Supervisor of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Executive editor** – Buyanovsky A.I., Doctor of Biological Sciences, Chief scientist of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Scientific editor** – Karpinsky M.G., Doctor of Biological Sciences, Chief scientist of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia

EDITORIAL COUNCIL

- Abramova L.S.*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Head of the department of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Barulin N.V.*, head. Department of Ichthyology and Fish Farming «Belarusian State Agricultural Academy Orders of the October Revolution and the Red Banner of Labor», Ph.D. (Gorki, Republic of Belarus)
- Bizikov V.A.*, Doctor of Biological Sciences, Deputy Director for scientific work of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Beamish R.J.*, Doctor of Biological Sciences, Emeritus Scientist of the Pacific Biology Station, Nanaimo, Canada
- Cui Guohui*, Doctor of Biological Sciences, President Chinese Academy of Fishery Sciences (CAFS), (Beijing, China)
- Dolgov A.V.*, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Chief Scientist of Polar Branch of VNIRO (N.M. Knipovich «PINRO»), Murmansk, Russia
- Gabrielian B.K.*, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director of the Scientific Center of Zoology and Hydroecology of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Yerevan, Republic of Armenia
- Galaktionov K.B.*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the laboratory of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russia
- Kantor Y.I.*, Doctor of Biological Sciences, Leading Scientist of the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Kharenko E.N.*, Doctor of Technical Sciences, Chief Scientist of the Department of Rationing of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Kolmakov A.N.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, Director of the Center for Economic Research of Fisheries of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Kolonchin K.V.*, Doctor of Economical Sciences, Associate Professor, Director of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Kotlyar A.N.*, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientist of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Kriksunov E.A.*, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Chair of Ichthyology of the Biology Department, Lomonosov Moscow State University, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Kuzishchin K.V.*, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Chair of Ichthyology of the Biology Department, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
- Labai V.S.*, Doctor of Biological Sciences, Head of the laboratory of the Sakhalin Branch of the VNIRO («SakhNIRO»), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
- Laptikhovskiy V.V.*, Doctor of Biological Sciences, Marine biologist and stock assessment scientist of the Scientific Center for Environment, Fisheries and Aquaculture, Lowestoft, United Kingdom
- Lendjel P.*, Head of Aquaculture Development Department, Ministry of Agriculture of Hungary (Sarvas, Hungary)
- Levashov D.E.*, Doctor of Technical Sciences, Head of Department of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Mnatsakanyan A.G.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, Director of the Institute of Industrial Economics and Management of the Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia
- Mokievsky V.O.*, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientist, Head of the Laboratory of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Pakhomov E.A.*, Candidate of Biological Sciences, Professor at the University of British Columbia, Vancouver, Canada
- Papstov A.G.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Russian Research Institute of Agricultural Economics of the Federal Research Center for Agricultural Economics and Social Development of Rural Territories, Moscow, Russia
- Pinchuk A.I.*, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, University of Alaska, Juneau, USA
- Podkorytova A.V.*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Scientist of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Politov D.V.*, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientist, Head of the laboratory of the Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Radchenko O.A.*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the Institute of Biological Problems of the North of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia
- Romanov E.V.*, Candidate of Biological Sciences, Project manager of the Technical Center for Research and Development of the Aquatic Environment, Le Porte, Reunion, France
- Ruban G.I.*, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientist of the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Semin A.N.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Strategic and Production Management, Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia
- Seregin S.N.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, Advisor to the Director of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Shuntov V.P.*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Scientist of Pacific Branch of the VNIRO («TINRO»), Vladivostok, Russia
- Tang Qisheng*, Doctor of Biological Sciences, Chief scientist of the Yellow Sea Fisheries Research Institute, Academician of the Chinese Academy of Engineering (Qingdao, China)
- Truba A.S.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, Chief Scientist of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Vasilyev D.A.*, Doctor of Technical Sciences, Head of the Fisheries Regulation Department of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОМЫСЛОВЫЕ ВИДЫ И ИХ БИОЛОГИЯ

<i>Кузнецова Е.Н., Головатюк Г.Ю., Трофимова А.О.</i> Региональные особенности роста и размерного состава северного однопёрого терпуга Курило-Камчатской популяции.	5
<i>Клепиковский Р.Н., Ившин В.А.</i> Оценка влияния российского рыболовства на китообразных в Баренцевом море	18
<i>Евсеева Н.В., Прохорова Н.Ю., Гон Р.Т.</i> Макрофитобентос прибрежной зоны восточного Сахалина	31

ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

<i>Антоненко Д.В., Новиков Ю.В.</i> Особенности промысла дальневосточной сардины в зависимости от океанологических условий в прикурильских водах в 2016-2025 гг.	51
<i>Гордеев И.И., Ткаченко А.В., Владыкина Н.С., Торцев А.М.</i> Промысел горбуши в Европейской части России: итоги путины 2025 года	66

АКВАКУЛЬТУРА

<i>Пронина Г.И., Кандыбин А.А., Чан В.Д., Бубунец Э.В.</i> Картина крови и иммунный ответ в условиях транспортировки при высокой плотности у карпа обыкновенного	76
---	----

СРЕДА ОБИТАНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

<i>Трофимов А.Г.</i> Прогноз температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» на основе анализа вековой изменчивости гидрометеорологических и астрогоефизических факторов	85
<i>Новиков М.А., Горбачева Е.А., Харламова М.Н.</i> Содержание свинца в промысловых ракообразных Баренцева моря (по многолетним данным)	106
<i>Барабашин Т.О., Косенко Ю.В., Кораблина И.В., Горгола Л.Г.</i> Содержание тяжёлых металлов в сиговых рыбах водоёмов Таймырского полуострова	120

ЭКОНОМИКА, МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО И НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

<i>Зверев Г.С.</i> Методология прогнозирования финансово-экономических последствий институциональных преобразований: на примере предприятий Камчатского края.	132
<i>Мнацаканян А.Г. Харин А.Г.</i> Исследование параметров спроса на рыбопродукты в контексте экономического благосостояния потребителей	148
<i>Лосева А.В., Цыпин А.П.</i> Современные тенденции трансформации производства продукции рыбного хозяйства: от рыболовства к аквакультуре	158

ИНФОРМАЦИЯ

<i>Бандурин К.В., Маслянкин Г.Е., Гербер Е.М., Краснобородько О.Ю.</i> Большая Африканская Экспедиция: научно-промысловые работы у берегов Мозамбика на СТМ «Атлантида» в 2025 г. Предварительные результаты	178
<i>Багимов П.М., Белякова Н.Ю., Лабутин А.В., Лукин Н.Н.</i> Совместные исследования ВНИРО и РГО на Земле Франца-Иосифа.	192
<i>Шейбак А.Ю., Согрина А.В., Трофимова А.О.</i> Результаты учётной донной траловой съёмки у южных Курильских островов и юго-восточного Сахалина осенью 2025 г.	197
<i>Углова Т.Ю.</i> Результаты экспедиционных работ на Северных курильских островах по мониторингу подходов тихоокеанских лососей и сбору биостатистических показателей в летний период 2025 г.	205
<i>Бизиков В.А., Сологуб Д.О.</i> Алексеев Д.О. Буяновский А.И. Пространственная биология морских беспозвоночных	210
<i>Соколов К.М., Ткаченко А.В., Алексеев М.Ю., Прусов С.В.</i> Памяти Александра Васильевича Зубченко	212

CONTENTS

COMMERCIAL SPECIES AND THEIR BIOLOGY

<i>Kuznetsova E.N., Golovatyuk G.Yu., Trofimova A.O.</i> Stock state and regional biological features of Atka mackerel of the Kuril-Kamchatka population	5
<i>Klepikovskiy R.N., Ivshin V.A.</i> Assessing the impact of Russian fisheries on cetaceans in the Barents Sea	18
<i>Evseeva N.V., Prokhorova N.Ju., Gon R.T.</i> Macrophytobenthos of the coastal zone of Eastern Sakhalin	31

AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES

<i>Antonenko D.V., Novikov Y.V.</i> Features of the Japanese sardine fishery depending on oceanographic conditions in the Kuril waters in 2016-2025.	51
<i>Gordeev I.I., Tkachenko A.V., Vladykina N.S., Tortsev A.M.</i> Pink Salmon Fishery in the European Part of Russia: Results of the 2025 Fishing Season.....	66

AQUACULTURE

<i>Pronina G.I., Kandybin A.A., Tran D.V., Bubunets E.V.</i> Blood picture and immune response under high-density transport conditions in common carp.....	76
---	----

HABITAT OF AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES

<i>Trofimov A.G.</i> Forecasting of water temperature in the Kola section based on the analysis of secular variability of hydrometeorological and astrogeophysical factors	85
<i>Novikov M.A., Gorbacheva E.A., Kharlamova M.N.</i> Lead content in commercial crustaceans of the Barents Sea	106
<i>Barabashin T.O., Kosenko J.V., Korablina I.V., Gorgola L.G.</i> Heavy metal content in whitefish in a number of rivers and lakes of the Taimyr Peninsula.....	120

ECONOMICS, INTERNATIONAL COOPERATION AND REGULATORY BASES OF FISHERIES MANAGEMENT

<i>Zverev G.S.</i> Methodology for forecasting the financial and economic consequences of institutional transformations: The Case of Enterprises in the Kamchatka territory.....	132
<i>Mnatsakanyan A.G., Kharin A.G.</i> Parameterization of demand for fish products in relation to consumer welfare.....	148
<i>Loseva A.V., Tsypin A.P.</i> Current trends in the transformation of fisheries production: from fishing to aquaculture.....	158

INFORMATION

<i>Bandurin K.V., Maslyankin G.E., Gerber E.M., Krasnoborodko O.Yu.</i> The Great African Expedition: fisheries research near the coast of Mozambique on the RV «Atlantida» in 2025. Preliminary results.....	178
<i>Bagimov P.M., Belyakova N.Y., Labutin A.V., Lukin N.N.</i> Joint research of VNIRO and Russian Geographical Society on the Franz Josef Land	192
<i>Sheibak A.Y., Sogrina A.V., Trofimova A.O.</i> The results of the bottom trawl survey off the southern Kuril Islands and southeastern Sakhalin in the fall of 2025 ...	197
<i>Uglova T.Yu.</i> Results of expeditionary work on the Northern Kuril Islands to monitor the approaches of Pacific salmon and collect biostatistical indicators in summer 2025.....	205
<i>Bizikov V.A., Sologub D.O.</i> Alekseev D.O. Buyanovsky A.I. Spatial biology of marine invertebrates.....	210
<i>Sokolov K.M., Tkachenko A.V., Alekseev M.Yu., Prusov S.V.</i> In memory of Alexander V. Zubchenko	212



УДК 597.556.31, 597–113.4, (265, 265.51)

Промысловые виды и их биология

Региональные особенности роста и размерного состава северного однопёрого терпуга Курило-Камчатской популяции

Е. Н. Кузнецова, Г. Ю. Головатюк, А. О. Трофимова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187
E-mail: kuz@vniro.ru

SPIN-код: Е.Н.Кузнецова – 5184–2077; Г.Ю.Головатюк – 5105–8355; А.О.Трофимова – 1354–5046

Цель работы: исследование особенностей распределения, биологии, размерного состава и роста северного однопёрого терпуга в четырёх районах российского промысла (Западно-Беринговоморская зона, Карагинская и Петропавловско-Командорская подзоны Восточно-Камчатской зоны, Северо-Курильская зона).

Используемые методы: сбор и обработка данных проводились в соответствии с общепринятыми в ихтиологической практике методиками, возраст определялся по отолитам.

Новизна: выявлены специфические особенности роста терпуга Северо-Курильской зоны, включающие отсутствие значимых различий в линейном росте самцов и самок, что отражается на размерной структуре уловов.

Результат: исследования показали наличие клинальной изменчивости роста терпуга: наблюдается увеличение линейных размеров особей в направлении с севера на юг – от Западно-Беринговоморской зоны к Петропавловско-Командорской подзоне. Клинальная изменчивость размеров, а также специфические особенности роста в Северо-Курильской зоне свидетельствуют о неоднородности популяций терпуга на обширной акватории северо-западной части тихоокеанского шельфа. Учитывая относительно низкую миграционную активность вида, можно предположить существование нескольких обособленных группировок (субпопуляций), адаптированных к локальным условиям.

Практическая значимость: Исследования могут быть использованы для оценки численности северного однопёрого терпуга, разработки ОДУ и рационального использования с учётом региональных особенностей роста.

Ключевые слова: Северный однопёрый терпуг *Pleurogrammus monoptyerygius* вылов, длина, вес, темп роста, размерный состав, Тихий океан.

Stock state and regional biological features of Atka mackerel of the Kuril-Kamchatka population

Elena N. Kuznetsova, Galina Yu. Golovatyuk, Anastasiya O. Trofimova

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okružhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

Objective: to study the distribution, biology, size composition, and growth characteristics of Atka mackerel in four Russian fishing areas (the West Bering Sea zone, the Karaginskaya and Petropavlovsk-Kamchatka subzones of the East Kamchatka zone, and the North Kuril zone).

Methods: Data collection and processing were conducted in accordance with generally accepted ichthyological methods. Age was determined by otoliths.

Novelty: Specific growth characteristics of Atka mackerel in the North Kuril zone were identified, including the absence of significant differences in the linear growth of males and females, which was reflected in the size structure of the catches.

Results: the research demonstrated gradual variability in the growth of Atka mackerel, with an increase in the linear size of individuals observed from north to south – from the West Bering Sea zone to the Petropavlovsk-Komandorsky subzone. This variability in size, as well as specific growth patterns in the North Kuril zone, indicate heterogeneity among Atka mackerel populations across the vast aquatory of the northwestern Pacific shelf. Given the species' relatively low migratory activity, the existence of several distinct groups (subpopulations) adapted to local conditions can be assumed.

Practical significance: the results can be used to estimate the abundance of Atka mackerel, develop TACs, and plan rational use, taking into account regional growth patterns.

Keywords: Atka mackerel *Pleurogrammus monoptyerygius*, catch, length, weight, growth rate, size composition, the Pacific Ocean.

ВВЕДЕНИЕ

Северный однопёрый терпуг *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas, 1810) распространён вдоль континентального шельфа на обширной акватории северной части Тихого океана. На азиатском побережье он встречается от бухты Провиденция до острова Уруп, на американском – вдоль восточного шельфа Берингова моря от залива Аляски до берегов Калифорнии; многочислен у Командорских и Алеутских островов; в небольших количествах – в Охотском и Японских морях [Рутенберг, 1962; Золотов, 1984; Антоненко и др., 2003; McDermontt, 2010;].

В пределах ареала выделяются три района повышенной численности терпуга: Северные Курильские острова и Юго-Восточная Камчатка, Алеутская островная гряда (Командорские и Алеутские о-ва) и залив Аляска [Золотов, 1986]. Наиболее высокой численности терпуг достигает в районе Алеутских островов, являясь самым массовым видом донной ихтиофауны и ключевым компонентом экосистемы [Lowe et al., 2009¹]. Терпуга, распространённого в западной части Северной Пацифики, относят к Курило-Камчатской популяции, обитающего вдоль Командорско-Алеутской гряды и в заливе Аляска – к Командоро-Алеутской популяции [Золотов, 1986; Золотов, Орлов, 2009].

Виду свойственна высокая миграционная активность, его пространственное распределение зависит от жизненного цикла, сезона, океанологических условий и текущей численности. Наибольшие концентрации терпуга сосредоточены в районах Алеутских островов на глубинах менее 200 м, в районе Курильских островов он распределяется в пределах глубин 100–250 м.

В зимний период (январь–апрель) терпуг рассредотачивается по всей площади шельфа, значительная часть особей перемещается на большие глубины – 300–400 м. Терпуг нерестится в прибрежной зоне на глубинах 5–35 м с начала июня по сентябрь [Дудник, Золотов, 2000]. Личинки пассивно выносятся течениями из прибрежных районов и расселяются на обширной акватории Берингова и Охотского морей, в тихоокеанских водах, прилегающих к районам нереста терпуга у Алеутских, Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки на расстоянии 150–500 миль от побережья [Рутенберг, 1962; Горбунова, 1962; Федоров, 1973; Золотов, 1975 а, б, 1984, 2010].

Мы имели уникальную возможность сравнить одновременно собранные данные по биологии и распределению терпуга на обширной акватории, включающей 4 промысловых района: Западно-Берингоморскую зону, Карагинскую и Петропавловско-Командорскую подзоны (Восточно-Камчатская зона), Северо-Курильскую зону.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования северного однопёрого терпуга были проведены в период с 11 апреля по 11 мая 2019 г. на рыболовном морозильном траулере РТМ П-0697 «Камлайн» (судовладелец ООО «Росрыбфлот»), оснащённом донным тралом SELSTAD 810 48M GEAR.

В Западно-Берингоморской зоне промысел вёлся в координатах 60°00'–60°03' с.ш. и 170°57'–171°04' в.д. на глубинах 130–190 м; в Карагинской подзоне – в координатах 56°11'–56°95' с.ш. и 163°09'–163°37' в.д. на глубинах 140–250 м; в Петропавловско-Командорской подзоне – в координатах 54°36'–55°06' с.ш. и 162°07'–162°17' в.д. на глубинах от 140 до 380 м; в Северо-Курильской зоне – в координатах 46°16'–49°01' с.ш. и 152°11'–154°31' в.д. на глубинах 90–250 м (рис. 1). В сутки выполняли от 1 до 5 тралений, время тралений составляло от 1,33 до 9 часов, в среднем – 4,13 часа. Наибольшие уловы терпуга фиксировали на глубинах 150–200 м при температуре воды 0,5–1,8 °С.

Сбор и обработку данных проводили в соответствии с общепринятыми в ихтиологической практике методами. В расчётах использовали длину тела по Смитту (*FL*). Для вычисления зависимости длина–масса использовали вес порки. За период рейса было выполнено 3939 биологических анализов терпуга, у 650 особей определён возраст. Возраст определяли по поперечному слою отолитов, проходящему через ядро, отшлифованному и прокаленному [Chilton, Beamish, 1982].

Данные по современному вылову терпуга получены из ОСМ «Мониторинг» [Vasilets, 2015].

РЕЗУЛЬТАТЫ

В весенний период 2019 г. в **Западно-Берингоморской зоне** наиболее плотные скопления терпуга наблюдались у восточной части мыса Олюторский (см. рис. 1). Общие уловы донного трала в среднем составили 34 т, на промысловое усилие – 7,73 т за час траления. Доля терпуга в уловах колебалась от 30 до 80%, в среднем – 48,8%.

В этом районе терпуг был представлен особями длиной от 24 до 45 см (в среднем 36,4 см), массой от 140 до 1020 г (в среднем – 589 г). Средняя длина самок составляла 37 см, модальная – 38 см; средняя длина самцов – 35,5 см, модальная – 36–37 см.

¹ Lowe S., Ianelli J., Wilkins M., Aydin K., Lauth R., Spies I. 2009. Stock assessment of Aleutian Islands Atka mackerel // Assessment and Evaluation Report for the Groundfish Resources of the Bering Sea. Aleutian Islands Regions. North Pacific Fisheries Management Council, P.O.Box 103136, Anchorage, Alaska, 99510.

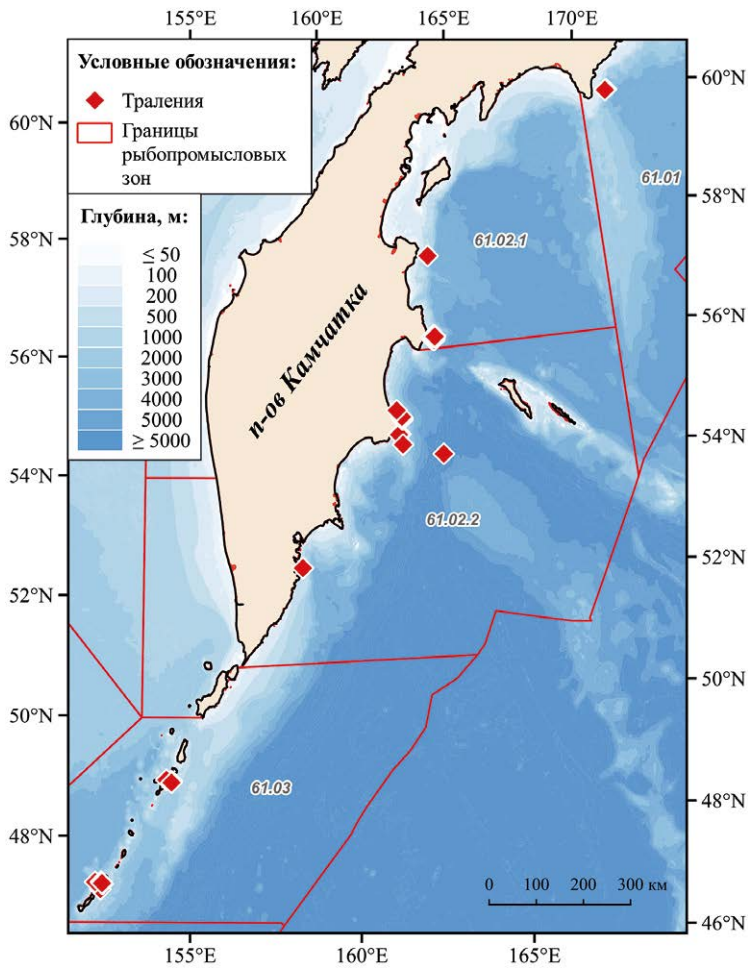


Рис. 1. Районы исследований терпуга в апреле–мае 2019 г.: 61.01 – Западно-Беринговоморская зона, 61.02.1 – Карагинская подзона, 61.02.2 – Петропавловско-Командорская подзона, 61.03 – Северо-Курильская зона

Fig. 1. Research areas for Atka mackerel in April–May 2019: 61.01 – West Bering Sea zone, 61.02.1 – Karaginskaya subzone, 61.02.2 – Petropavlovsk-Komandorsky subzone, 61.03 – North Kuril zone. Diamonds show the position of trawlings

В соотношении полов наблюдалось незначительное преобладание самок (54,8%). Встречаемость неполовозрелых особей (гонады II стадии зрелости) составляла 9,4%, (2,9% самок, 18,1% самцов). Гонады II–III стадии зрелости наблюдались у 6,5% самок и 14,4% самцов. Подавляющее большинство особей (80%) имели гонады III стадии зрелости (90,0% самок и 67,4% самцов). Вероятнее всего, эти особи участвовали в нересте 2019 года (рис. 2).

У 3,1% особей в этом районе наблюдались аномалии гонад (нитевидные гонады). Длина таких рыб варьировала от 33 до 40 см (в среднем – 37,4 см), масса от 480 до 790 г (средняя 667 г). Масса нитевидных гонад не превышала 0,5 г, ГСИ – 0,1%.

В **Карагинской подзоне** наиболее плотные скопления наблюдались в южной части подзоны у м. Африка, общие уловы на траление в среднем составили 21,4 т, на промысловое усилие – 4,1 т/час. Доля терпуга колебалась от 50 до 100%, в среднем – 45%.

В уловах встречался терпуг длиной от 24 до 46 см (средняя – 38,7 см), массой от 120 до 1230 г (средняя – 766 г). Средняя длина самок составила 39,7 см, мода –

40–41 см, средняя длина самцов – 37,8 см, мода – 38–39 см.

В уловах преобладали самки (66%). Доля рыб с гонадами II стадии зрелости составляла 1,0% у самок и 12,9% у самцов. Гонады II–III стадии зрелости были у 1,7% самок и 9,5% самцов. У большей части самок (97,2%) были гонады III стадии зрелости, доля самцов с гонадами этой стадии зрелости была значительно ниже – 58,3%. Около 18% самцов имели гонады III–IV стадии зрелости. Нитевидные гонады наблюдались у 1,5% особей. Длина таких рыб колебалась от 28 до 41 см (в среднем – 34,3 см), масса – от 250 до 880 г (в среднем – 526 г).

В **Петропавловско-Командорской подзоне** основные скопления терпуга были отмечены в районе мыса Шипунский, а также в заливах Авачинский и Кроноцкий. Общие уловы на траление в среднем составили 28,1 т, на промысловое усилие – 8,7 т/час. Доля терпуга колебалась от 30 до 100%, в среднем – 70%.

Терпуг в уловах был представлен особями длиной от 24 до 47 см (средняя – 39,5 см), массой от 130 до 1190 г (средняя – 737 г). Средняя длина самок состав-

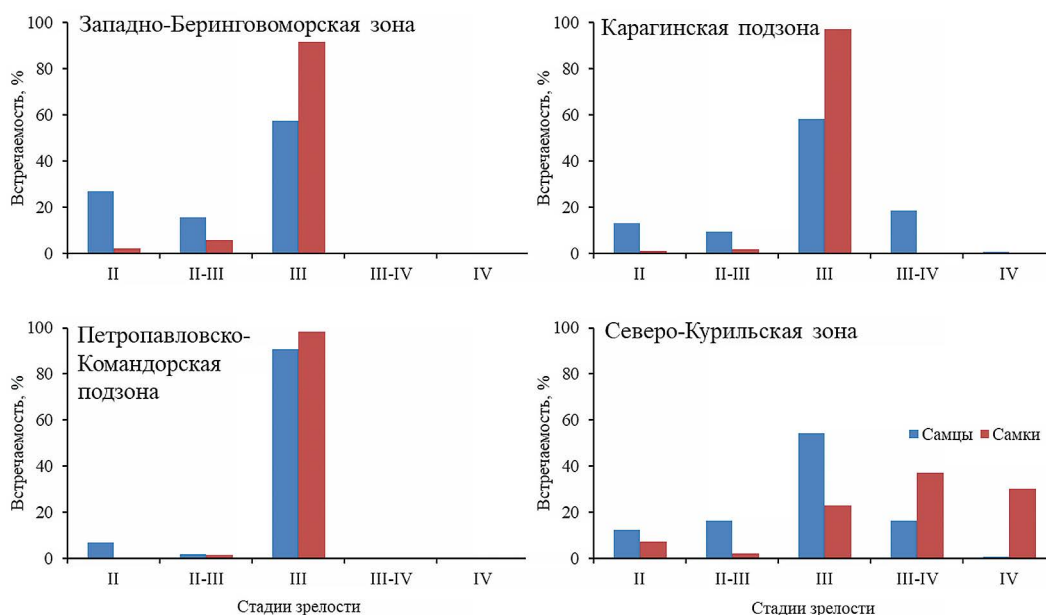


Рис. 2. Соотношение стадий зрелости гонад терпуга в разных промысловых районах в апреле–мае 2019 г.

Fig. 2. The ratio of stages of Atka mackerel gonad maturity in different fishing areas in April–May 2019

ляла 39,9 см, мода – 40 см, средняя длина самцов – 384 см, мода – 38 см.

Наблюдалось значительное преобладание самок (72,7%). Большая часть особей имели гонады III стадии зрелости (самок – 98,3%, самцов – 90,6%). Доля особей с нитевидными гонадами составляла около 1%.

В Северо-Курильской зоне плотные скопления терпуга наблюдались у островов Шиашкотан и Симушир. Общие уловы на траление в среднем составили 15,6 т, уловы на усилие – 4,7 т/час. Доля терпуга в уловах колебалась от 50 до 100%, в среднем – 85%.

Размеры рыб варьировали от 22 до 49 см, средняя длина рыб составила 36,9 см, модальная – 36–39 см. Среди самок доминировали особи 36–39 см (мода 37 см), среди самцов – 35–38 см (мода – 37 см). Масса варьировала от 100 до 1930 г (средняя – 673 г). Соотношение полов было близко 1:1 (самки – 48,5%, самцы – 50,6%). Доля неполовозрелых самок (II стадии зрелости гонад) составляла 7,3%, самцов – 12,6%. Большая часть самок имели гонады III–IV стадии зрелости (37%) и IV стадии зрелости (30,3%). Среди самцов преобладали (54%) особи с гонадами III стадии зрелости. Самцы с гонадами II–III и III–IV стадии зрелости составляли по 16%.

Таким образом, в большинстве районов подавляющее количество особей имели гонады III стадии зрелости (см. рис. 2). В Северо-Курильской зоне рыбы были более зрелыми, большая часть самок (55,1%) и значительная часть самцов (17,9%) находились в предне-

стовом состоянии (III–IV и IV), что вероятно, объясняется более южным расположением района.

Сравнивая размерные характеристики терпуга в исследованных районах, можно отметить наличие клинальной изменчивости. В направлении с севера на юг средние размеры рыб постепенно увеличиваются: в Западно-Берингоморской зоне – 36,4 см, в Карагинской подзоне – 38,7 см, в Петропавловско-Командорской подзоне – 39,5 см (табл. 1). На среднюю длину безусловно повлияло относительно большое количество молоди в Западно-Берингоморской зоне (4,7%), однако модальные размеры особей в этой зоне также были меньше на 2 см, чем в Восточно-Камчатской зоне (подзоны Карагинская и Петропавловско-Командорская).

В Северо-Курильской зоне терпуг имел относительно небольшие размеры, средняя длина (36,9 см) была сходна с таковой у терпуга из наиболее удалённого от этой зоны района – Западно-Берингоморской зоны (36,4 см), кроме того, здесь также присутствовал значительный процент молоди (5,6%).

Почти во всех районах при общем сходстве размерного состава самки на 1–2 см опережали самцов (рис. 3). Так, в Западно-Берингоморской зоне средняя длина самок составила 37 см, самцов – 35,5 см, разница – 1,5 см; в Карагинской подзоне средняя длина самок – 39,7 см, самцов – 37,8 см, разница – 1,9; в Петропавловско-Командорской подзоне средняя длина самок – 39,9 см, самцов – 38,4 см, разница

Таблица 1. Размерные характеристики терпуга в разных промысловых районах

Table 1. Size characteristics of Atka mackerel in different fishing areas

Район работ показатели	Западно-Беринговоморская зона	Карагинская подзона	Петропавловско-Командорская подзона	Северо-Курильская зона
Средняя длина, см	36,4	38,7	39,5	36,9
Мода, см	38	40	40	37
Особи менее 30 см, %	4,7	1,2	0,09	5,6

1,5 см. По модальным размерам самки в Западно-Беринговоморской зоне на 1 см превосходили самцов, в Карагинской и Петропавловско-Командорской подзонах – на 2 см. Это вполне закономерно, так как у рыб рост половозрелых самок рыб часто превосходит таковой у самцов, что связано с их разной репродуктивной стратегией [Wootton, Smith, 2014].

Однако размерные кривые самцов и самок терпуга в Северо-Курильской зоне практически совпали (см. рис. 3).

Средняя длина самок (37,5 см) была на 1 см больше, чем самцов (36,4 см), что было обусловлено большим количеством крупноразмерных самок. В данном аспекте более корректно рассмотрение модальных размеров, так как на этот показатель меньше влияют крайние

значения в выборке, что позволяет выявить истинный характер распределения. Сравнение модальной длины рыб разного пола в этой зоне показало их полное совпадение (37 см).

Для исследования выявленной пространственной изменчивости проведён сравнительный анализ показателей линейного роста самцов и самок терпуга из разных районов (табл. 2). Хотя объём материала невелик, прежде всего из-за малого количества рыб младших и старших возрастных групп, однако имеющиеся данные позволили оценить размеры рыб в доминирующих возрастных группах и выявить тенденции региональных различий роста.

Судя по тому, что к возрасту 2–3 года терпуг достигает длины 24 см, наиболее высокий темп роста

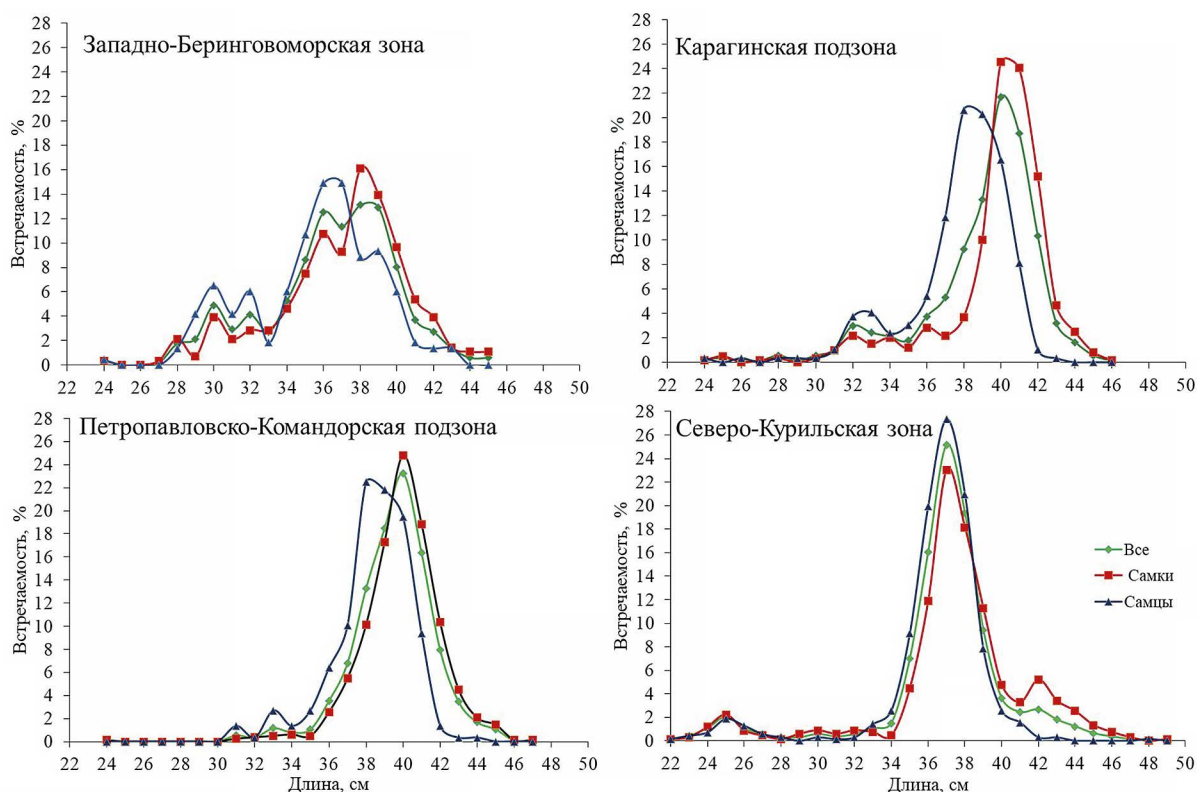


Рис. 3. Размерный состав терпуга в разных промысловых районах в апреле-мае 2019 г.

Fig. 3. Size composition of Atka mackerel in different fishing areas in April–May 2019

Таблица 2. Размер одновозрастных самцов и самок терпуга в разных районах промысла по возрастным группам
Table 2. The size of Atka mackerel males and females of the same age in different fishing areas by age group

Возраст, полных лет	Западно-Беринговоморская зона		Карагинская подзона		Петропавловско-Командорская подзона		Северо-Курильская зона	
	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы
2	–	–	–	–	–	–	24,6	24,7
3	–	29,0	–	24,0	24,0	–	29,2	28,3
4	30,7	30,5	30,7	32,0	31,3	31,7	32,2	33,5
5	32,8	33,3	33,1	32,7	33,1	33,1	34,7	34,6
6	36,3	35,0	35,3	34,8	35,0	35,0	36,2	36,4
7	38,0	36,1	36,9	37,0	38,2	37,2	37,4	37,3
8	39,0	38,2	41,0	38,5	40,3	38,2	39,5	38,9
9	40,1	39,7	41,9	41,5	41,7	39,8	42,0	40,6
10	41,2	–	43,4	–	43,7	40,0	41,4	41,5
11	41,0	–	45,5	–	44,0	–	42,0	42,0

происходит в первые 2–3 года жизни. Далее рост замедляется, и годовые приросты составляют 1–2 см, по крайней мере, до 10 лет.

В Западно-Беринговоморской зоне до 6 лет, в Карагинской подзоне до 5 лет, в Петропавловско-Командорской подзоне до возраста 7 лет размеры рыб разного пола сходны либо самцы несколько превосходят в размерах самок, в последующий период одновозрастные самки примерно на 1 см превосходят самцов. Заметные различия в размерах рыб разного пола в трёх районах появляются после достижения длины 33–35 см. По литературным данным, массовое созревание терпуга происходит при длине 32–34 см в возрасте 4–5 лет [Золотов, 1983; Дудник, Золотов, 2000], следовательно, по достижении половозрелости у терпуга проявляется половой диморфизм по длине в пользу самок. Поскольку репродуктивный успех самок напрямую

связан с размерами, темп их роста после полового созревания хотя и замедляется, но меньше, чем у самцов.

Линейный темп роста самок терпуга в Северо-Курильской зоне также со временем начинает превосходить таковой у самцов, однако это наблюдается, по нашим данным, лишь в возрасте 8 лет (разница 0,5 см) и в возрасте 9 лет (1,5 см) (см. табл. 2). Кривые линейного роста самцов и самок в этом районе практически сливаются в отличие от кривых роста терпуга из других районов, например, из ближайшего района к Северо-Курильской зоне – Петропавловско-Командорской подзоны (рис. 4).

Именно эта особенность роста терпуга в Северо-Курильской зоне находит отражение в сходстве размерных кривых у особей разного пола (см. рис. 3). Видимо, в этом районе действуют специфические факторы, нивелирующие выраженный половой диморфизм, характерный для терпуга в других частях ареала.

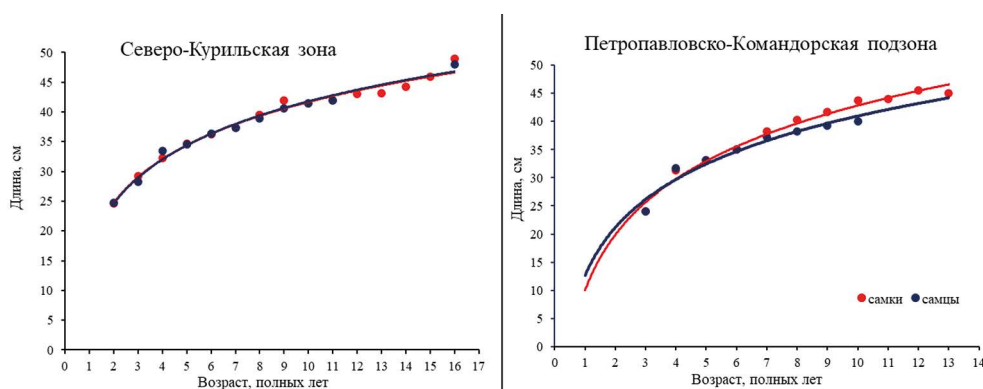


Рис. 4. Линейный рост самок и самцов терпуга в Северо-Курильской зоне и Петропавловско-Командорской подзоне (фактические данные)

Fig. 4. The growth rate of Atka mackerel females and males in the North Kuril zone and the Petropavlovsk-Komandorskaya subzone (actual data)

Линейный рост аппроксимируется уравнением Бер-
таланфи (рис. 5). Приводим уравнения для самок, так
как они представлены большим количеством возраст-
ных групп:

- Западно-Берингово-
морская зона $L(t)=44,7 \times (1 - e^{-0,21(t+1,56)})$
- Карагинская подзона $L(t)=55,7 \times (1 - e^{-0,12(t+2,7)})$
- Петропавловско-Коман-
дорская подзона $L(t)=48,2 \times (1 - e^{-0,22(t+0,34)})$
- Северо-Курильская зона . . $L(t)=49,7 \times (1 - e^{-0,14(t+3,16)})$

До 6-ти лет наиболее высокий темп линейно-
го роста наблюдается у терпуга из Западно-Беринго-
воморской и Северо-Курильской зон, по дости-

жении этого возраста – у терпуга из Карагинской
и Петропавловско-Командорской подзон. Также сле-
дует отметить сходство кривых роста у терпуга из двух
наиболее удалённых друг от друга зон – Западно-
Берингоморской и Северо-Курильской.

Сравнительный анализ весового роста самцов
и самок также выявил отличия терпуга из Северо-
Курильской зоны. Во всех исследованных районах по-
ловой диморфизм в весовом росте проявляется по до-
стижению рыбами пятилетнего возраста. Однако, если
в большинстве районов весовой рост самок с 5 лет
превосходит рост самцов, то в Северо-Курильской зоне
наблюдается обратная картина: самцы демонстрируют
более высокие показатели весового роста (рис. 6).

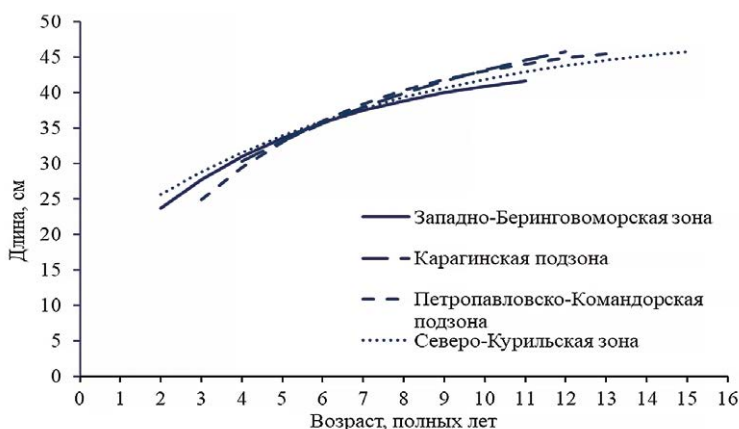


Рис. 5. Линейный рост самок терпуга в разных районах (уравнение Бер-
таланфи)
Fig. 5. The growth rate of Atka mackerel females in different areas (the Bertalanffy equation)

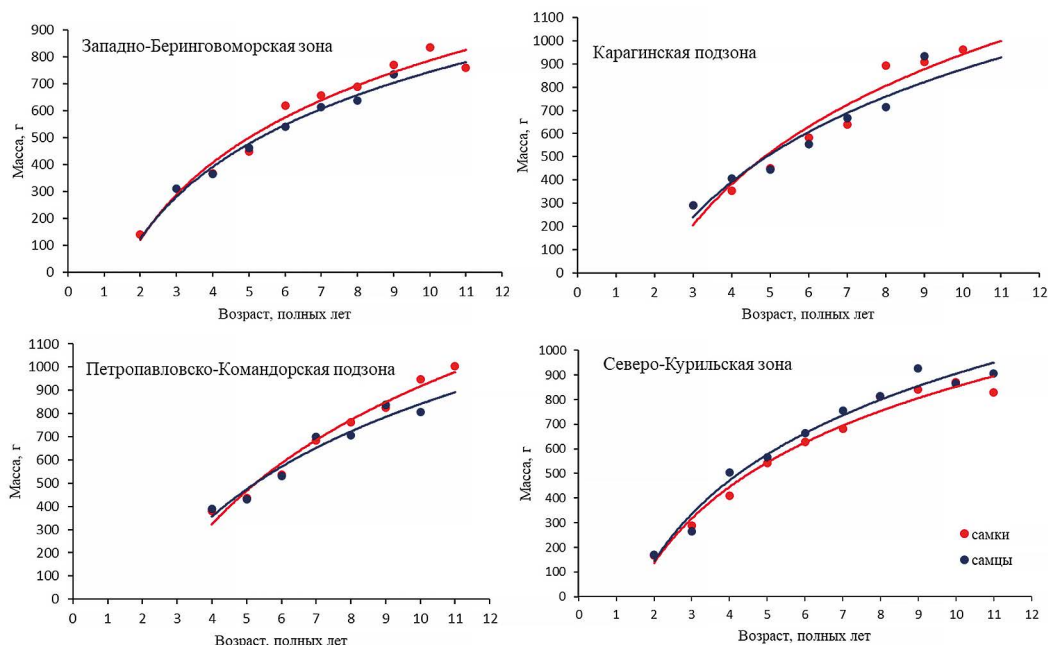


Рис. 6. Кривые весового роста самцов и самок терпуга в разных районах (фактические данные)
Fig. 6. The weight growth rate of Atka mackerel males and females in different areas (actual data)

Весовой рост терпуга хорошо аппроксимируется уравнением Гомперца (рис. 7), уравнения для самок выглядят следующим образом:

- Западно-Берингово-морская зона $W(t)=847,1 \times e^{-4,1 \exp(-0,4t)}$
- Карагинская подзона $W(t)=1347,1 \times e^{-3,8 \exp(-0,3t)}$
- Петропавловско-Командорская подзона $W(t)=1041 \times e^{-5,4 \exp(-0,4t)}$
- Северо-Курильская зона $W(t)=1750 \times e^{-2,3 \exp(-0,1t)}$

До 7-ми лет лучшие показатели весового роста наблюдаются у терпуга в Западно-Беринговоморской зоне, после чего следует его значительное замедление. У терпуга из других районов замедление весового роста с возрастом проявлено слабее. Относительно вы-

соким весовым ростом по достижении 7-ми лет характеризуется терпуг из Карагинской подзоны и Северо-Курильской зоны (см. рис. 7).

Получены следующие уравнения степенной зависимости массы ($W, \text{г}$) от длины тела ($FL, \text{см}$) для терпуга из разных районов:

- Западно-Берингово-морская зона $W=0,0175FL^{2,8648} (R^2 = 0,9382)$
- Карагинская подзона $W=0,0108FL^{3,0065} (R^2 = 0,953)$
- Петропавловско-Командорская подзона $W=0,0275FL^{2,7482} (R^2 = 0,8594)$
- Северо-Курильская зона $W=0,0088FL^{3,0561} (R^2 = 0,9591)$

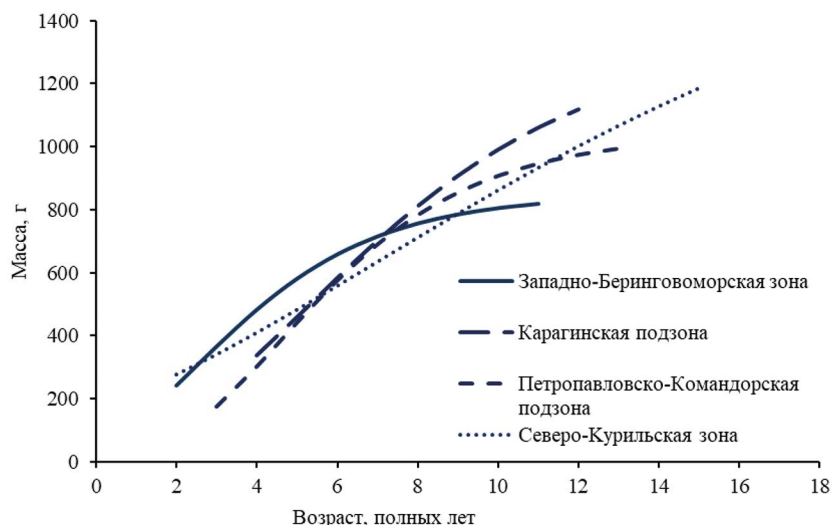


Рис. 7. Весовой рост самок терпуга в разных районах (уравнение Гомперца)

Fig. 7. The weight growth rate of Atka mackerel females in different areas (Gompertz equation)

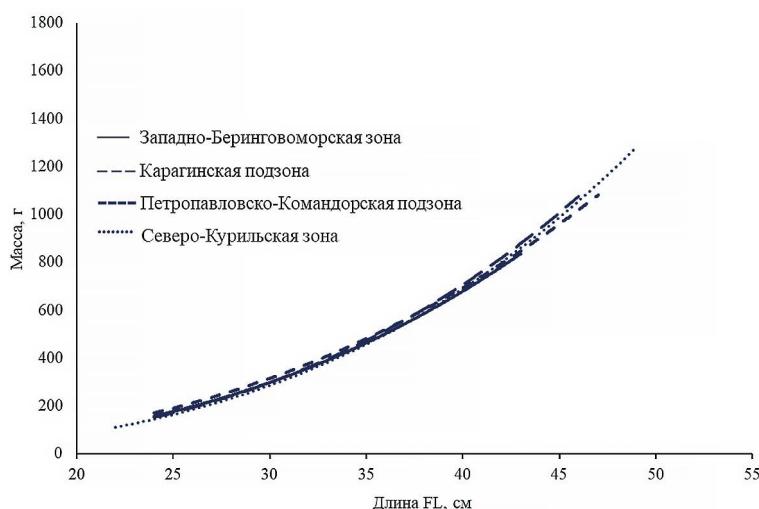


Рис. 8. Зависимость массы от длины терпуга из разных районов

Fig. 8. The dependence of weight on the Atka mackerel size from different areas

Изометрический рост наблюдается у терпуга в Карагинской подзоне и Северо-Курильской зоне. В Западно-Беринговоморской зоне и Петропавловско-Командорской подзоне степенной коэффициент чуть меньше 3 (рис. 8).

ОБСУЖДЕНИЕ

Северный однопёрый терпуг – важный объект отечественного промысла. Он встречается в промысловых зонах по всему континентальному шельфу от Южно-Курильской зоны до Западно-Беринговоморской ИЭЗ России. Динамика вылова терпуга по промысловым районам позволяет получить информацию о особенностях его распределения.

В настоящее время статистика уловов этого вида ведётся по 5-ти промысловым районам: Западно-Беринговоморской зоне, Карагинской и Петропавловско-Командорской подзонах, Северо-Курильской и Южно-Курильской зонах.

Многолетняя динамика вылова показывает, что основной промысел (85%) терпуга сосредоточен в двух смежных районах: Северо-Курильской зоне (59%) и Петропавловско-Командорской подзоне (26%). В период 1991–1995 гг. ежегодный вылов терпуга в Северо-Курильской зоне составлял в среднем 2,4 тыс. т, в Петропавловско-Командорской подзоне – 2,0 тыс. т, в 1996–2000-х гг. – 15,9 и 12,3 тыс. т соответственно [Золотов и др., 2015]. За период 2001–2015 гг. уловы в Северо-Курильской зоне в среднем составляли 32 тыс. т, максимальный вылов 43,2 тыс. т был достигнут в 2010 г. В Петропавловско-Командорской подзоне

вылов за 2000–2014 гг. колебался от 10 до 18 тыс. т, составив в среднем 15 тыс. т. В последние 10 лет средний вылов в Северо-Курильской зоне составляет около 14,9 тыс. т, в Петропавловско-Командорской подзоне – около 6,2 тыс. т. В других промысловых районах уловы терпуга невелики (рис. 9).

В Южно-Курильской зоне промысел терпуга ведётся на локальной акватории, прилежащей с запада к проливу Буссоль, включая узкий участок шельфа и сваловую область вокруг островов Черные Братья, Броутона и у северо-восточной оконечности о. Уруп [Золотов и др., 2015; Курбанов, 2019].

В северной части ареала основной промысел сосредоточен на стыке Западно-Беринговоморской зоны и Карагинской подзоны у мыса Олюторский. Сведения о встречаемости терпуга в Олюторском заливе имеются в ранних исследованиях [Рутенберг, 1962], однако его промысловые концентрации формируются здесь лишь в периоды высокой численности. В начале 2000-х гг. по результатам учётных съёмов, выполненных в Олюторском заливе, его биомасса была оценена в 40 тыс. т.

Границы ареала терпуга в различные годы существенно меняются. В предыдущий период его высокой численности (1968–1976 гг.) взрослые особи встречались южнее пролива Буссоль в Охотском море [Сафронов, Никифоров, 1980], а молодь в значительных количествах отмечалась от Сахалина до Камчатки [Золотов, 1986]. В годы низкой численности (80-е годы) в Охотском море были отмечены лишь незначительные скопления молоди в непосредственной близости от Курильских островов и у Юго-Западной Камчатки

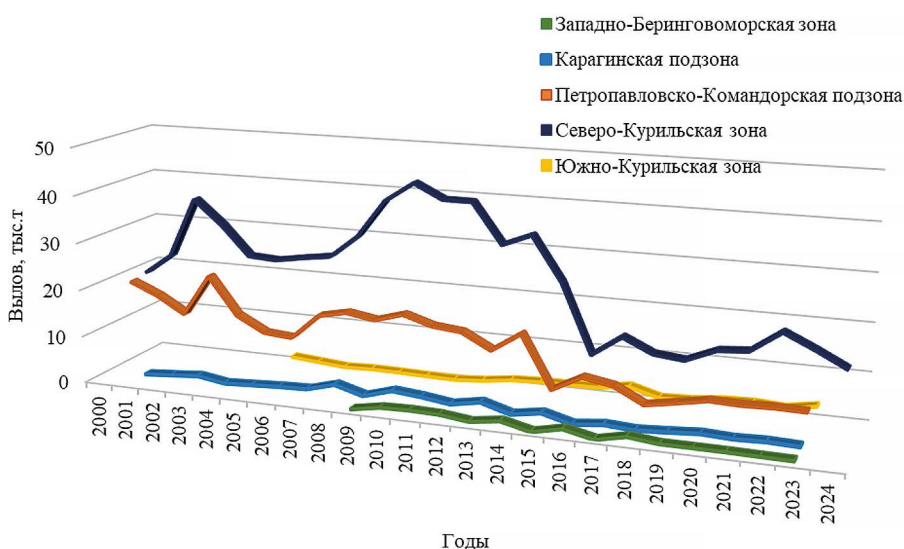


Рис. 9. Вылов северного однопёрого терпуга по районам промысла в 2001–2023 гг.

Fig. 9. Catch of Atka mackerel by fishing area in 2001–2023

[Дудник, Золотов, 2000]. В период следующего подъёма численности (2000-е годы) скопления терпуга были отмечены у берегов Юго-Восточного Сахалина, в заливах Анива и Терпения [Ким Сен Ток, 2006]. В 2003 году терпуг впервые был обнаружен в северной, наиболее холодноводной части Охотского моря у о. Спафарьева [Черешнев, Назаркин, 2004]. В Японском море терпуг встречался в заливе Петра Великого в Японском море [Антоненко и др., 2004] и в Татарском проливе [Соломатов и др., 2009].

Берингово море (Западно-Беринговоморская зона и Карагинская подзона) и Южно-Курильская зона являются периферийными акваториями ареала терпуга Курило-Камчатской популяции. При сравнении его уловов в этих районах просматривается отрицательная зависимость (рис. 10). За последние 9 лет коэффициент корреляции между уловами в этих районах промысла составил $r = -0,4$. Наблюдаемая зависимость может быть связана либо с направлением миграций терпуга, либо определяться стратегией или возможностью освоения запасов.

Сравнительный анализ размерного состава и темпов роста скоплений терпуга на обширной акватории северо-западной части Тихоокеанского шельфа выявил пространственную неоднородность этих показателей. Наиболее выраженные отличия отмечены у особей из Северо-Курильской зоны, которая является районом повышенной концентрации вида, обеспечивая, независимо от численности, более 50% вылова терпуга. Видимо, данный район характеризуется оптимальными для вида океанографическими условиями. Выявленные



Рис. 10. Динамика вылова терпуга в периферийных зонах ареала: северной (Карагинская подзона и Западно-Беринговоморская зона) и южной (Южно-Курильская зона) в 2000-е гг.

Fig. 10. Dynamics of Atka mackerel catch in the peripheral zones of their range: the northern (Karagininskaya subzone and West Bering Sea zone) and southern (South Kuril zone) in the 2000s

особенности роста и полового диморфизма отражают адаптацию к локальным условиям обитания, а также указывают на относительную обособленность группировки.

Наличие клинальной изменчивости наблюдается и у терпуга Командоро-Алеутской популяции, в районе западных Алеутских островов рыбы характеризуются меньшими размерами, чем в восточных районах [Lowe et al., 1997²], что также свидетельствует об относительной устойчивости локальных скоплений терпуга.

Исследования Командоро-Алеутской популяции терпуга показали высокую степень осёдлости вида и привязанность к конкретным локальным акваториям. Анализ отолитов с использованием геохимических маркеров выявил наличие уникальных «химических подписей» у рыб из разных регионов [Stark, Hussey, 2015]. Это говорит о том, что большую часть жизни терпуг проводит в пределах одного региона. Прямые данные мечения терпуга в районах Алеутских островов показали, что большинство меченых особей были пойманы в радиусе менее 50 км от места мечения, что также указывает на крайне ограниченные перемещения в течение жизненного цикла [Nichol, Somerton, 2002]. Дальние миграции (> 20 морских миль) у этого вида являются относительно редкими и не оказывают существенного влияния на структуру популяции [Lowe et al., 1997²].

Несмотря на значительные региональные различия роста терпуга, генетический анализ показал низкий уровень региональной изменчивости ($F_{ST} = 0,004$), что говорит о значительном потоке генов на всём протяжении ареала и генетически однородной Командоро-Алеутской популяции терпуга [McDermontt et al., 2005]. Видимо, обмен генами происходит внутри популяций терпуга за счёт расселения на ранних стадиях жизни (пелагических личинок и мальков). Скорее всего аналогичные процессы происходят и с Курило-Камчатской популяцией северного однопёрного терпуга, которая распределена на огромной акватории от Берингова моря до Южных Курильских островов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее интенсивный рост терпуга отмечается в первые три года жизни, после чего годовые приросты сокращаются до 1–2 см. По достижении длины 33–35 см, соответствующей возрасту массового полового созревания, в трёх из четырёх исследованных районов проявляются половые различия в размерах рыб разного пола – одновозрастные самки крупнее самцов.

² Lowe S.A, Fritz L.W. 1997. Atka mackerel // Stock Assessment and Fishery Evaluation Report for the Groundfish Resources of the Bering Sea. Aleutian Islands Regions as Projected for 1998.

Исключение составляет Северо-Курильская зона, где линейный рост самцов и самок терпуга практически идентичен, что отражается на размерной структуре уловов. Размерный состав рыб разного пола сходен, прежде всего по модальным значениям, в отличие от других районов, где модальные размеры самок на 1–2 см превосходят таковые самцов.

Наличие клинальной изменчивости размеров, а также специфические особенности роста рыб в Северо-Курильской зоне, свидетельствуют о неоднородности популяции терпуга на обширной акватории северо-западной части тихоокеанского шельфа. Учитывая относительно низкую миграционную активность вида, можно предположить существование нескольких обособленных группировок (субпопуляций), адаптированных к локальным условиям. Однако, несмотря на пространственную разобщённость группировок терпуга и привязанность к конкретным локальным акваториям, генетическое единство популяции поддерживается за счёт расселения на ранних стадиях жизни.

Благодарности

Авторы выражают благодарность к.б.н. К.А. Жуковой за совместную работу в экспедиционных исследованиях.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

Антоненко Д. В., Калчугин П. В., Соломатов С. Ф. 2004. О поимках новых для вод Приморья (Японское море) видов рыб // Вопросы ихтиологии. Т. 44. № 2. С. 283–284.

Антоненко Д. В., Соломатов С. Ф., Калчугин П. В. 2003. Об обнаружении северного однопёрого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* и окуня бараменуки *Sebastes baramenike* в водах Приморья (Японское море) // Вопросы ихтиологии. Т. 43. № 2. С. 281–282.

Горбунова Н. Н. 1962. Размножение и развитие рыб семейства терпуговых (Hexagrammidae) // Труды ИО АН СССР. 1962. Т. 59. С. 118–182.

Дудник Ю. И., Золотов О. Г. 2000. Распространение, особенности биологии и промысел однопёрых терпугов рода *Pleurogrammus* (Hexagrammidae) в прикурильских водах // Промыслово-биологические исследования рыб в ти-

хоокеанских водах Курильских островов и прилегающих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг. М.: ВНИРО. С. 78–90.

Золотов А. О., Золотов О. Г., Курбанов Ю. К. 2020. Состояние запасов и современный промысел северного однопёрого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas, 1810) в Олюторско-Наваринском районе Берингова моря // Известия ТИНРО. Том 200. № 1. С. 38–57. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-38-57.

Золотов А. О., Золотов О. Г., Спиринов И. Ю. 2015. Многолетняя динамика биомассы и современный промысел северного однопёрого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* в тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов // Известия ТИНРО. Т. 181. С. 3–22.

Золотов О. Г. 1975 а. Распределение однопёрого терпуга в прибрежных водах северных Курильских островов // Известия ТИНРО. Т. 97. С. 37–43.

Золотов О. Г. 1975 б. Некоторые черты биологии и распределение северного однопёрого терпуга в водах западной части Командоро-Алеутской гряды // Известия ТИНРО. Т. 98. С. 89–98.

Золотов О. Г. 1984. Биология северного однопёрого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas) в водах Камчатки и Курильских островов: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 24 с.

Золотов О. Г. 1986. Северный однопёрый терпуг // Биологические ресурсы Тихого океана. М.: Наука. С. 310–319.

Золотов О. Г. 2010. О распространении и структуре ареала северного однопёрого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: материалы 9-й науч. конф. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 92–95.

Золотов О. Г., Орлов А. М. 2009. Роль подводных поднятий в структуре ареала северного однопёрого терпуга // Рыбное хозяйство. № 6. С. 53–57.

Ким Сен Ток. 2006. Особенности сезонной динамики стада северного однопёрого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* Pallas в тихоокеанских водах у средних Курильских островов в 2002–2004 гг. // Известия ТИНРО. Т. 147. С. 129–140.

Курбанов Ю. К. 2019. Современный промысел северного однопёрого терпуга (*Pleurogrammus monopterygius*, Hexagrammidae) в водах восточной Камчатки и Курильских островов // Вопросы рыболовства. Т. 20. № 3. С. 350–362. DOI: 10.36038/0234-2774-2019-20-3-350-362.

Рутенберг Е. П. 1962. Обзор рыб семейства терпуговых (Hexagrammidae) // Труды ИО АН СССР. Т. 59. С. 3–100.

Сафронов С. Н., Никифоров С. Н. 1980. К вопросу о биогеографическом районировании шельфа южных Курильских островов на примере родов *Pleurogrammus* и *Lepidopsetta* (Hexagrammidae, Pleuronectidae, Pisces) // Проблемы морской биогеографии: Тез. докл. Всесоюз. совещ. Владивосток. С. 98–99.

Соломатов С. Ф., Антоненко Д. В., Баланов А. А., Калчугин П. В. 2009. Новые данные о встречаемости северного однопёрого терпуга *Pleurogrammus monopterygius*

- (Hexagrammidae) в Японском море // Вопросы ихтиологии. Т. 49. № 1. С. 71–77. DOI: 10.1134/S0032945209010081.
- Федоров В.В. 1973. Ихтиофауна Берингова моря и некоторые аспекты ее происхождения и формирования // Известия ТИНРО. Т. 87. С. 3–41.
- Черешнев И.А., Назаркин М.В. 2004. Первая находка северного однопёрого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* (Scorpaeniformes: Hexagrammidae) в районе Тауйской губы (северная часть Охотского моря) // Вопросы ихтиологии Т. 44. № 3. С. 375–379.
- Chilton D.E., Beamish R.J. 1982. Age determination methods for fishes studied by the ground program at the Pacific Biological Station // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. V. 60. 102 p.
- McDermontt S.F. 2010. Introduction to a Special Section: Atka Mackerel Distribution, Life History, Ecology, and Management // Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science 2:304–305. American Fisheries Society. DOI: 10.1577/C10-038.1
- McDermontt, S. F., Mulligan, B. P., & Canino, M. F. 2005. Genetic heterogeneity of Atka mackerel (*Pleurogrammus monopterygius*) in the Aleutian Islands // Fishery Bulletin, 103(2), 297–310.
- Nichol D.G., Somerton D.A. 2002. The annual reproductive cycle of Atka mackerel (*Pleurogrammus monopterygius*) in the North Pacific Ocean // Fishery Bulletin. 100(3). P. 498–509.
- Stark K.E., Hussey A.M. 2015. Population structure of Atka mackerel (*Pleurogrammus monopterygius*) in the North Pacific Ocean: evidence from otolith chemistry // Environmental Biology of Fishes, 98(4), 1089–1105. DOI: 10.1007/s10641-014-0343-7.
- Vasilets P.M. 2015. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.
- Wootton R.J., Smith C. 2014. Reproductive Biology of Teleost Fishes. // Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/tafs.10212.
- area of the Bering Sea // Izvestiya TINRO. V. 200. № 1. P. 38–57. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-38-57. (In Russ.).
- Zolotov A.O., Zolotov O.G., Spirin I.Yu. 2015. Long-term dynamics of biomass and modern fishery of Atka mackerel *Pleurogrammus monopterygius* in the Pacific waters of Kamchatka and Kuril Islands // Izvestiya TINRO. V. 181. P. 3–22. (In Russ.)
- Zolotov O.G. 1984. Biology of the Atka mackerel *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas) in the waters of Kamchatka and the Kuril Islands. PhD abstrt. in biology. Moscow: VNIRO. 24 p. (In Russ.).
- Zolotov O.G. 1986. Atka fish *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas) // Biological resources of the Pacific Ocean. Moscow: Nauka. P. 310–319. (In Russ.).
- Zolotov O.G., Orlov A.M. 2009. Role of submarine uplands in the frame of geographic area of Atka mackerel // Fisheries. № 6. P. 53–57. (In Russ.).
- Kim Sen Tok. 2006. Seasonal dynamics of the stock of Atka mackerel *Pleurogrammus monopterygius* in Pacific waters at middle Kuril Islands in 2002–2004 // Izvestiya TINRO. V. 147. P. 129–140 (In Russ.).
- Kurbanov Y.K. 2019. Characteristics of fishery of Atka mackerel (*Pleurogrammus monopterygius*, Hexagrammidae) in eastern Kamchatka and Kuril Islands waters in 2010–2018 // Problems of Fisheries. V. 20. № 3. P. 350–362. DOI: 10.36038/0234-2774-2019-20-3-350-362. (In Russ.).
- Safronov S.N., Nikiforov S.N. 1980. On the issue of biogeographical zoning of the shelf of the southern Kuril Islands using the example of the genera *Pleurogrammus* and *Lepidopsetta* (Hexagrammidae, Pleuronectidae. Pisces) // Problems of marine biogeography: Abstr. of report of the All-Union Meeting. Vladivostok. P. 98–99. (In Russ.).
- Solomatov S.F., Antonenko D.V., Kalchugin P.V., Balanov A.A. 2009. New data on the occurrence of Atka mackerel *Pleurogrammus monopterygius* (Hexagrammidae) in the Sea of Japan // Journal of Ichthyology. V. 49. № 1. P. 71–77. DOI: 10.1134/S0032945209010081. (In Russ.).
- Fedorov V.V. 1973. Ichthyofauna of the Bering Sea and some aspects of its origin and formation // Izvestiya TINRO. V. 87. P. 3–41. (In Russ.).
- Chereshnev I.A., Nazarkin M.V. 2004. The first finding of Atka mackerel *Pleurogrammus monopterygius* (Scorpaeniformes: Hexagrammidae) in the Tauiskaya bay (northern part of the sea of Okhotsk) // Journal of Ichthyology. V. 44. № 3. P. 375–379. (In Russ.).
- Chilton D.E., Beamish R.J. 1982. Age determination methods for fishes studied by the ground program at the Pacific Biological Station // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. V. 60. 102 p.
- McDermontt S.F. 2010. Introduction to a Special Section: Atka Mackerel Distribution, Life History, Ecology, and Management // Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science 2:304–305. American Fisheries Society. DOI: 10.1577/C10-038.1
- McDermontt, S. F., Mulligan, B. P., & Canino, M. F. 2005. Genetic heterogeneity of Atka mackerel (*Pleurogrammus*

REFERENCES

- Antonenko D.V., Kalchugin P.V., Solomatov S.F. 2004. Catches of fish new for the Primorskii krai waters (the Sea of Japan) // Journal of Ichthyology. V. 44. № 2. P. 283–284. (In Russ.).
- Antonenko D.V., Solomatov S.F., Kalchugin P.V. Occurrence of *Pleurogrammus monopterygius* and *Sebastes baramenue* off Primore (the Sea of Japan) // Journal of Ichthyology. V. 43. № 2. P. 281–282. (In Russ.).
- Dudnik Yu.I., Zolotov O.G. 2000. Distribution, features of biology and fishery of arabesque greenling of the genus *Pleurogrammus* (Hexagrammidae) in the Kuril waters // Commercial and biological studies of fish in the Pacific waters of the Kuril Islands and adjacent areas of the Sea of Okhotsk and the Bering Sea in 1992–1998. Moscow: VNIRO Publish. P. 78–90. (In Russ.).
- Zolotov A.O., Zolotov O.G., Kurbanov Y.K. 2020. State of stocks and modern fishery of Atka mackerel *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas, 1810) in the Olyutorsky-Navarinsky

- monopterygius*) in the Aleutian Islands // Fishery Bulletin, 103(2), 297–310.
- Nichol D.G., Somerton D.A. 2002. The annual reproductive cycle of Atka mackerel (*Pleurogrammus monopterygius*) in the North Pacific Ocean // Fishery Bulletin. 100(3). P. 498–509.
- Stark K.E., Hussey A.M. 2015. Population structure of Atka mackerel (*Pleurogrammus monopterygius*) in the North Pacific Ocean: evidence from otolith chemistry // Environmental Biology of Fishes. 98(4), 1089–1105. DOI: 10.1007/s10641-014-0343-7.
- Vasilets P.M. 2015. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.
- Wootton R.J., Smith C. 2014. Reproductive Biology of Teleost Fishes. // Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/tafs.10212.

Поступила в редакцию 22.04.2026 г.
Принята после рецензий 30.04.2026 г.



УДК 599.5+639.2 (268.45)

Промысловые виды и их биология

Оценка влияния российского рыболовства на китообразных в Баренцевом море

Р. Н. Клепиковский, В. А. Ившин

Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М.Книповича), ул. Академика Книповича, 6, г. Мурманск, 183038, Россия
E-mail: klepikovskiy@gmail.com

SPIN-код: Р.Н.Клепиковский – 7003–0734; В.А.Ившин – 3102–7538

Цель работы: оценить влияние российского рыболовства на китообразных в Баренцевом море.

Материалом исследования послужили многолетние данные о встречах с китообразными, собранные в тралово-акустических съёмках, информация от наблюдателей на промысловых судах и от самих промысловиков, данные о районах проведения российского рыболовства в Баренцевом море.

Используемые методы: геообработка и картирование исследуемых параметров, сравнительный анализ данных.

Результаты: в свободных ото льда, удалённых от берегов акваториях Баренцева моря, отмечено 9 основных видов китообразных. Их распределение значительно перекрывалось российским рыболовством, в первую очередь, ловом донными тралом и ярусом. Фактическое влияние промысловой деятельности на китов в целом было незначительное и распространялось на малого полосатика, горбача, кашалота, высоколобого бутылконоса, беломорского дельфина. Благодаря регистрациям их контактов с тем или иным видом лова были определены основные районы влияния российского рыболовства на китообразных – это акватории на юго- и северо-востоке и западе Баренцева моря. Наиболее уязвимым к российской промысловой деятельности выявлен горбач, а наиболее опасным видом промысла определены ловушки на крабов, в порядках которых происходили запутывания, в основном горбачей, приводящие к гибели китов.

Практическая значимость: результаты проведённых исследований могут быть использованы в изучении условий обитания китообразных в Баренцевом море, при оценке их запасов и влияния на рыболовство.

Ключевые слова: усатые и зубатые киты, трал, ярус, ловушки, распределение, влияние промысла.

Assessing the impact of Russian fisheries on cetaceans in the Barents Sea

Roman N. Klepikovskiy, Viktor A. Ivshin

Polar branch of VNIRO (N.M. Knipovich «PINRO»), 6, Academician Knipovich St., Murmansk, 183038, Russia

The aim of the paper is to assess the impact of Russian fisheries on cetaceans in the Barents Sea.

The material was based on long-term data on encounters with cetaceans collected in trawl-acoustic surveys, information from observers on fishing vessels and from the fishermen themselves, and data on the areas where Russian fishing takes place in the Barents Sea.

Methods: geoprocessing and mapping of the studied parameters, comparative analysis of the data.

Results: in ice-free, offshore waters of the Barents Sea, 9 main species of cetaceans were recorded. Their distribution significantly overlapped with Russian fisheries, primarily bottom trawl and longline fishing. The actual impact of fishing activity on whales was generally minor and affected the minke whale, humpback whale, sperm whale, northern bottlenose whale, and white-beaked dolphin. Based on recordings of their interactions with a particular type of fishing gear, the main areas of influence of Russian fisheries on cetaceans were identified – these are the waters in the south-east, north-east, and west of the Barents Sea. The humpback whale was found to be the most vulnerable to Russian fishing activity, and crab traps were identified as the most dangerous type of gear, with entanglements occurring in their lines, mainly involving humpback whales, leading to the death of the whales.

Practical significance: the results of the completed research can be used in studying the habitat conditions of cetaceans in the Barents Sea, in assessing their stocks and their impact on fisheries.

Keywords: baleen and toothed whales, trawl, longline, trap, distribution, influence of fishery.

ВВЕДЕНИЕ

Баренцево море является зоной активного рыболовства, где в настоящее время Россией ведётся промысел тралами (донными и пелагическими), донным яру-

сом, крабовыми ловушками. Среди рыб здесь в последние годы нашей страной добывались преимущественно треска (*Gadus morhua* L., 1758), пикша (*Melanogrammus aeglefinus* (L., 1758)), сайда (*Pollachius virens* (L., 1758)), чёрный палтус (*Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum,

1792)) и т.д., в меньших объёмах – мойва (*Mallotus villosus* (Müller, 1776)) и сайка (*Boreogadus saida* (Lepechin, 1774)) [Греков и др., 2024]. В структуре вылова промысловых беспозвоночных в Баренцевом море камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815)) и краб-стригун (*Chionoecetes opilio* (Fabricius, 1788)) до последнего времени составляли около половины объёмов добычи, а в последние годы – около 60% [Бизиков и др., 2024].

В то же время Баренцево море – место обитания различных китообразных, количество основных видов которых в открытых свободных ото льда водах может составлять 12 в летне-осенний период и 7 в осенне-зимний [Клепиковский, Ившин, 2022; Клепиковский и др., 2024].

Как правило, зоны активного рыболовства и районы распределения китообразных обычно приурочены к участкам с высокой биологической продуктивностью (скоплениям планктона, рыбы и т.п.), где происходит их пересечение.

В последние десятилетия в Баренцевом море наблюдается потепление климата, наиболее сильно проявившееся с начала 2000-х годов [Трофимов и др., 2018]. Этот процесс в настоящее время расценивается как благоприятный фактор для многих видов рыб, в том числе промысловых, большинство из которых являются борельными [Греков и др., 2024]. В связи с потеплением расширяются территории ведения промысла и увеличивается его влияние на экосистему Баренцева моря, в том числе на китообразных. Это антропогенное воздействие необходимо учитывать как один из элементов при изучении условий обитания китов и дельфинов.

Проблема влияния рыболовства на китообразных достаточно широко изучается в мире. Большинство стран придерживаются требований международной китобойной комиссии (IWC), которая рекомендовала создание глобальной системы мониторинга и отчётности в сборе стандартизированных данных о приловах китообразных на промыслах рыб и беспозвоночных¹. В ряде стран существуют профильные ведомства, занимающиеся данной проблемой, например, такие как Национальное управление океанических и атмосферных исследований США (NOAA), Департамент рыболовства и океанов Канады (DFO). В России сбором такой информации в основном занимаются филиалы ГНЦ РФ ФГБНУ ВНИРО.

С начала 2000-х годов Полярный филиал ВНИРО («ПИНРО» им. Н. М. Книповича) ведёт сбор информации по морским млекопитающим на промысловых судах,

работающих в Северной Атлантике, включая Баренцево море.

Цель работы – по данным исследований ПИНРО оценить влияние различных видов российского промысла (донный, ярусный, пелагический, ловушечный) на китообразных в Баренцевом море.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для представления и описания распределений китообразных в Баренцевом море использовались данные встреч с ними, собранные летом–зимой в 2007–2024 гг. в тралово-акустических съёмках (ТАС) ПИНРО: экосистемная съёмка в Баренцевом море и прилегающих водах Северного Ледовитого океана, многовидовая (МВ) ТАС по учёту молоди и оценке запасов донных рыб Баренцева моря, МВ ТАС по учёту молоди и оценки запасов чёрного палтуса и морских окуней. Эти съёмки направлены в первую очередь на определение запасов промысловых видов рыб с комплексным сбором попутной океанографической, биологической, акустической и прочей информации, в том числе о морских млекопитающих. Основные наблюдения за китообразными проводились во время переходов судна на скорости 8–10 узлов между запланированными станциями (тралениями), дополнительные – при работе на станциях [Изучение экосистем ..., 2004]. Всего было использовано 9296 встреч с 31611 экз. за период 2007–2024 гг.

Для характеристики российского рыболовства в Баренцевом море из промысловой базы ПИНРО были использованы координаты 374748 операций различными орудиями лова за такой же временной промежуток, за который были взяты данные о распределении китообразных. Из них: 254373 – лов донным тралом, 24257 – пелагическим тралом, 37001 – донным ярусом и 59117 – ловушками на крабов.

Кроме того, в работе использовалась информация, полученная наблюдателями ПИНРО на промысловых судах, и сведения от промысловиков. По этим данным, в период 2002–2024 гг. в 33 рейсах было зафиксировано 155 случаев влияния различных видов промысла на китообразных, из которых 66,5% (103 случая) приходилось на донный трал, 28,4% (44 случая) – донный ярус, 5,2% (8 случаев) – ловушки. Каких-либо фактов влияния лова пелагическим тралом зарегистрировано не было. Все случаи с донным тралом были связаны с фиксацией подходов китообразных к судну и поеданием выпадающей из трала на подъёме рыбы. Для донного яруса: 54,5% (24 случая) – с регистрацией подходов китообразных к судну во время выборки яруса и подбором рыбы, сорвавшейся с крючков, 43,2% (19 случаев) – с фиксацией срывания китообразными части улова с крючков и 2,3% (1 случай) – запутывания

¹ Basran C. 2014. https://www.researchgate.net/publication/328146656_Scar-based_analysis_and_eyewitness_accounts_of_entanglement_of_humpback_whales_Megaptera_novaeangliae_in_fishing_gear_in_Iceland. 25.02.2026

и гибели в ярусе. Все случаи с ловушками были связаны с запутыванием в них китообразных.

Для представления и сравнительного анализа полученных данных использовалась программа ArcMap 10.2. На акватории исследований строилась регулярная сетка с шагом 50x50 км, в каждой ячейке которой производился расчёт количества промысловых операций ярусного, тралового и ловушечного лова, отмеченных китообразных и случаев влияния рыболовства. С помощью сгруппированных по ячейкам сетки данных определялась степень перекрытия распределений китообразных с различными видами промысла, выраженная в процентах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основными среди регистрируемых китообразных в исследуемый период были 9 видов: малый полосатик (*Balaenoptera acutorostrata* Lacépède, 1804), финвал (*Balaenoptera physalus* (L., 1758)), горбач

(*Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781)), синий кит (*Balaenoptera musculus* (L., 1758)), беломордый дельфин (*Lagenorhynchus albirostris* Gray, 1846), косатка (*Orcinus orca* (L., 1758)), кашалот (*Physeter microcephalus* L., 1758), высоколобый бутылконос (*Hyperoodon ampullatus* (Forster, 1770)) и морская свинья (*Phocoena phocoena* (L., 1758)). В целом, китообразные распределялись по всему Баренцеву морю, образуя наибольшие скопления в северных и северо-западных акваториях. Среди усатых китов самым распространённым был малый полосатик, он отмечался практически во всех районах, в большем количестве – в водах, прилегающих к арх. Шпицберген. Финвал и горбач также были широко распространены в Баренцевом море, но с меньшим распространением в северо-восточном и юго-восточном направлениях, образуя наибольшие скопления также у арх. Шпицберген. Синий кит был наименее распределённым видом среди усатых китов, отмечаясь более локально, в основном в водах, с севера прилегающих к арх. Шпицберген (рис. 1).

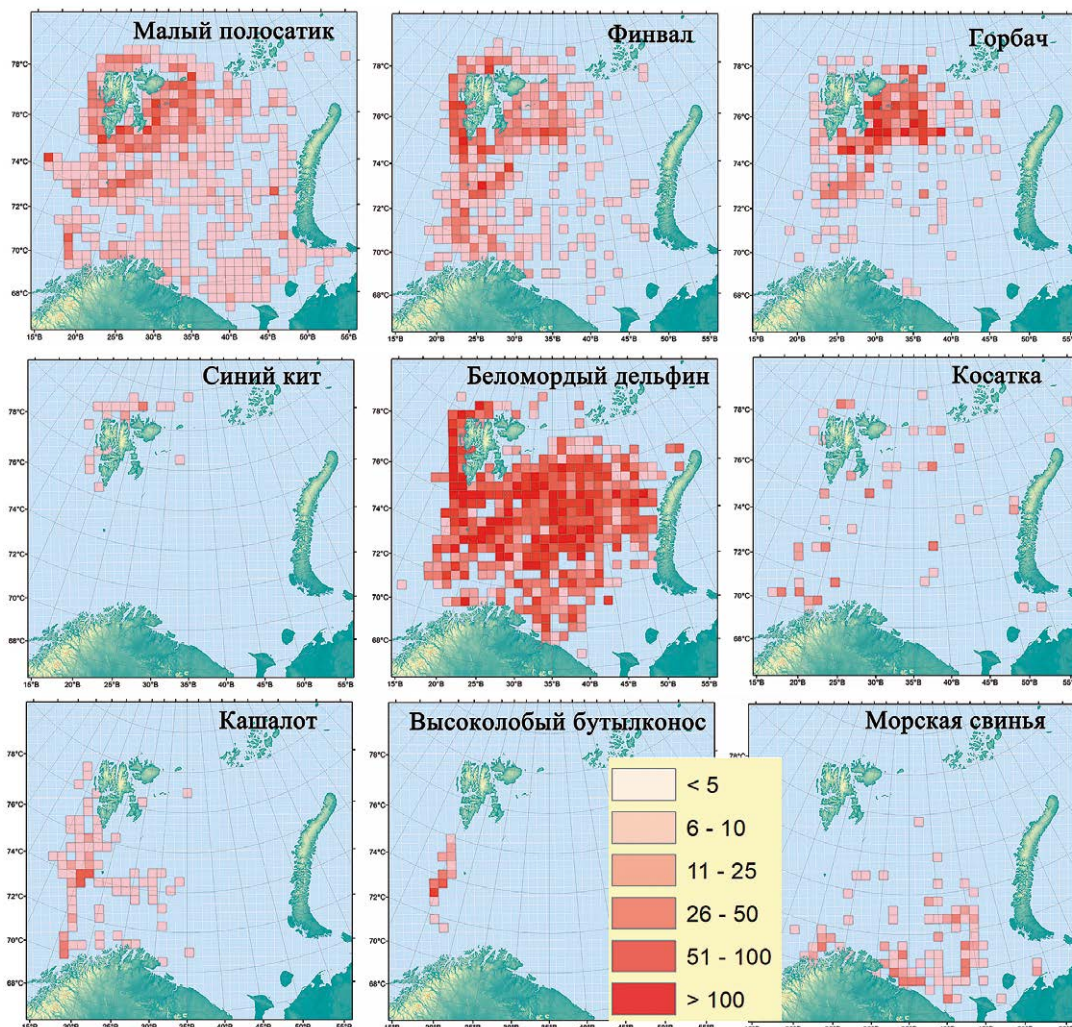


Рис. 1. Распределение основных видов китообразных (экз.) в Баренцевом море летом-зимой 2007–2024 гг.

Fig. 1. Distribution of the main cetacean species (ind.) in the Barents Sea in summer-winter 2007–2024

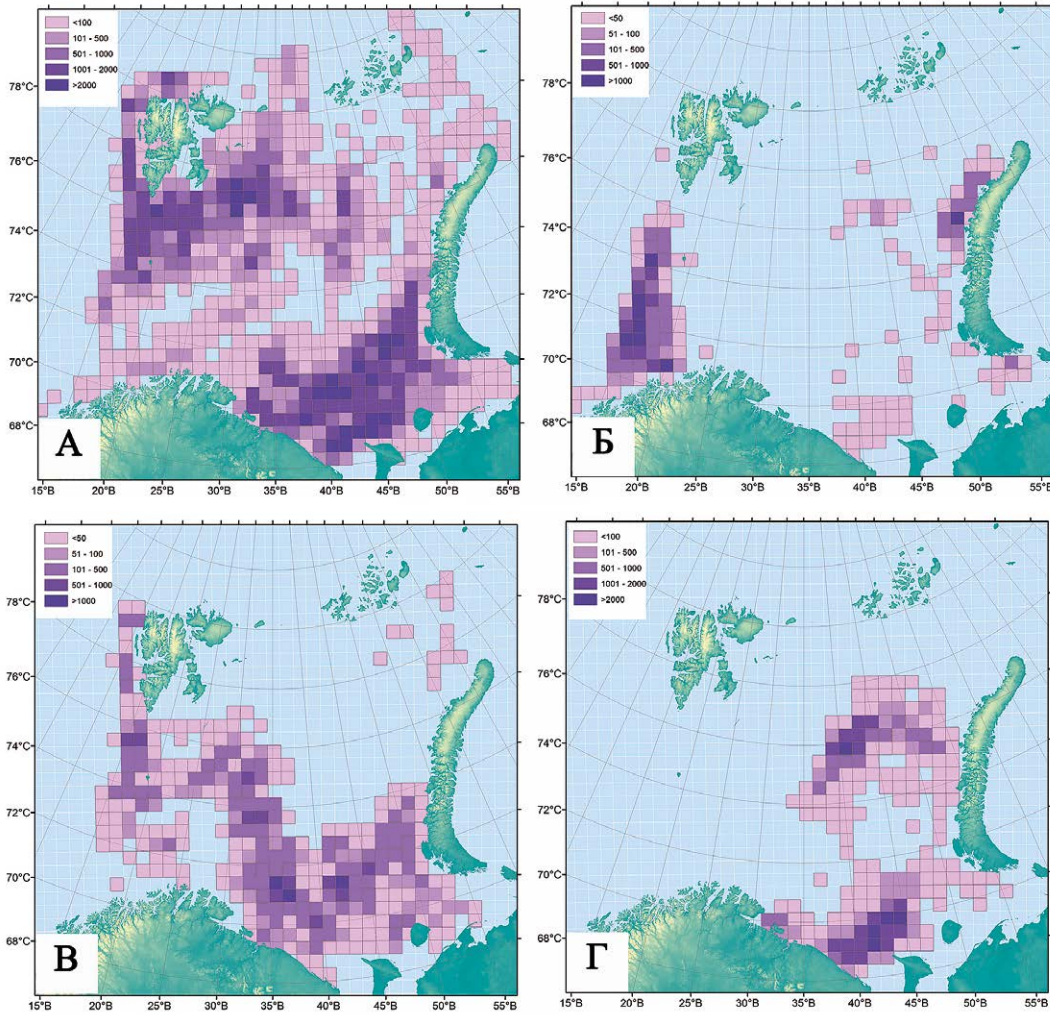


Рис. 2. Распределение российского промысла (количество промысловых операций) в Баренцевом море летом–зимой 2007–2024 гг.: А – донный трал, Б – пелагический трал, В – донный ярус, Г – ловушки на крабов

Fig. 2. Distribution of Russian fisheries (number of fishing operations) in the Barents Sea in summer–winter 2007–2024: A – bottom trawl, Б – pelagic trawl, В – bottom longline, Г – crab traps

Из зубатых китов наиболее распространённым и многочисленным в акватории Баренцева моря был беломордый дельфин, который распределялся практически по всему морю, кроме юго-восточных районов. Косатка тоже была достаточно распространена на акватории исследований с наибольшей встречаемостью в западных и северных районах. Встречи с кашалотом и бутылконосом были приурочены, главным образом, к свалу глубин на западе. Морская свинья отмечалась преимущественно в районах южнее 74° с.ш. (см. рис. 1).

Среди российского рыболовства наиболее распространённым на акватории и охватывающим практически всё Баренцево море был промысел донным тралом (рис. 2 А).

В отличие от донного лов пелагическим тралом проводился только в акваториях, прилегающих к арх. Новая Земля, а также на юго-востоке и западе (см.

рис. 2 Б). Лов донным ярусом тоже был распространённым по Баренцеву морю, кроме некоторых северных и северо-восточных районов (см. рис. 2 В). Ловушечный промысел крабов проводился только в районах восточнее 30° в.д. и южнее 78° с.ш. (см. рис. 2 Г).

В зависимости от особенностей распределения китообразных и промысловой деятельности в Баренцевом море степень их перекрытия друг с другом была различной. При рассмотрении этой величины для каждого вида китообразных в отдельности можно отметить, что практически у всех наибольшие её значения были в основном с донными тралом и ярусом (таблица).

Как показали исследования, распределение китообразных и районы ведения российского промысла достаточно обширны в акватории Баренцева моря и значительно совпадают друг с другом. При этом для характеристики фактического влияния промысловой

Таблица. Степень перекрытия (%) распределений основных видов китообразных с российским промыслом в Баренцевом море летом–зимой 2007–2024 гг.

Table. The degree of overlap (%) the distribution of the main cetacean species with the Russian fisheries in the Barents Sea in summer–winter 2007–2024.

Виды промысла	Малый полосатик	Финвал	Горбач	Синий кит	Беломордый дельфин	Косатка	Кашалот	Высоколобый бутылконос	Морская свинья
Донный трал	80,5	82,7	82,6	78,9	81,7	83,3	71,4	90,9	82,1
Пелагический трал	18,3	14,2	9,9	0,0	16,6	25,0	38,1	100,0	22,4
Донный ярус	46,7	42,6	30,6	10,5	47,6	33,3	55,6	81,8	70,1
Ловушки на крабов	23,5	8,6	9,1	0,0	23,8	13,9	0,0	0,0	40,3
Все виды лова	86,1	88,3	86,8	78,9	90,3	86,1	79,4	100,0	92,5

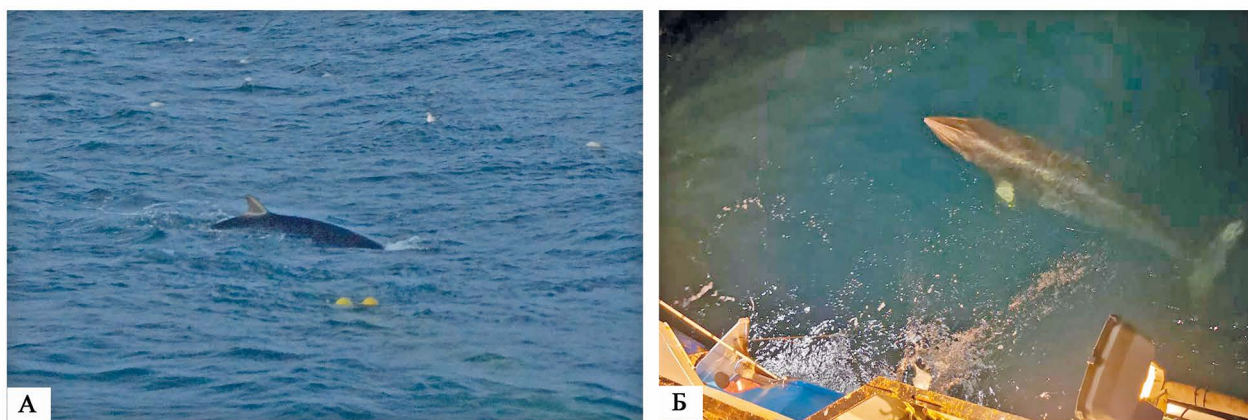


Рис. 3. Малые полосатики у промысловых судов в Баренцевом море: А – на подъеме донного трала, Б – во время выборки донного яруса

Fig. 3. Minke whales near fishing vessels in the Barents Sea: А – during the lifting of the bottom trawl, B – during the lifting of the bottom longline

деятельности на китов или дельфинов были проанализированы информация, собранная наблюдателями ПИПРО на промысловых судах, и сведения, полученные от промысловиков. Данные наблюдения показали, что российский промысел оказывал влияние не на всех китообразных, и что животные имели разное взаимодействие с рыболовными судами и орудиями добычи. Рассмотрим эти особенности по отдельности для каждого вида китообразных из представленных в работе.

Малый полосатик. В феврале, мае–сентябре, октябре и декабре в местах с глубиной 69–271 м отмечены его подходы (в основном одиночных особей, реже групп в 2–4 экз.) к судам, работающим с донными тралом и ярусом. Наблюдениями на судах-тральщиках зафиксированы 19 случаев, где малые полосатики подходили к ним и собирали выпадающую из трала рыбу (рис. 3 А). Подобное поведение этих морских млекопитающих отмечалось на промысле минтая в Охотском море [Блохин, 2019]. У ярусоловов (6 случаев) киты под-

ходили к судну во время выборки яруса и подбирали сорвавшуюся с крючков рыбу (см. рис. 3 Б).

Приловов малых полосатиков в донный трал или на донный ярус не наблюдалось, но они, как отмечали в своих исследованиях норвежские учёные [Moan, Bjørge, 2019], в очень редких случаях возможны. В районе лова камчатского краба в октябре в месте с глубиной 80 м отмечен случай запутывания малого полосатика в порядке со ставными ловушками. Проблема запутывания малых полосатиков в ловушечных порядках давно описана в исследованиях ряда стран. Такие случаи отмечались в районе о. Ньюфаундленда и моря Лабрадор [Benjamins et al., 2012], у побережья Шотландии [Leaper et al., 2022], Англии². Все случаи влияния российского рыболовства на малого полосатика при-

² Leaper R. 2021. An evaluation of cetacean bycatch in UK fisheries: problems and solutions. <https://uk.whales.org/wp-content/uploads/sites/6/2021/02/cetacean-bycatch-uk-fisheries-problems-solutions.pdf>. 25.02.2026.

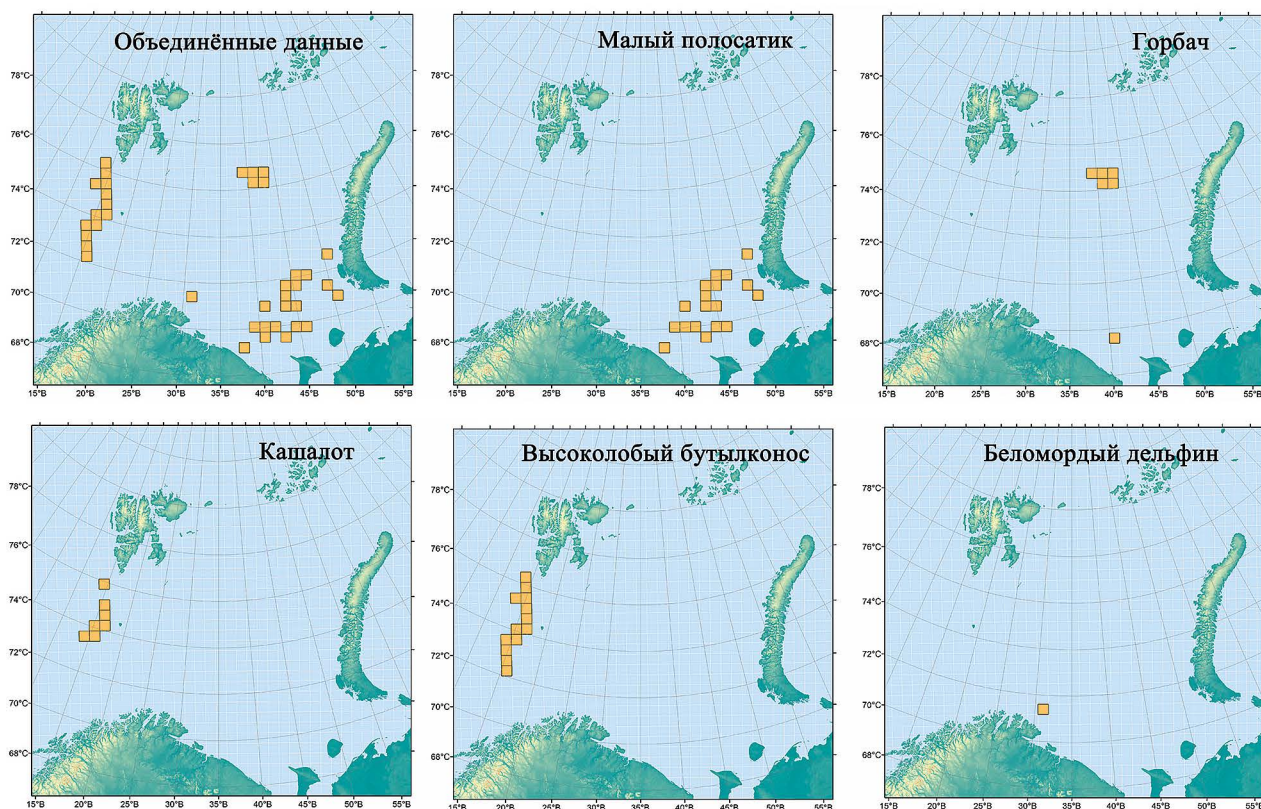


Рис. 4. Районы, где отмечалось влияние российского рыболовства на китообразных в Баренцевом море по данным исследований 2002–2024 гг.

Fig. 4. Areas where the impact of Russian fisheries on cetaceans was recorded in the Barents Sea, according to research data from 2002–2024

ходились на юго-восточные районы Баренцева моря (рис. 4).

Финвал. Несмотря на широкое распределение данного вида китообразных в Баренцевом море, случаев влияния на него российского промысла не выявлено. Наблюдателями ПИНО в водах, прилегающих к о. Ньюфаундленд, отмечались случаи следования финвалов за рыболовным судном, поднимающим донный трал, и скорее всего подбирающими выпадающую рыбу. Такое поведение финвалов регистрировалось и ранее в канадских водах [Fertl, Leatherwood, 1997]. В акваториях Аляски фиксировались единичные случаи прилова финвала в трал на промысле минтая, а в водах Шотландии — в ловушечных порядках^{3,4}.

³ Perez M.A. 2006. Analysis of marine mammal bycatch data from the trawl, longline, and pot groundfish fisheries of Alaska, 1998-2004, defined by geographic area, gear type, and catch target groundfish species. <https://www.arlis.org/docs/vol1/85813677.pdf>. 25.02.2026

⁴ MacLennan E., Hartny-Mills L., Read F.L., Dolman S.J., Philp A., Dearing K.E., Jarvis D., Brownlow, A.C. 2021. https://www.researchgate.net/publication/363296635_Understanding_the_scale_and_impacts_of_marine_animal_entanglement_in_the_Scottish_creel_fishery. 25.02.2026

Горбач. Отмечено 7 случаев его запутывания на промысле крабов в порядках ловушек, в 6 из которых зафиксирована гибель китов этого вида (рис. 5). При этом 2 случая (в 1 случае кита распутали) зарегистрированы в ноябре на промысле камчатского краба на юго-востоке Баренцева моря в месте с глубиной 180 м и 5 — на промысле краба стригуна на северо-востоке в июне-августе в местах с глубиной 200–240 м (см. рис. 4).

Запутывания происходили в несущем тросе (хребтине) или в буйковом поводце порядков ставных ловушек. Эта проблема достаточно хорошо описана в исследованиях США, Канады и Великобритании^{2,5,6} [Johnson et al., 2005; Benjamins et al., 2012] Норвегия тоже ведёт ловушечный промысел камчатского краба и краба стригуна в Баренцевом море, но у неё нет опубликованных данных об этих приловах. В то же время норвежцы

⁵ MacLennan E., Leaper R., Brownlow A., Calderan S., Jarvis D., Hartny-Mills L., Ryan C. 2020. https://www.researchgate.net/publication/345146035_Estimates_of_humpback_and_minke_whale_entanglements_in_Scotland 25.02.2026

⁶ National Report on Large Whale Entanglements Confirmed in the United States in 2024. 2025. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/71359> 25.02.2026

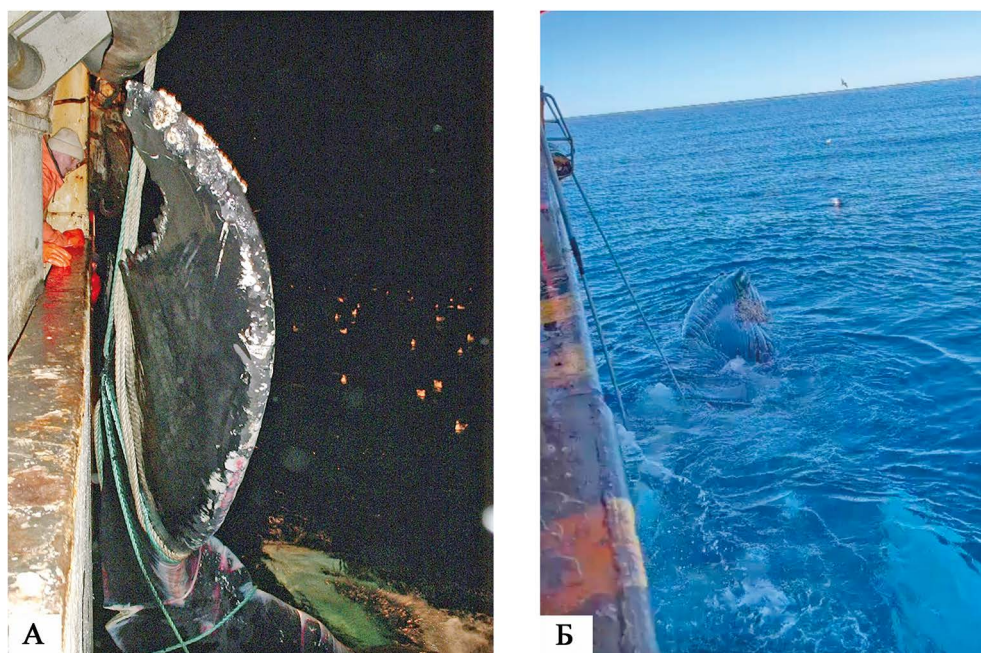


Рис. 5. Горбачи, запутавшиеся в несущем тросе ставных ловушек: А – на промысле камчатского краба, Б – на промысле краба стригуна

Fig. 5. Humpback whales entangled in trap lines: А – in the king crab fishery, В – in the snow crab fishery

отмечают у себя попадания горбачей в кошельковые невода [Vjørge et al., 2022]. В отличие от малого полосатика какого-либо взаимодействия с российскими рыболовными судами (подходы к подъёму тралов, кормление выпадающей рыбой) у горбача в Баренцевом море зафиксировано не было.

Синий кит. Из-за достаточно ограниченного распространения в Баренцевом море влияния российского рыболовства на данный вид китообразных отмечено не было. Запутывания синих китов, предположительно, в крючковых снастях наблюдались в водах у Исландии [Basran, Rasmussen, 2021].

Беломордый дельфин. Несмотря на обширное распространение в Баренцевом море, за период исследований был зафиксирован лишь один случай влияния российского промысла на данный вид китообразных – запутывание дельфина в донном ярусе на юге Баренцева моря в августе, в месте с глубиной 250 м (см. рис. 4). В то же время наблюдателями ПИПРО в районе о. Ньюфаундленд отмечались подходы беломордых дельфинов к донным тралам с уловом во время их подъёма на борт судна (рис. 6). В водах, прилегающих к Ирландии, встречался прилов одного беломордого дельфина в пелагический трал [Couperus, 1998].

Косатка. Случаев взаимодействия с российским промыслом для данного вида зарегистрировано не было. В Норвежском море отмечали косаток, которые подходили к судам во время выборки кошельковых неводов и потребляли часть выпадающего из них улова



Рис. 6. Беломордые дельфины у донного трала во время его подъёма на борт судна в районе о. Ньюфаундленд

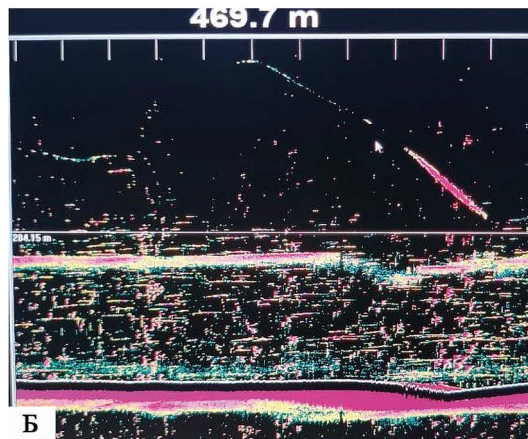
Fig. 6. White-beaked dolphins near a lifting the bottom trawl on board a vessel near Newfoundland

[Mull et al., 2020]. При этом отмечены случаи попадания самих косаток в эти невода [Vjørge et al., 2022]. В отличие от Баренцева моря, например, в Охотском море косатки могут наносить серьёзный ущерб ярусному лову, потребляя значительную часть улова [Белонич, Бурканов, 2012; Корнев и др., 2014].

Кашалот. Отмечено 65 подходов кашалотов к судам, ведущим промысел на западе Баренцева моря на свале глубин (см. рис. 4). Основное количество этих случаев (72%) регистрировалось на промысле чёрного палтуса донным тралом в сентябре–октябре. Оставшаяся часть встреч (28%) приходилась на апрель–май и июль, где кашалоты подходили к судам, ловящим донным ярусом. Во время выборки трала или яруса кашалоты в основном одиночные или пары, реже группы в 3–7 (10) особей, подходили к судну и сопровождали выбираемое из воды орудие лова, собирая выпадающую из ячеи или с крючка рыбу (рис. 7).



А



Б

Рис. 7. А – кашалот у рыболовного судна; Б – акустическое отображение ныряющего под судно кашалота во время подъёма донного яруса (красное пятно справа)

Fig. 7. А – sperm whale by the fishing vessel; В – acoustic display of a sperm whale diving under the vessel during the lifting the bottom longline (red spot on the right)

Похожее поведение отмечалось и в северо-западной Атлантике в районах о. Ньюфаундленд как нашими наблюдателями, так и другими исследователями [Oyarbide et al., 2023]. Наоборот, в Охотском море на промысле минтая эти китообразные не проявляли особого интереса к промысловой деятельности судов [Блохин, 2019; Корнев, Миронова, 2023].

По опросным данным промысловиков на некоторых ярусоловах в Баренцевом море во время подходов кашалотов попадалась травмированная рыба, возможно это могло быть связано с объеданием этими китообразными части улова. Потребление уловов кашалотами с ярусов достаточно хорошо описано для южной Атлантики, а также в водах Аляски, где также указаны случаи запутывания этих китообразных в данной снасти⁷ [Söffker et al., 2015; Kock et al., 2006].

Высоколобый бутылконос. В западных районах Баренцева моря на свале глубин отмечено 56 подходов данного вида, преимущественно в октябре–ноябре (95%), к судам, ведущим промысел чёрного палтуса донными тралом или ярусом (см. рис. 4). В 66% случаев регистрировались группы бутылконосов в размере 2–5 экз., реже (21%) более крупные – в 6–11 особей. У судов-тральщиков (64% случаев) эти киты появлялись у поднимающихся на борт тралов и собирали выпадающую из объёмышки рыбу (рис. 8). Такое же поведение



Рис. 8. Высоколобые бутылконосы у судов на подъёме донных тралов

Fig. 8. A northern bottlenosed whales near vessels while lifting the bottom trawls

⁷ MacLennan E., Leaper R., Brownlow A., Calderan S., Jarvis D., Hartny-Mills L., Ryan C. 2020. https://www.researchgate.net/publication/345146035_Estimates_of_humpback_and_minke_whale_entanglements_in_Scotland 25.02.2026



Рис. 9. Палтус, травмированный высоколобым бутылконосом
Fig. 9. Greenland halibut damaged by a northern bottlenosed whale

у этих морских млекопитающих отмечалось наблюдателями ПИНРО в северо-западной Атлантике, а также зарубежными исследователями [Harris et al., 2013; Johnson et al., 2021; Oyarbide et al., 2023].

По наблюдениям ПИНРО, у ярусоловов (34% случаев) высоколобые бутылконосы также подходили к судам во время выборки яруса, подбирая, как и у тральщиков, выпадающую с крючков рыбу. В то же время было отмечено, что данные виды китообразных могут травмировать или снимать часть рыбы с крючков (рис. 9). Исследованиями, проведёнными ПИНРО в 2005 г., было определено, что бутылконосы могли повреждать и объедать с яруса до 40% улова [Клепиковский, Шестопад, 2006]. Канадскими учёными отмечались случаи запутывания бутылконосов в ярусах⁸.

Морская свинья. Взаимодействия с траловым, ярусным и ловушечным промыслами у данного вида китообразных отмечено не было. По сообщениям от рыбаков есть сведения о поимке морской свиньи в прибрежные сети на юго-востоке (Чёшская губа) Баренцева моря. В отличие от России Норвегия ведёт масштабный прибрежный сетной лов рыбы в Баренцевом и Норвежском морях, в котором в последние годы происходила гибель морских свиной около 1,6 тыс. экз. в год [Moan et al., 2020]. Подобные случаи наблюдались, например, в Канаде и на Дальнем Востоке⁹ [Артюхин и др., 2010].

На основании проведённых исследований китообразных по отношению к российскому промыслу в Баренцевом море можно разделить на следующие группы:

В зависимости от влияния на них различных видов промысла: 1 – подвержены влиянию и могут попадать-

ся в орудия лова (горбач, малый полосатик, беломордый дельфин, морская свинья); 2 – случаев попадания не отмечено (синий кит, финвал, косатка, кашалот, высоколобый бутылконос).

По степени взаимодействия с рыболовством: 1 – взаимодействуют с рыболовными судами и могут влиять на результативность промысла (высколобый бутылконос и кашалот у судов ярусоловов); 2 – взаимодействуют с рыболовными судами, не влияя на результативность промысла, следуют за ними во время выборки орудий лова, подбирая выпавшую рыбу (кашалот, высоколобый бутылконос у судов-тральщиков, малый полосатик у судов-тральщиков и ярусоловов); 3 – не взаимодействуют с рыболовными судами (синий кит, финвал, беломордый дельфин, косатка, морская свинья).

На рис. 10 представлена общая схема результатов исследований влияния российского рыболовства на китообразных в Баренцевом море.

Как показали исследования, среди российского рыболовства наиболее опасным для китообразных является ловушечный лов крабов, при котором отмечен самый большой прилов этих морских млекопитающих, в первую очередь горбачей. В ряде стран предлагаются меры по снижению такого прилова, а именно снижение плавучести верёвок, на которых крепятся ловушки, контроль натяжения (добавление груза, регулировка длины) буйкового поводца, использование более контрастных по цвету верёвок (чёрные или белые)⁴ [Kot et al., 2012].

В целом, российское рыболовство в Баренцевом море в последние годы является более гуманным относительно влияния на китообразных по сравнению с другими странами, так как нашей страной здесь не ведётся масштабного сетного промысла и лова кошельковыми неводами. В то же время и китообразные не наносят какого-либо значительного убытка российскому промыслу, поскольку зафиксированные случаи постребления китами части уловов были незначительными и немногочисленными.

⁸ Harris L.E., Gross W.E., Emery P.E. 2013. Biology, Status, and Recovery Potential of Northern Bottlenose Whales (*Hyperoodon ampullatus*). <https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/library-bibliotheque/350229.pdf> 25.02.2026

⁹ Hall A., Ellis G., Trites A.W. 2002. Harbour Porpoise Interactions with the 2001 Selective Salmon Fisheries in Southern British Columbia and License Holder Reported Small Cetacean By-Catch. <https://mmru.ubc.ca/wp-content/pdfs/HallEllisTrites2002.pdf> 25.02.2026

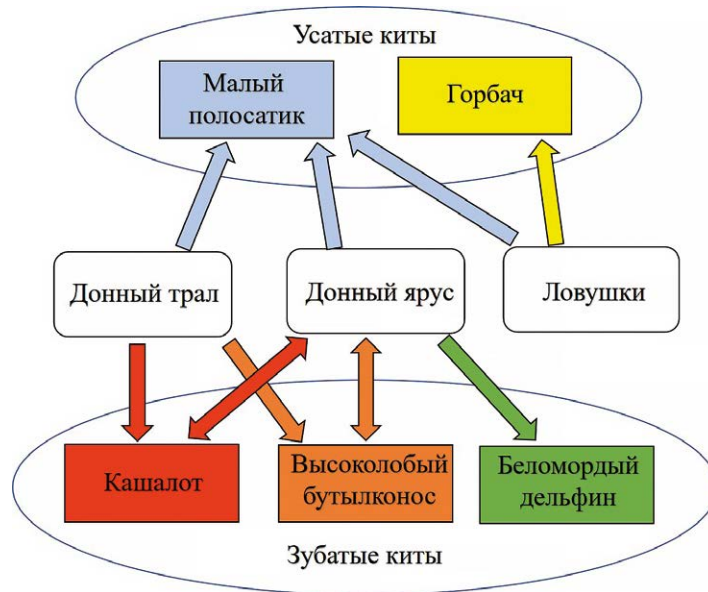


Рис. 10. Влияние российского рыболовства на китообразных, отмеченное в Баренцевом море

Fig. 10. Impact of Russian fisheries on cetaceans recorded in the Barents Sea

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В период исследований в свободных ото льда, удалённых от берегов акваториях Баренцева моря отмечены 9 основных видов китообразных. Их распределение значительно перекрывалось российским рыболовством, в первую очередь, ловом донными тралом и ярусом. При этом наблюдениями на промысловых судах было установлено, что фактическое влияние промысловой деятельности на китов в целом было незначительное, распространялось на некоторые виды, которые имели разное взаимодействие с рыболовными судами и орудиями добычи. Среди китообразных, на которых происходило в той или иной степени влияние промысловой деятельности были: малый полосатик, горбач, кашалот, высоколобый бутылконос, беломордый дельфин. Благодаря регистрациям случаев их контактирования с тем или иным видом лова были определены основные районы влияния российского рыболовства на китообразных – это акватории на юго- и северо-востоке, и западе Баренцева моря. Наиболее уязвимым к российской промысловой деятельности выявлен горбач, а наиболее опасным видом промысла определены ловушки на крабов, в порядках которых происходили запутывания, в основном горбачей, приводящие к гибели китов.

Благодарности

Авторы благодарят за участие в сборе информации для статьи в промысловых рейсах в Баренцевом море: Муллина Ю. Н., Александрова Д. И., Попова В. И., Васильева А. В., Пронина В. А., Ворошилова С. Н.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в порядке личной инициативы, без дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Артюхин Ю. Б., Бурканов В. Н., Никулин В. С. 2010. Прилов морских птиц и млекопитающих на дрейфтерном промысле лососей в северо-западной части Тихого океана. М.: Скорость цвета. 64 с.
- Белонович О. А., Бурканов В. Н. 2012. Влияние косаток (*Orcinus orca*) на ярусный промысел черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*) в Охотском море // Морские млекопитающие Голарктики. Мат. VII межд. конф. Суздаль, 24–28 сентября). М. Т. 1. С. 86–90.
- Бизиков В. А., Алексеев Д. О., Абаев А. Д., Артеменков Д. В., Афейчук Л. С., Баканев С. В. и др. 2024. Сырьевая база промысловых беспозвоночных и её освоение в морях России в 2000–2020 гг. // Труды ВНИРО. Т. 195 С. 142–204. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-142-204.
- Блохин И. А. 2019. О взаимодействии морских млекопитающих с рыболовными судами на промысле минтая и сельди в Охотском море в зимне-весенний период 2017 г. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 54. С. 7–22. DOI: 10.15853/2072-8212.2019.54.7-22

- Греков А.А., Долгов А.В., Ковалёв Ю.А., Мухин В.А., Прозоркевич Д.В., Соколов К.М., Ярагина Н.А. 2024. Состояние отечественного рыболовства на Северном рыбохозяйственном бассейне в начале XXI века // Труды ВНИРО. Т. 195 С. 12–23. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-12-23.
- Изучение экосистем рыбохозяйственных водоёмов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. 2004. Вып. 1. Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях Европейского Севера и Северной Атлантики. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во ВНИРО. 299 с.
- Клепиковский Р.Н., Шестопал И.П. 2006. Высоколобый бутылконос (*Hyperoodon ampullatus*) Баренцева моря: распределение в осенний период, взаимодействие с рыболовными судами // Морские млекопитающие Голарктики. Мат. IV межд. конф. Санкт-Петербург, 10–14 сентября). СПб. С. 246–249.
- Клепиковский Р.Н., Ившин В.А. 2022. Анализ встречаемости китообразных в Баренцевом море и некоторых факторов, определяющих их распределение в осенне-зимний период 2007–2019 гг. // Труды ВНИРО. Т. 188 С. 87–97. DOI: 10.36038/2307-3497-2022-188-87-97.
- Клепиковский Р.Н., Ившин В.А., Трофимов А.Г. 2024. Особенности распределения и условий обитания китообразных в Баренцевом море в летне-осенний период 2004–2021 гг. // Труды ВНИРО. Т. 196 С. 48–62. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-196-48-62.
- Корнев С.И., Белонович О.А., Никулин С.В. 2014. Косатки (*Orcinus orca*) и промысел черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*) в Охотском море // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части тихоого океана. Вып. 34. С. 35–50.
- Корнев С.И., Миронова А.М. 2023. Взаимодействие морских млекопитающих и морского рыболовства в прикамчатских водах // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 71. С. 92–109. DOI: 10.15853/2072-8212.2023.71.92-109.
- Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Ившин В.А. 2018. Изменения климата в Баренцевом море на протяжении последнего полувека // Труды ВНИРО. Т. 173. С. 79–91.
- Basran C.J., Rasmussen M.H. 2021. Fishers and whales in Iceland: Whale interactions with fishing gear from the fishers' perspective, with a focus on humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) // Journal Cetacean Research and Management. V. 22. P. 111–128. DOI: 10.47536/jcrm.v22i1.218.
- Benjamins S., Ledwell W., Huntington J., Davidson A.R. 2012. Assessing changes in numbers and distribution of large whale entanglements in Newfoundland and Labrador, Canada // Marine Mammal Science. V. 28, Iss. 3. P. 579–601. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2011.00511.x.
- Bjørge A., Moan A., Ryeng K.A., Wiig J.R. 2022. Low anthropogenic mortality of humpback (*Megaptera novaeangliae*) and killer (*Orcinus orca*) whales in Norwegian purse seine fisheries despite frequent entrapments // Marine Mammal Science. V. 39(2) P. 1–11. DOI: 10.1111/mms.12985.
- Couperus A.S. 1998. Interactions between Dutch Midwater Trawl and Atlantic White-sided Dolphins (*Lagenorhynchus acutus*) Southwest of Ireland // Journal of Northwest Atlantic Fishery Science. V. 22: P. 209–218.
- Fertl D., Leatherwool, S. 1997. Cetacean interactions with trawls: a preliminary review // Journal of Northwest Atlantic Fishery Science V. 22. P. 219–248. DOI: 10.2960/J.v22.a17.
- Johnson A., Salvador G., Kenney J., Robbins J., Kraus S., Landry S., Clapham P. 2005. Fishing gear involved in entanglements of right and humpback whales // Marine Mammal Science V. 21(4). P. 635–645. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2005.tb01256.x.
- Johnson K.F., Hussey N.E., Ferguson S.H. 2021. Observation of marine mammal and bird interactions focused around a commercial fishing vessel in central Baffin Bay, Nunavut // Arctic Science. V. 7. P. 567–574. DOI: 10.1139/as-2020-0014
- Kock K.H., Purves M.G., Duhamel G. 2006. Interactions between cetacean and fisheries in the Southern Ocean // Polar Biology. V. 29(5). P. 379–388. DOI 10.1007/s00300-005-0067-4.
- Kot B.W., Sears R., Anis A., Nowacek D.P., Gedamke J., Marshall C.D. 2012. Behavioral responses of minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) to experimental fishing gear in a coastal environment // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. V. 413. P. 13–20. DOI: 10.1016/j.jembe.2011.11.018.
- Leaper R., MacLennan E., Brownlow A., Calderan S.V., Dyke K., Evans P.G.H., Hartny-Mills L., Jarvis D., McWhinnie L., Philp A., Read F.L., Robinson K.P., Ryan C. 2022. Estimates of humpback and minke whale entanglements in the Scottish static pot (creel) fishery // Endangered species research. V. 49. P. 217–232. DOI: 10.3354/esr01214.
- Moan A., Bjørge A. 2019. By-catch of common minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) in Norwegian demersal trawl and longline fisheries, 2011–2020. // NAMMCO Scientific Publications V.14. P 1–4. DOI: 10.7557/3.8083.
- Moan A., Skern-Mauritzen M., Vølstad J.H., Bjørge A. 2020. Assessing the impact of fisheries-related mortality of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) caused by incidental bycatch in the dynamic Norwegian gillnet fisheries // ICES Journal of Marine Science. V. 77(7–8). P. 3039–3049. DOI: 10.1093/icesjms/fsaa186.
- Mul E., Blanchet M.A., Clintock B.T., Grecian W.J., Biuw M., Rikardsen A. 2020. Killer whales are attracted to herring fishing vessels // Marine ecology progress series V. 652. P. 1–13. DOI: 10.3354/meps13481.
- Oyarbide U., Feyrer L.J., Gordon J. 2023. Sperm and northern bottlenose whale interactions with deep-water trawlers in the western North Atlantic // PLOS ONE. V. 18(8) P. 1–20. DOI: 10.1371/journal.pone.0289626.
- Sjöfker M., Trathan P, Clark J, Collins MA, Belchier M, Scott R. 2015. The Impact of Predation by Marine Mammals on

Patagonian Toothfish Longline Fisheries // PLoS ONE V. 10(3): P. 1–14 DOI: 10.1371/journal.pone.0118113.

REFERENCES

- Artyukhin Yu.B., Burkanov V.N., Nikulin V.S. 2010. Bycatch of seabirds and mammals in the salmon driftnet fishery in the northwestern Pacific Ocean. Moscow: Speed of Color. 64 p. (In Russ.).
- Belonovich O.A., Burkanov V.N. 2012. The influence of killer whales (*Orcinus orca*) on the longline fishery of black halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in the Sea of Okhotsk // Marine Mammals of the Holarctic. Mat. 7th Intern. Conf. Suzdal, September 24–28). M. V. 1. P. 86–90. (In Russ.).
- Bizikov V.A., Alekseev D.O., Abaev A.D., Artemenkov D.V., Afeychuk L.S., Bakanev S.V. et al. 2024. Raw material base of commercial invertebrates and its development in the seas of Russia in 2000–2020 // Trudy VNIRO. V. 195. P. 142–204. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-142-204. (In Russ.).
- Blokhin I.A. 2019. On the interaction of marine mammals with fishing vessels in the pollock and herring fisheries in the Sea of Okhotsk in the winter-spring period of 2017 // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean. Iss. 54. P. 7–22. DOI: 10.15853/2072-8212.2019.54.7-22 (In Russ.).
- Grekov A.A., Dolgov A.V., Kovalev Yu.A., Mukhin V.A., Prozorkevich D.V., Sokolov K.M., Yaragina N.A. 2024. The state of domestic fisheries in the Northern fisheries basin at the beginning of the 21st century // Trudy VNIRO. V. 195. P. 12–23. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-12-23. (In Russ.).
- Study of ecosystems of fishery water bodies, collection and processing of data on aquatic biological resources, equipment and technology of their extraction and processing. 2004. Issue 1. Instructions and methodological recommendations for the collection and processing of biological information in the seas of the European North and the North Atlantic. 2nd ed., corrected and enlarged. Moscow: VNIRO Publish. 299 p. (In Russ.).
- Klepikovskiy R.N., Shestopal I.P. 2006. High-browed bottlenose merganser (*Hyperoodon ampullatus*) of the Barents Sea: distribution in autumn, interaction with fishing vessels // Marine mammals of the Holarctic. Mat. IV Inter. Conf. St. Petersburg, September 10–14). St. Petersburg. P. 246–249. (In Russ.).
- Klepikovskiy R.N., Ivshin V.A. 2022. Analysis of the occurrence of cetaceans in the Barents Sea and some factors determining their distribution in the autumn-winter period 2007–2019 // Trudy VNIRO. V. 188. P. 87–97. DOI: 10.36038/2307-3497-2022-188-87-97. (In Russ.).
- Klepikovskiy R.N., Ivshin V.A., Trofimov A.G. 2024. Features of the distribution and habitat conditions of cetaceans in the Barents Sea in the summer-autumn period 2004–2021 // Trudy VNIRO. V. 196. P. 48–62. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-196-48-62. (In Russ.).
- Kornev S.I., Belonovich O.A., Nikulin S.V. 2014. Killer whales (*Orcinus orca*) and black halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) fishery in the Sea of Okhotsk // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern Pacific Ocean. Iss. 34. P. 35–50 (In Russ.).
- Kornev S.I., Mironova A.M. 2023. Interaction of marine mammals and marine fisheries in Kamchatka waters // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern Pacific Ocean. Iss. 71. P. 92–109. DOI: 10.15853/2072-8212.2023.71.92-109 (In Russ.).
- Trofimov A.G., Karsakov A.L., Ivshin V.A. 2018. Climate changes in the Barents Sea over the last half-century // Trudy VNIRO. V. 173. P. 79–91. (In Russ.).
- Basran C.J., Rasmussen M.H. 2021. Fishers and whales in Iceland: Whale interactions with fishing gear from the fishers' perspective, with a focus on humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) // Journal Cetacean Research and Management. V. 22. P. 111–128. DOI: 10.47536/jcrm.v22i1.218.
- Benjamins S., Ledwell W., Huntington J., Davidson A.R. 2012. Assessing changes in numbers and distribution of large whale entanglements in Newfoundland and Labrador, Canada // Marine Mammal Science. V. 28, Iss. 3. P. 579–601. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2011.00511.x.
- Bjørge A., Moan A., Ryeng K.A., Wiig J.R. 2022. Low anthropogenic mortality of humpback (*Megaptera novaeangliae*) and killer (*Orcinus orca*) whales in Norwegian purse seine fisheries despite frequent entrapments // Marine Mammal Science. V. 39(2) P. 1–11. DOI: 10.1111/mms.12985.
- Couperus A.S. 1998. Interactions between Dutch Midwater Trawl and Atlantic White-sided Dolphins (*Lagenorhynchus acutus*) Southwest of Ireland // Journal of Northwest Atlantic Fishery Science. V. 22: P. 209–218.
- Fertl D., Leatherwood S. 1997. Cetacean interactions with trawls: a preliminary review. // Journal of Northwest Atlantic Fishery Science V. 22. P. 219–248. DOI: 10.2960/J.v22.a17.
- Johnson A., Salvador G., Kenney J., Robbins J., Kraus S., Landry S., Clapham P. 2005. Fishing gear involved in entanglements of right and humpback whales // Marine Mammal Science V. 21(4). P. 635–645. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2005.tb01256.x.
- Johnson K.F., Hussey N.E., Ferguson S.H. 2021. Observation of marine mammal and bird interactions focused around a commercial fishing vessel in central Baffin Bay, Nunavut // Arctic Science. V. 7. P. 567–574. DOI: 10.1139/as-2020-0014
- Kock K.H., Purves M.G., Duhamel G. 2006. Interactions between cetacean and fisheries in the Southern Ocean // Polar Biology. V. 29(5). P. 379–388. DOI 10.1007/s00300-005-0067-4.
- Kot B.W., Sears R., Anis A., Nowacek D.P., Gedamke J., Marshall C.D. 2012. Behavioral responses of minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) to experimental fishing gear in a coastal environment // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. V. 413. P. 13–20. DOI: 10.1016/j.jembe.2011.11.018.
- Leaper R., MacLennan E., Brownlow A., Calderan S.V., Dyke K., Evans P.G.H., Hartny-Mills L, Jarvis D., McWhinnie L., Philp A., Read F.L., Robinson K.P., Ryan C. 2022. Estimates of

- humpback and minke whale entanglements in the Scottish static pot (creel) fishery // *Endangered species research*. V. 49. P. 217–232. DOI: 10.3354/esr01214.
- Moan A., Bjørge A. 2019. By-catch of common minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) in Norwegian demersal trawl and longline fisheries, 2011–2020. // *NAMMCO Scientific Publications* V.14. P 1–4. DOI: 10.7557/3.8083.
- Moan A. Skern-Mauritzen M., Vølstad J. H., Bjørge A. 2020. Assessing the impact of fisheries-related mortality of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) caused by incidental bycatch in the dynamic Norwegian gillnet fisheries // *ICES Journal of Marine Science*. V. 77(7–8). P. 3039–3049. DOI: 10.1093/icesjms/fsaa186.
- Mul E., Blanchet M.A., Clintock B.T., Grecian W.J., Biuw M., Rikardsen A. 2020. Killer whales are attracted to herring fishing vessels // *Marine ecology progress series* V. 652. P. 1–13. DOI: 10.3354/meps13481.
- Oyarbide U., Feyrer L.J., Gordon J. 2023. Sperm and northern bottlenose whale interactions with deep-water trawlers in the western North Atlantic // *PLOS ONE*. V. 18(8) P. 1–20. DOI: 10.1371/journal.pone.0289626.
- Sjöfker M, Trathan P, Clark J, Collins MA, Belchier M, Scott R. 2015. The Impact of Predation by Marine Mammals on Patagonian Toothfish Longline Fisheries // *PLoS ONE* V. 10(3): P. 1–14 DOI: 10.1371/journal.pone.0118113.

Поступила в редакцию 16.02.2026 г.
Принята после рецензий 27.02.2026 г.



УДК 581.92: 574.587: 582.27:639.29

Промысловые виды и их биология

Макрофитобентос прибрежной зоны восточного Сахалина

Н. В. Евсеева¹, Н. Ю. Прохорова², Р. Т. Гон²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

² Сахалинский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), ул. Комсомольская, 196, Южно-Сахалинск, 693023

E-mail: evseeva@vniro.ru

SPIN-коды: Евсеева Н. В. – 7562–2385; Прохорова Н. Ю. – 1220–0717; Гон Р. Т. – 6703–5225

Цель работы: уточнение видового состава, распределения и показателей обилия макрофитов в прибрежной зоне восточного Сахалина.

Используемые методы: анализ проведён на основе литературных источников и собственных данных 1999–2024 гг.

Новизна: проанализированы материалы по составу и распределению макрофитобентоса восточного Сахалина, собраны данные по видовому составу и состоянию ресурсов в прибрежной зоне, выявлены макрофиты, перспективные для использования.

Результат: по видовому составу и распределению макрофитов прибрежная зона восточного Сахалина разделена на три участка: северо-восточный, юго-восточный и зал. Анива. Представлен список макрофитобентоса литорали и верхней сублиторали из 265 видов водорослей и 8 видов морских трав. Наибольшее разнообразие наблюдается на юге острова в зал. Анива.

Наиболее продуктивным участком восточного Сахалина также следует считать прибрежную акваторию зал. Анива. Здесь отмечены обширные по площади заросли водорослей, в том числе значительный запас образует основной промысловый вид *Saccharina japonica*. Несмотря на значительную флуктуацию промысловых показателей за последние 15 лет наблюдается уменьшение площади её зарослей и промыслового запаса в зал. Анива.

Практическая значимость: разработаны рекомендации по возможному использованию макрофитобентоса восточного Сахалина.

Ключевые слова: Сахалин, макрофитобентос, видовой состав, распределение, запас.

Macrophytobenthos of the coastal zone of Eastern Sakhalin

Nataliya V. Evseeva¹, Nataliya Ju. Prokhorova², Ruslan T. Gon²

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okružhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

² Sakhalin branch of VNIRO («SakhNIRO»), 196, Komsomolskaya, Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia

The aim of the work: to clarify the species composition, distribution and abundance of macrophytes in the coastal zone of Eastern Sakhalin.

Methods used: the analysis was carried out on the basis of literature sources and natural data of 1999–2024.

Result: the analysis of literature data and our own research allow us to obtain results on the species composition, distribution and prospects for the use of macrophytes of Eastern Sakhalin. According to the species composition and distribution of macrophytes, the coastal zone of Eastern Sakhalin is divided into three sections: northeastern, southeastern, and Aniva Bay. The list of macrophytobenthos species of the littoral and upper sublittoral consisted of 265 species of algae and 8 species of sea grasses. The greatest diversity is observed on the southern part and in the Aniva Bay. The coastal waters of Aniva Bay are also considered the most productive area of Eastern Sakhalin. Extensive algal beds are found here, including a significant stock of the main commercial species, *Saccharina japonica*. Despite significant fluctuations in commercial attribute over the past 15 years, a decrease in the area of its beds and the commercial stock in Aniva Bay has been observed.

Practical ingenuity: recommendations have been developed for the possible use of macrophytobenthos of Eastern Sakhalin.

Keywords: Sakhalin, macrophytobenthos, species composition, distribution, stock.

ВВЕДЕНИЕ

Первые сведения о морских водорослях о Сахалин относятся к XVIII веку, систематическое их изучение началось в XIX столетии. В 1954 году вышла в свет монография J. Tokida [1954] «The marine algae of Southern Saghalien», в которой были обобщены полувекковые исследования японских альгологов по видовому составу и распределению водорослей острова. В 40-е и 50-е гг. XX столетия было проведено детальное обследование южного и юго-западного Сахалина. Большие коллекции водорослей были собраны в 1946–1949 гг. в Курило-Сахалинской комплексной экспедиции Зоологического института АН СССР (ЗИН) и Тихоокеанского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) проф. Е. Ф. Гурьяновой и её учениками. Эта коллекция была обработана А. Д. Зиновой [1959], и результаты опубликованы в виде списка-таблицы с указанием мест сбора. Автором был на 14 видов увеличен список водорослей, представленный Е. С. Зиновой и Дж. Токида. Всё это заложило представление о морской флоре о. Сахалин.

Значительный вклад в изучение бентосной флоры Сахалина был сделан сотрудником Института Океанологии АН СССР (ИОАН) В. Б. Возжинской. На материале Дальневосточной комплексной прибрежной экспедиции ИОАН, работавшей у япономорского и охотоморского побережья острова в 1954 и 1955 гг., была написана и опубликована статья «Макрофиты морских побережий Сахалина» [Возжинская, 1964]. В этой работе впервые было дано описание распределения водорослей по всему побережью Сахалина и названы типичные растительные сообщества. Сводный список включил 47 видов зелёных, 89 видов бурых и 150 видов красных водорослей (всего 286 видов).

В 60-е гг. начался новый этап в изучении растительности отечественных морей, связанный с использованием легководолазного оборудования, работой исследователя под водой и применением новых гидробиологических методик. У о. Сахалин продолжали работать ежегодные экспедиции СахНИРО, а также работали экспедиции крупнейших научно-исследовательских учреждений страны: Зоологического института АН СССР в зал. Терпения и зал. Анива в 1963 году, на юго-восточном побережье в 1978 году и Института биологии моря ДВ НЦ АН СССР в зал. Терпения и в различные районы Татарского пролива, начиная с 1972 года. В экспедициях водоросли собирали альгологи: Л. А. Балконская, К. Л. Виноградова, Н. Г. Клочкова, В. Н. Никитина, Л. П. Перестенко, Ю. Е. Петров, В. Ф. Сарочан, М. В. Суховеева. Вышел целый ряд

сводок по флоре Охотского моря [Зинова, 1954, 1959; Зинова и др., 1980; Петров, 1973; Сарочан, 1969].

Сложность гидрологического режима, большая меридиональная протяжённость, расположение на границе верхне- и нижнебореальной подзон бореальной зоны – всё это способствует развитию на шельфе восточного Сахалина богатой флоры, состоящей из видов, различных по своему происхождению и роли в растительных сообществах. Целенаправленное изучение флоры макрофитов восточного Сахалина началось с 80-х гг. прошлого века [Клочкова, Бывалина, 1985; Клочкова, 1988; Клочкова, Клочкова, 2018; Перестенко, Чумаков, 2001; Кафанов и др., 2003; Щукина и др., 2003; Перестенко, Штрик, 2005; Евсеева, 2016]. В связи с этим, исследования видового состава, распределения и показателей запасов макрофитов в прибрежных зонах восточного Сахалина в настоящее время весьма актуальны.

Цель работы – уточнение современного видового состава, распределения и продукционных показателей макрофитов в прибрежной зоне восточного Сахалина.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор материала проводили в 1999–2024 гг. в сублиторали при помощи водолазов на глубинах 1–25 м и на литорали путём маршрутных учётов. Места сбора показаны на рис. 1.

Сбор данных проводили методом пробных площадей по общепринятым методикам гидробиологических работ [Изучение экосистем ..., 2005] во время проведения водолазных обследований прибрежной зоны и мониторинговых работ «СахНИРО».

Анализ состояния запасов и распределения сакхарины японской осуществлён по данным водолазного обследования «СахНИРО» в 2009 г. Динамика ресурсов и продукционных показателей проведена на основе результатов 1999–2024 гг., полученных «СахНИРО».

Для составления флористического списка использовали гербарные коллекции «СахНИРО» (сборщики: Балконская Л. А., Чумаков А. А., Чернышова Ю. С., Евсеева Н. В., Репникова А. Р., Лабай В. С., Прохорова Н. Ю., Гон Р. Т., Савина Н. Т.) и «ВНИРО» (сборщики: Возжинская В. Б. (ИО АН СССР), Штрик В. А., Евсеева Н. В.).

Определение видов проводилось с помощью микроскопов «Микромед МС-2» и «ЛОМО Микмед-6». При определении водорослей использовали следующие источники [Петров, 1974; Перестенко, 1994; Виноградова, 1979; Клочкова, 1996; Клочкова и др., 2009; Tokida, 1954; Segawa, 1965; Masuda, 1982; Fletcher, 1987; Maggs, Hommersand, 1993; Brodie,



Рис. 1. Район работ у восточного Сахалина
Fig. 1. The work area near Eastern Sakhalin

Irvine, 2003; Brodie et al., 2007; Lindeberg, Lindstrom, 2010; Braune, Guiry, 2011; Dixon, Irvine, 2011; Irvin, 2011; Irvine, Chamberlain, 2011; Gabrielson et al., 2012]. Видовой состав приведён в соответствие с современными систематическими представлениями¹.

Фитоценозы выделяли по доминирующим видам [Калугина-Гутник, 1975] с учётом их проективного покрытия и биомассы. Фитоценозы, сходные по составу доминантов, структуре, составу сопутствующих видов и условиям обитания, объединены в одну ассоциацию [Ниценко, 1971]. Ассоциация – совокупность сообществ, имеющих общий набор индикаторных видов и одних и тех же доминантов во всех ярусах [Работнов, 1983; Миркин и др., 2002]. Формация объединяет ассоциации с одним доминирующим видом в господствующем ярусе [Александрова, 1969].

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Остров Сахалин расположен на юге умеренной зоны. На западе его омывает тёплое Японское море,

¹ Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2025. AlgaeBase. <https://www.algaebase.org>. 24.12.2025.

на востоке – суровое Охотское. Сложность гидрологического режима, большая меридиональная протяжённость, расположение близ северной границы тропической зоны – всё это способствует развитию на его шельфе богатой флоры. В восточной части о. Сахалин выделяются 3 крупных участка: зал. Анива, юго-восточное побережье (включая зал. Терпения) и северо-восточное побережье.

Зал. Анива расположен в южной части острова. Термический режим вод залива формируется под влиянием холодного Восточно-Сахалинского течения и течения Соя [Пищальник, Бобков, 2000]. В зимний период наблюдаются низкие температуры воды: экстремальные значения среднемесячных величин в январе достигают минус 1,6 °С. Максимальное значение температуры воды (22 °С) наблюдается в августе–сентябре. Местоположение зал. Анива и особенности гидрометеорологических условий обуславливают ему наиболее лёгкий ледовый режим из всех районов охотоморского побережья о. Сахалин. Приливы в зал. Анива носят неправильный суточный характер с амплитудой 1,5–2 м. Прибрежная зона зал. Анива характеризуется чередованием твёрдых и рыхлых грунтов. Преобладающими на всём протяжении прибрежной зоны являются пески различных типов либо песчано-галечные грунты. Твёрдые грунты в основном распространяются до глубины 20 м.

На динамику водных масс юго-восточного побережья (включая зал. Терпения) большое влияние оказывают холодные воды Восточно-Сахалинского течения [Леонов, 1960]. Температура воды в зимний период снижается до отрицательных значений. Охлаждённые воды в заливе распространяются до дна. Повышение температуры воды начинается в мае, максимум температуры воды достигается в августе. Среднемесячная температура по всему заливу составляет всего 9 °С. Солёность воды в прибрежной зоне варьирует от 27 до 33‰. Приливы неправильные полусуточные с амплитудой 1,5–2,5 м. Данному району присущ активный гидродинамический режим. Преобладающими грунтами залива являются песчаные, песчано-илистые. Каменисто-галечные грунты встречаются отдельными изолированными пятнами.

Северо-восточное побережье Сахалина характеризуется системой закрытых заливов лагунного происхождения, отграниченных от Охотского моря узкими песчаными косами [Афанасьев, Уба, 2018]. Гидрологический режим акватории формируется под влиянием холодного Восточно-Сахалинского течения. Температура воды в зимний период отрицательная, прогрев вод начинается в мае после взлома льда. Характерной особенностью является наличие холодно-

го промежуточного слоя на глубинах более 15–20 м. Солёность воды варьирует от 27‰ в районах влияния речного стока до 33,3‰ в охотоморских водах [Лукьянова и др., 2014]. Данному району присущ суровый ледовый режим, тяжёлые льды могут сохраняться в южной части Сахалинского залива до июня [Шевченко, Частиков, 2019]. Приливы носят неправильный полусуточный характер с амплитудой до 2,68 м [Афанасьев, 2019]. Донные осадки представлены в основном гравийно-галечными и песчаными отложениями.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ литературных источников, гербарных коллекций и собственные сборы позволили дополнить и обобщить флористический список региона. Список видов макрофитобентоса литорали и верхней сублиторали составил 265 видов водорослей: 41 вид зелёных, 70 видов бурых, 154 вида красных водорослей, и 8 видов морских трав (табл. 1).

Таблица 1. Список видов макрофитобентоса литорали и верхней сублиторали

Table 1. List of macrophytobenthos species of the littoral and upper sublittoral

Царство Chromista, Отдел Ochrophyta, Класс Phaeophyceae	25 <i>Eudesme crassa</i> (Suringar) Okamura (= <i>Tinocladia crassa</i> (Suringar) Kylin)
Пор. Ectocarpales	26 <i>Eudesme virescens</i> (Carmichael ex Berkeley) J. Agardh
Сем. Ectocarpaceae	27 <i>Dictyosiphon foeniculaceus</i> (Hudson) Greville
1 <i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye (= <i>Ectocarpus confervoides</i> (Roth.) Le Jolis)	28 <i>Punctaria plantaginea</i> (Roth) Greville
2 <i>Ectocarpus yezoensis</i> Yamada et Tanaka	29 <i>Punctaria latifolia</i> Greville
Сем. Acinetosporaceae	30 <i>Acrothrix pacifica</i> Okamura et Yamada
3 <i>Pylaiella littoralis</i> (L.) Kjellman	31 <i>Stictyosiphon tortilis</i> (Gobi) Reinke
4 <i>Acinetospora crinita</i> (Carmichael) Sauvageau	Сем. Scytosiphonaceae
5 <i>Hincksia ovata</i> (Kjellman) Silva	32 <i>Petalonia fascia</i> (Müller) Kuntze
Сем. Chordariaceae	33 <i>Planosiphon zosterifolius</i> (Reinke) McDevit et G.W. Saunders
6 <i>Kuetzingiella elachistaeformis</i> (Heydrich) M. Balakrishnan & Kinkar	(= <i>Petalonia zosterifolia</i> (Reinke) Kuntze)
7 <i>Streblonema evagatum</i> Setchell et N.L. Gardner	34 <i>Colpomenia peregrina</i> Sauvageau
8 <i>Botrytella reinboldii</i> (Reinke) Kornmann et Sahling	35 <i>Colpomenia sinuosa</i> (Mertens ex Roth) Derbès et Solier
(= <i>Polytretus reinboldii</i> (Reinke) Sauv.)	36 <i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngbye) Link
9 <i>Leptonematella fasciculata</i> (Reinke) Silva	37 <i>Scytosiphon dotyi</i> Wynne
10 <i>Elachista tenuis</i> Yamada	38 <i>Melanosiphon intestinalis</i> (De A. Saunders) M.J. Wynne
11 <i>Corynophlaea globulifera</i> (Ruprecht) Perestenko	39 <i>Stragularia clavata</i> (Harvey) Hamel (= <i>Ralfsia bornetii</i> Kuckuck)
12 <i>Leathesia marina</i> (Lyngbye) Decaisne (= <i>Leathesia difformis</i> Aresch.)	Пор. Ralfsiales
13 <i>Chordaria flagelliformis</i> (Müller) C. Agardh	Сем. Ralfsiaceae
14 <i>Chordaria chordaeformis</i> (Kjellman) Kawai et Kim	40 <i>Analipus japonicus</i> (Harvey) Wynne
15 <i>Chordaria okhotskensis</i> N.G. Klochkova et H.-S. Kim	41 <i>Analipus filiformis</i> (Ruprecht) Papenfuss
16 <i>Saundersella hattoriana</i> (Tokida) H. Kawai et Hanyuda	42 <i>Analipus gunjii</i> (Yendo) Kogame et Yoshida
(= <i>Heterosaundersella hattoriana</i> Tokida)	43 <i>Ralfsia fungiformis</i> (Gunnerus) Setchell et Gardner
17 <i>Saundersella simplex</i> (De A. Saunders) Kylin	Пор. Desmarestiales
18 <i>Sphaerotrichia divaricata</i> (C. Agardh) Kylin	Сем. Desmarestiaceae
19 <i>Protectocarpus speciosus</i> (Børgesen) Kornmann	44 <i>Desmarestia ligulata</i> (Stackhouse) J.V. Lamouroux
20 <i>Hecatonema terminale</i> (Kützing) Kylin (= <i>Hecatonema maculans</i> (Collins) Sauvageau)	45 <i>Desmarestia aculeata</i> (L.) Lamouroux
21 <i>Myriactula sargassi</i> (Yendo) Feldmann	46 <i>Desmarestia intermedia</i> Postels et Ruprecht
22 <i>Halotrix lumbricalis</i> (Kützing) Reike	47 <i>Desmarestia viridis</i> (O.F. Müller) J.V. Lamouroux
23 <i>Coilodesme japonica</i> Yamada	Пор. Chordales
24 <i>Coilodesme cystoseirae</i> (Ruprecht) Setchell et N.L. Gardner	Сем. Chordaceae
	48 <i>Chorda asiatica</i> Sasaki et Kawai
	Сем. Pseudochordaceae
	49 <i>Pseudochorda nagai</i> (Tokida) Inagaki

- Поп. Laminariales
Сем. Laminariaceae
- 50 *Saccharina japonica* (Areschoug) Lane, Mayers, Druehl et Saunders
- 51 *Saccharina japonica* f. *longipes* (Miyabe) Selivanova, Zhigadlova et G.I.Hansen
- 52 *Saccharina cichorioides* (Miyabe) Lane, Mayers, Druehl et Saunders
- 53 *Saccharina latissima* f. *gurjanovae* (A.D.Zinova) T.Klochkova et N.Klochkova (≡*Saccharina gurjanovae* (A. Zin.) Selivanova, Zhigadlova et G.I.Hansen)
- 54 *Kjellmaniella crassifolia* Miyabe (= *Saccharina sculpera* (Miyabe) C.E.Lane, C.Mayes, Druehl et G.W.Saunders)
- 55 *Arthrothamnus kurilensis* Ruprecht
Сем. Agaraceae
- 56 *Agarum clathratum* Dumortier
- 57 *Costaria costata* (C.Agardh) De A.Saunders
Сем. Alariaceae
- 58 *Alaria esculenta* (L.) Greville (*Alaria marginata* Postels et Ruprecht)
- 59 *Alaria ochotensis* Yendo
Поп. Sphacelariales
Сем. Sphacelariaceae
- 60 *Battersia arctica* (Harvey) Draisma, Prud'homme et H. Kawai (≡*Sphacelaria arctica* Harv.)
- 61 *Sphacelaria rigidula* Kützing (= *Sphacelaria furcigera* Kützing)
- 62 *Chaetopteris plumosa* (Lyngbye) Kützing
Сем. Styropocaulaceae
- 63 *Halopteris dura* (Ruprecht) Perestenko
Сем. Lithodermataceae
- 64 *Pseudolithoderma subextensum* (P.Crouan et H.Crouan) S.Lund
Поп. Syringodermatales
Семейство Syringodermataceae
- 65 *Microzononia japonica* (Kloczcova et Przhemenetskaya) Camacho et Fredericq (≡*Syringoderma japonicum* Kloczcova et Przhemenetskaya)
Поп. Fucales
Сем. Sargassaceae
- 66 *Sargassum pallidum* (Turner) C. Agardh
- 67 *Sargassum miyabei* Yendo
- 68 *Sargassum thunbergii* (Mertens ex Roth) Kuntze
- 69 *Stephanocystis crassipes* (Mertens ex Turner) Draisma, Ballesteros, Rosseau et Tribaut (= *Cystoseira crassipes* (Turner) C. Agardh)
Сем. Fucaceae
- 70 *Fucus distichus* subsp. *evanescens* (C. Agardh) Powell (≡*Fucus evanescens* C. Agardh)
- 71 *Silvetia babingtonii* (Harvey) Serrão, Cho, Boo et Brawley
Царство Plantae, **Отдел Chlorophyta**
Класс Chlorophyceae
Поп. Chlamydomonadales
- Сем. Chlorochytriaceae
- 72 *Chlorochytrium inclusum* Kjellman (= *Spongomorpha aeruginosa* (L.) Hoek)
Класс Ulvophyceae
Поп. Bryopsidales
Сем. Derbesiaceae
- 73 *Derbesia marina* (Lyngbye) Solier (= *Halicystis ovalis* (Lyngbye) Areschoug)
Сем. Codiaceae
- 74 *Codium yezoense* (Tokida) K.L.Vinogradova
Поп. Cladophorales
Сем. Cladophoraceae
- 75 *Cladophora opaca* Sakai
- 76 *Cladophora stimpsonii* Harv.
- 77 *Cladophora speciosa* Sakai
- 78 *Cladophora glomerata* (L.) Kützing
- 79 *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey (= *Rhizoclonium implexum* (Dillwyn) Kützing)
- 80 *Chaetomorpha cannabina* (Areschoug) Kjellman
- 81 *Chaetomorpha linum* (O.F.Müller) Kützing
- 82 *Chaetomorpha moniligera* Kjellman
- 83 *Chaetomorpha melagonium* (Weber et Mohr) Kützing
- 84 *Chaetomorpha tortuosa* (Dillwyn) Kleen
Поп. Acrosiphoniales
Сем. Acrosiphoniaceae
- 85 *Acrosiphonia diriuscula* (Ruprecht) Yendo
- 86 *Acrosiphonia saxatilis* (Ruprecht) Vinogradova
Поп. Ulotrichales
Сем. Ulotrichaceae
- 87 *Ulothrix flacca* (Dillwyn) Thuret (= *Ulothrix pseudoflacca* Wille)
- 88 *Ulothrix implexa* (Kützing) Kützing
- 89 *Urospora penicilliformis* (Roth) Areschoug
- 90 *Urospora wormskjoldii* (Mertens) Rosenvinge
- 91 *Pseudothrix groenlandica* (J. Agardh) Hanic et Lindstrom (≡ *Capsosiphon groenlandicus* (J. Agardh) Vinogradova)
Сем. Monostromataceae
- 92 *Monostroma grevillei* (Thuret) Wittrock
- 93 *Monostroma crassidermum* Tokida
Поп. Ulvales
Сем. Ulvellaceae
- 94 *Ulvella geniculata* (N.L.Gardner) R.Nielsen, C.J.O'Kelly et B. Wysor (≡ *Pseudodictyon geniculatum* Gardner)
- 95 *Ulvella ramosa* (Gardner) Nielsen, O'Kelly et Wysor (≡ *Endophyton ramosum* Gardner)
- 96 *Ulvella wittrockii* (Wille) Nielsen, O'Kelly et Wysor (≡ *Endoderma wittrockii* (Wille) De Toni)
- 97 *Ulvella prostrata* N.L.Gardner (≡ *Pseudulvella prostrata* (N.L.Gardner) Setchell et N.L.Gardner)
- 98 *Ulvella viridis* (Reinke) R.Nielsen, C.J.O'Kelly et B.Wysor (≡ *Entocladia viridis* Reinke)
- 99 *Ulvella scutata* (Reinke) R.Nielsen, C.J.O'Kelly et B.Wysor (≡ *Pringsheimiella scutata* (Reinke) Marchewianka)

- Сем. Kornmanniaceae
- 100 *Kornmannia leptoderma* (Kjellman) Bliding (= *Kornmannia zostericola* (Tilden) Bliding)
- 101 *Blidingia minima* (Nägeli ex Kützing) Kylin
- 102 *Blidingia chadefaudii* (J. Feldman) Bliding
- 103 *Blidingia subsalsa* (Kjellman) Kornmann et Sahling
Сем. Ulvaceae
- 104 *Ulva fenestrata* Postels et Ruprecht
- 105 *Ulva clathrata* (Roth) C. Agardh
- 106 *Ulva linza* L.
- 107 *Ulva prolifera* O.F. Müller
- 108 *Ulva flexuosa* Wulfen
- 109 *Ulvaria splendens* (Ruprecht) K.L. Vinogradova
- 110 *Percursaria percursa* (C. Agardh) Rosenvinge
Класс Trebouxiophyceae
Поп. Prasiolales
Сем. Prasiolaceae
- 111 *Rosenvingiella polyrhiza* (Rosenvinge) Silva
- 112 *Prasiola crispa* (Lightfoot) Kützing
Отдел Rhodophyta
Класс Stylonematophyceae
Поп. Stylonematales
Сем. Stylonemataceae
- 113 *Stylonema alsidii* (Zanardini) Drew
Класс Compsogonophyceae, Поп. Erythropeltiales
Сем. Erythrotrichaceae
- 114 *Erythrocladia irregularis* Rosenvinge
Класс Bangiophyceae, Поп. Bangiales
Сем. Bangiaceae
- 115 *Bangia atropurpurea* (Mertens ex Roth) C. Agardh
- 116 *Boreophyllum pseudocrassum* (Yamada et Mikami) Kikuchi et Miyata (= *Porphyra pseudocrassa* Yamada et Mikami)
- 117 *Porphyra ochotensis* Nagai
- 118 *Porphyra purpurea* (Roth) C. Agardh
- 119 *Pyropia pseudolinearis* (Ueda) Kikuchi, Miyata, Hwang et Choi (= *Porphyra pseudolinearis* Ueda)
- 120 *Pyropia torta* (V. Krishnamurthy) S.C. Lindstrom (= *Porphyra torta* Krishn.)
- 121 *Pyropia katadae* (A. Miura) M.S. Hwang, H.G. Choi, N. Kikuchi et M. Miyata (= *Porphyra katadae* A. Miura)
- 122 *Pyropia yezoensis* (Ueda) M.S. Hwang et H.G. Choi (= *Porphyra yezoensis* Ueda)
- 123 *Fuscifolium tasa* (Yendo) S.C. Lindstrom (= *Porphyra tasa* (Yendo) Ueda)
- 124 *Wildemanina variegata* De Toni (= *Porphyra variegata* (Kjellman) Kjellman)
- 125 *Wildemanina miniata* (C. Agardh) Foslie (= *Porphyra miniata* (C. Agardh) C. Agardh)
Класс Florideophyceae
Поп. Colaconematales
Сем. Colaconemataceae
- 126 *Colaconema daviesii* (Dillwyn) Stegenga
- 127 *Colaconema rhizoideum* (K. M. Drew) P.W. Gabrielson (= *Audouinella rhizoidea* (Drew) Garbary)
Поп. Acrochaetales
Сем. Acrochaetiaceae
- 128 *Acrochaetium humile* (Rosenvinge) Børgesen
- 129 *Acrochaetium secundatum* (Lyngbye) Nägeli
- 130 *Acrochaetium moniliforme* (Rosenvinge) Børgesen
Сем. Rhodochortonaceae
- 131 *Rhodochorton purpureum* (Lightfoot) Rosenvinge
Поп. Corallinales
Сем. Corallinaceae
- 132 *Pneophyllum zostericola* (Foslie) Fujita
- 133 *Pneophyllum fragile* Kütz. (= *Pneophyllum lejolisii* (Rosanoff) Y.M. Chamberlain)
- 134 *Pneophyllum japonicum* Kloczcova et Demeshkina
- 135 *Pneophyllum elegans* Kloczcova et Demeshkina
- 136 *Corallina officinalis* L. (= *Bossiella cretacea* (Postels et Ruprecht) Johansen)
- 137 *Corallina officinalis* L. f. *robusta* Kjellman
- 138 *Corallina pilulifera* Postels et Ruprecht
- 139 *Corallina sachalinensis* Klochkova
- 140 *Haliptilon splendens* Kloczcova
- 141 *Bossiella frondescens* (Postels et Ruprecht) Dawson (= *Corallina frondescens* Postels et Ruprecht)
- 142 *Bossiella compressa* Kloczcova
- 143 *Alatocladia modesta* (Yendo) Johansen
- 144 *Masakiella bossiellae* (Klochkova) Guiry et Selivanova (= *Masakiella bossiellae* Klochkova)
Сем. Hydrolithaceae
- 145 *Hydrolithon farinosum* (J.V. Lamouroux) Penrose et Y.M. Chamberlain (= *Fosliella farinosa* (J.V. Lamouroux) M. Howe)
Сем. Lithophyllaceae
- 146 *Lithophyllum yessoense* Foslie
- 147 *Lithophyllum tumidulum* Foslie
- 148 *Lithophyllum corallinae* (Crouan et Crouan) Heydrich (= *Titanoderma corallinae* (Crouan et Crouan) Woelk., Chamb. et Silva)
- 149 *Lithophyllum dispar* (Foslie) Foslie (= *Titanoderma dispar* (Foslie) Woelkerling, Chamberlain, Silva)
Поп. Hapalidiales
Сем. Hapalidiaceae
- 150 *Boreolithothamnion phymatodeum* (Foslie) P.W. Gabrielson, Maneveldt, Hughey et V. Peña (= *Lithothamnion phymatodeum* Foslie)
- 151 *Boreolithothamnion sonderi* (Hauck) P.W. Gabrielson, Maneveldt, Hughey et V. Peña (= *Lithothamnion sonderi* Hauck)
- 152 *Phymatolithon lenormandii* (Areschoug) Adey
Сем. Mesophyllumaceae
- 153 *Clathromorphum nereostratum* Lebednik
- 154 *Clathromorphum circumscriptum* (Strömfelt) Foslie

- 155 *Clathromorphum compactum* (Kjellm.) Foslie
156 *Neopolyporolithon arcticum* (Kjellman) Gabrielson, Lindstrom et Hughey (= *Clathromorphum loculosum* (Kjellm.) Foslie)
157 *Neopolyporolithon reclinatum* (Foslie) Adey et Johansen (= *Clathromorphum reclinatum* (Foslie) Adey)
158 *Leptophytum laeve* Adey
159 *Melyvonnea erubescens* (Foslie) Athanasiadis & D.L. Ballantine (= *Mesophyllum erubescens* (Foslie) Lemoine)
Поп. Palmariales
Сем. Meiodiscaceae
160 *Meiodiscus spetsbergensis* (Kjellman) Saunders et McLachlan
161 *Meiodiscus concrecens* (Drew) Gabrielson
162 *Rhodophysema laminariae* Masuda
163 *Rubrointrusa membranacea* (Magnus) Clayden et Saunders (= *Audouinella membranacea* (Magnus) Papenfuss)
Сем. Rhodophysemataceae
164 *Rhodophysema georgii* Batters
165 *Rhodophysema elegans* (Crouan et Crouan) Dixon
166 *Rhodophysema nagaii* Masuda
Сем. Palmariaceae
167 *Devaleraea stenogona* (Perestenko) Skriptsova et Kalita (= *Palmaria stenogona* (Perest.) Perest.)
168 *Devaleraea microspora* (Ruprecht) Selivanova et Klochkova
169 *Devaleraea firma* (Postels et Ruprecht) Selivanova (= *Halosaccion firmum* (Postels et Ruprecht) Kützing)
170 *Halosaccion yendoi* Lee (= *Devaleraea yendoi* (Lee) Guiry)
Поп. Ahnfeltiales
Сем. Ahnfeltiaceae
171 *Ahnfeltia plicata* (Hudson) Fries
172 *Ahnfeltia fastigiata* var. *tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Skriptsova et Zhigadlova (= *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Makienko)
Поп. Hildenbrandiales
Сем. Hildenbrandiaceae
173 *Hildenbrandia rubra* (Sommerfeld) Meneghini
Поп. Halymeniales
Сем. Grateloupiaceae
174 *Grateloupia acuminata* Holmes (= *Halymenia acuminata* (Holmes) J. Agardh)
175 *Grateloupia divaricata* Okamura
176 *Grateloupia turuturu* Yamada
Поп. Gigartinales
Сем. Dumontiaceae
177 *Dumontia contorta* (Gmelin) Ruprecht
178 *Dumontia simplex* Cotton
179 *Hyalosiphonia caespitosa* Okamura
180 *Farlowia mollis* (Harvey et Bailey) Farlow et Setchell
181 *Constantinea rosa-marina* (Gmelin) Postels et Ruprecht
182 *Constantinea subulifera* Setchell
183 *Neodilsea yendoana* Tokida
184 *Neodilsea crispata* Masuda
185 *Masudaphycus irregularis* (Yamada) Lindstrom
Сем. Tichocarpaceae
186 *Tichocarpus crinitus* (Gmelin) Ruprecht
Сем. Endocladaceae
187 *Gloiopeltis furcata* (Postels et Ruprecht) J. Agardh
Сем. Kallymeniaceae
188 *Callophyllis rhynchocarpa* Ruprecht
189 *Callophyllis flabellata* Crouan
190 *Callophyllis papulosa* Perestenko
191 *Euthora cristata* (C. Agardh) J. Agardh
192 *Erythrophyllum lacerum* (Postels et Ruprecht) Selivanova, Zhigadlova et G.W. Saunders (= *Kallymeniopsis lacera* (Postels et Ruprecht) Perestenko)
193 *Velatocarpus pustulosus* (Postels et Ruprecht) Perestenko
194 *Velatocarpus kurilensis* Perestenko
195 *Hommersandia palmatifolia* (Tokida) Perestenko
Сем. Crossocarpaceae
196 *Crossocarpus lamuticus* Ruprecht
Сем. Furcellariaceae
197 *Turnerella mertensiana* (Postels et Ruprecht) Schmitz
198 *Opuntiella californica* (Farlow) Kylin (= *Cruoria profunda* Dawson)
Сем. Cystocloniaceae
199 *Fimbrifolium dichotomum* (Lepechin) Hansen
200 *Fimbrifolium spinulosum* (Ruprecht) Perestenko
Сем. Gigartinaceae
201 *Mazzaella japonica* (Mikami) Hommersand
202 *Mazzaella laminarioides* (Bory) Fredericq (= *Mazzaella cornucopiae* (Postels et Ruprecht) Hommersand)
203 *Chondrus pinnulatus* (Harvey) Okamura
204 *Chondrus armatus* (Harvey) Okamura
Сем. Phylloporaceae
205 *Besa divaricata* (Holmes) M. S. Calderon et S. M. Boo (= *Ahnfeltiopsis flabelliformis* (Harvey) Masuda)
206 *Mastocarpus pacificus* (Kjellman) Perestenko (= *Mastocarpus unalashcensis* (Postels et Ruprecht) Makienko ex Kloczcova)
207 *Coccotylus truncatus* (Pallas) Wynne et Heine
208 *Stenogramma interruptum* (C. Agardh) Montagne
Сем. Cruoriaceae
209 *Cruoria sachalinensis* Perestenko
Поп. Peyssonneliales
Сем. Peyssonneliaceae
210 *Peyssonnelia pacifica* Kylin
211 *Agissea harveyana* (P. Crouan et H. Crouan ex J. Agardh) Pestana, Lyra, Cassano et J.M.C. Nunes (= *Peyssonnelia harveyana* Crouan et Crouan)
212 *Peyssonnelia asiatica* Perestenko
Поп. Gracilariales
Сем. Gracilariaceae

- 213 *Gracilaria vermiculophylla* (Ohmi) Papenfuss (*Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss)
 Pop. Nemastomatales
 Сем. Schizymeniaceae
- 214 *Schizymenia pacifica* (Kylin) Kylin
- 215 *Schizymenia valentinae* (N.A. Pisareva et Kloczkova) O.S. Belous, Skriptsova et Shibneva (= *Neoabbottiella valentinae* Pisareva et Klochkova)
 Pop. Phodymeniales
 Сем. Rhodymeniaceae
- 216 *Sparlingia pertusa* (Postels et Ruprecht) Saunders, Strachan et Kraft (= *Rhodymenia pertusa* (Postels et Ruprecht) J. Agardh)
- 217 *Rhodymenia obtusa* (Greville) Womersley (= *Epymenia obtusa* (Grev.) Kützing)
 Сем. Lomentariaceae
- 218 *Yendoa hakodatensis* (Yendo) C.C. Santos, Lyra et J.M.C. Nunes (= *Lomentaria hakodatensis* Yendo)
 Pop. Ceramiales
 Сем. Ceramiaceae
- 219 *Scagelia pylaisaei* (Montague) Wynne
- 220 *Scagelia breviarticulata* Perestenko
- 221 *Ceramium cimbricum* Petersen
- 222 *Ceramothamnion japonicum* (Okamura) M.J. Wynne et C.W. Schneider (= *Ceramium japonicum* Okamura)
- 223 *Campylaephora kondoi* (Yendo) Barros-Barreto et Maggs (= *Ceramium kondoi* Yendo)
- 224 *Campylaephora hypnaeoides* J. Agardh
- 225 *Campylaephora crassa* (Okam.) Nakamura
- 226 *Antithamnion densum* (Suhr) Howe
 Сем. Callithamniaceae
- 227 *Callithamnion pikeanum* Harvey
 Сем. Wrangeliaceae
- 228 *Ptilota filicina* J. Agardh
- 229 *Ptilota phacelocarpoides* A. Zinova
- 230 *Ptilota asplenioides* (Esper) C. Agardh (= *Neoptilota asplenioides* (Turner) Kylin)
- 231 *Pleonosporium kobayashii* Okamura
- 232 *Tokidaea corticata* (Tokida) Yoshida
 Сем. Delesseriaceae
- 233 *Membranoptera fabriciana* (Lyngbye) Wynne et Saunders (= *Pantoneura fabriciana* (Lyngbye) Wynne)
- 234 *Membranoptera robbeniensis* Tokida
- 235 *Congregatocarpus kurilensis* (Ruprecht) Wynne (= *Congregatocarpus pacificus* (Yamada) Mikami, = *Tokidadendron kurilense* (Ruprecht) Perestenko)
- 236 *Neohypophyllum middendorffi* (Ruprecht) Wynne
- 237 *Heteroglossum carnosum* (Mikami) Perestenko
- 238 *Neoholmesia japonica* (Okamura) Mikami
- 239 *Phycodrys riggii* Gardner
- 240 *Phycodrys vinogradovae* Perestenko et Gussarova
- 241 *Phycodrys angusta* (A. D. Zinova) J. C. Kang et M. S. Kim (= *Nienburgella angusta* (A. Zinova) Perestenko)
- 242 *Phycodrys denticulata* (Tokida) J. M. Freese et C. E. Lane (= *Asterocolax denticulatus* (Tokida) Feldmann et G. Feldmann)
- 243 *Hideophyllum yezoense* (Yamada et Tokida) A. Zinova
 Сем. Rhodomelaceae
- 244 *Savoiea bipinnata* (Postels et Ruprecht) M. J. Wynne (= *Pterosiphonia bippinata* (Postels et Ruprecht) Falkenberg)
- 245 *Melanothamnus japonicus* (Harvey) Díaz-Tapia et Maggs (= *Polysiphonia japonica* Harvey)
- 246 *Melanothamnus yendoi* (T. Segi) Díaz-Tapia et Maggs (= *Neosiphonia yendoi* (Segi) Kim et Lee (= *Polysiphonia yendoi* Segi))
- 247 *Polysiphonia morrowii* Harvey
- 248 *Polysiphonia stricta* (Mertens ex Dillwyn) Greville (= *Polysiphonia urceolata* (Lightfoot ex Dillwyn) Greville)
- 249 *Vertebrata stimpsonii* (Harvey) Kuntze (= *Enelittosiphonia stimpsonii* (Harvey) Kudo et Masuda (= *Enelittosiphonia hakodatensis* (Yendo) Segi))
- 250 *Symphocladia latiuscula* (Harvey) Yamada
- 251 *Odonthalia ochotensis* (Ruprecht) J. Agardh
- 252 *Odonthalia corymbifera* (Gmelin) Greville
- 253 *Odonthalia annae* Perestenko
- 254 *Odonthalia setacea* (Ruprecht) Perestenko
- 255 *Neorhodomela larix* (Turner) Masuda
- 256 *Neorhodomela aculeata* (Perestenko) Masuda
- 257 *Neorhodomela oregona* (Doty) Masuda
- 258 *Neorhodomela munita* (Perestenko) Masuda
- 259 *Rhodomela sachalinensis* Masuda
- 260 *Rhodomela teres* (Perestenko) Masuda
- 261 *Rhodomela tenuissima* (Ruprecht) Kjellman
- 262 *Laurencia nipponica* Yamada
- 263 *Chondria dasyphylla* (Woodward) C. Agardh
- 264 *Chondria decipiens* Kylin
- 265 *Choreocolax polysiphoniae* Reinsch
- Отдел Magnoliophyta, Класс Monocots**
 Pop. Alismatales
 Сем. Zosteraceae
- 1 *Phyllospadix iwatensis* Makino
- 2 *Zostera marina* L.
- 3 *Zostera asiatica* Miki
- 4 *Nanozostera japonica* (Ascherson et Graebner) Tomlinson et Posluszny (= *Zostera japonica* Ascherson et Graebner)
 Сем. Ruppiceae
- 5 *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande (= *Ruppia occidentalis* S. Wats)
- 6 *Ruppia maritima* L.
 Сем. Potamogetonaceae
- 7 *Stuckenia pectinata* (L.) Börner (= *Potamogeton pectinatus* L.)
- 8 *Potamogeton perfoliatus* L.

Видовой состав дополнен 8 новыми для региона видами (табл. 2).

Распределение и состав видов позволяет разделить прибрежную зону восточного Сахалина на 3 участка: северо-восточный, юго-восточный и зал. Анива.

Таблица 2. Список новых видов водорослей с описанием мест находок

Table 2. List of new algae species with descriptions of their locations

№	Вид	Описание мест находки
1	<i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kützing	Зал. Пильтун, оз. Тунайча. Солоновато-водный. Песчано-илистый грунт на глубине 0,4–1,8 м
2	<i>Blidingia subsalsa</i> (Kjellman) Kornmann et Sahling	Зал. Пильтун. Песчано-илистый грунт на глубинах 0,4–1,8 м, в зарослях морских трав <i>Z. marina</i> , <i>Z. japonica</i>
3	<i>Hydrolithon farinosum</i> (J.V.Lamouroux) Penrose et Y.M.Chamberlain (= <i>Fostiella farinosa</i> (J.V.Lamouroux) M.Howe)	Район р. Мануй, м. Сенявина. На глубине 5–6 м. Эпифит <i>Phycodryis riggii</i> и <i>Chaetomorpha melagonium</i>
4	<i>Clathromorphum nereostratum</i> Lebednik	Участок от с. Восточный до м. Анива. Глубина 2–14 м
5	<i>Leptophytum laeve</i> Adey	Район м. Гребенская, р. Мануй. На глубинах 2–10 м. На гальке, валунах
6	<i>Callophyllis papulosa</i> Perestenko	Район р. Мануй. Глубина 20 м. Каменисто-галечный грунт
7	<i>Pleonosporium kobayashii</i> Okamura	Район бух. Глена, м. Свободный. Глубина 4–9 м. На камнях
8	<i>Heteroglossum carnosum</i> (Mikami) Perestenko	В районе р. Мануй. На глубине 20 м

Северо-восточное побережье о. Сахалин характеризуется бедной растительностью, обусловленной преобладающим распространением песчаных грунтов. В лагунах северо-восточного Сахалина фитобентос представлен солоновато-водной флорой с доминированием высших водных растений.

Видовой состав лагун характеризуется смешением морских и пресноводных видов высших растений и водорослей, способных переносить резкие и относительно продолжительные колебания температуры и солёности, а также группы видов эстуарно-лагунного комплекса. Основу последнего составляют морские травы родов *Zostera* и *Nanozostera*, представленные в лагуне двумя массовыми видами: *Z. marina* и *N. japonica*. Это типичные обитатели мягких грунтов. Из других видов высших растений часто встречалась *Ruppia cirrhosa*, предпочитающая обитание в лагунах и солоноватых водоёмах близ морского побережья. Довольно часто отмечали *Stuckenia pectinata*. Единично встречены ещё два представителя упомянутых родов: *R. maritima* и *Potamogeton perfoliatus*.

В заливах по частоте встречаемости доминирует бурая водоросль *Battersia arctica*. Из водорослей также часто встречаются: *Cladophora opaca*, *Chaetomorpha linum*, *Ch. tortuosa*, реже — *Blidingia subsalsa*, красная *Savoiea arctica* (7%).

Растительный покров, сформированный макроводорослями, имеет смешанный характер и включа-

ет как типично морские, так и типично пресноводные виды. К типично пресноводным, например, относится эвригалинная мезосапробная пресноводная нитчатая водоросль *Cladophora glomerata*.

Зостера (*Z. marina*) в заливах образовывала поселения на глубинах 0,8–2 м. Биомасса надземной и подземной частей растений в зарослях на участке исследований варьировала от 0,0005 кг/м² (минимальной биомассы) до 1,64 кг/м² (максимальной биомассы), в среднем составляя 0,47 кг/м².

Нанозостера (*N. japonica*) образовывала заросли на глубинах 0,2–0,8 м. Вид также образует монодоминантные поселения. Удельная биомасса надземной и подземной частей растений в зарослях на исследованном участке в зал. Пильтун изменялась в пределах от 0,0003 до 0,3 кг/м², в среднем насчитывала 0,09 кг/м².

Руппия (*R. cirrhosa*) отмечалась в центральной части зал. Пильтун и образовывала совместно заросли с зостерами, в основном с *N. japonica* и реже с *Z. marina*. Проективное покрытие не превышало 25–35%. Средняя биомасса поселений составляла 0,06 кг/м² и максимально достигала 0,34 кг/м².

Юго-восточное побережье Сахалина также характеризуется обширным распространением песчаного грунта, особенно в зал. Терпения. Южнее каменистые и скальные грунты встречаются чаще, в районе мысов и на грядках вдоль береговой линии. На участке м.

Свободный — м. Анива твёрдые грунты на мелководье доминируют.

К основным факторам, определяющим формирование природного комплекса этого района, относятся преобладание твёрдых грунтов и резкое возрастание глубин. Грунты сложены скалами до глубины 10–12 м, и лишь в приустьевых зонах на этих глубинах преобладает песок с выходом скал и валунов. По мере увеличения глубины скалистые грунты сменяются каменисто-галечными; на глубине 18 м и глубже грунт представлен песками и илами.

В прибрежной зоне юго-востока выделено 5 формаций: *Neorhodomela larix*+*Fucus distichus* f. *evanescens*, *Neorhodomela* spp., *Agarum clathratum*, *Saccharina cichorioides*, *S. japonica*.

Распределение макрофитов на литорали определяется доминирующими твёрдыми грунтами. Лишь самая прибрежная кромка верхней литорали занята зарослями *Z. marina*, связанной с песчаным грунтом. Биомасса зостеры достигает 1,88 кг/м². С зостерой ассоциирован целый ряд водорослей, в основном, зелёных: *Ulva fenestrata*, *U. clathrata*, *U. linza*, *Kornmannia leptoderma*, *Sphacelaria rigidula*, *Punctaria plantaginea*, *Ceramium japonicum*, *Wildemania variegata*, *Bangia atropurpurea*, *Pneophyllum japonicum*.

Более 70% верхней и средней литорали на скалистых грунтах занимает *Phyllospadix iwatensis*. На юго-восточном побережье расположены крупные нерестилища сельди, субстратом для икры которой и являются морские травы. Поселения филлоспадикса продолжаются и в сублиторали, единичные растения отмечаются до глубины 20 м.

Биомасса филлоспадикса на юго-восточном Сахалине составляет 0,2–0,6 кг/м². В зарослях филлоспадикса встречены следующие виды: *Leathesia marina*, *Scytosiphon lomentaria*, *Mazzaella japonica*, *Corallina pilulifera*, *Sphacelaria rigidula*, *Chaetopteris plumosa*, *Wildemania variegata*, *Pylaiella littoralis*, *Punctaria plantaginea*, *Rhizoclonium riparium*, *Analipus japonicus*, *Neorhodomela munita*.

Бурые водоросли формируют на литорали два фитоценоза: *Saccharina cichorioides*+*Alaria marginata*+*Stephanocystis crassipes* и *Fucus distichus* f. *evanescens*. К югу от с. Стародубское *F. distichus* постепенно вытесняется другим видом — *Silvetia babingtonii*.

Биомасса доминирующих видов составляет: *Saccharina cichorioides* — 1,38 кг/м², *Phyllospadix iwatensis* 0,5 кг/м², *Stephanocystis crassipes* 4,44 кг/м², *Alaria marginata* 0,5 кг/м². В нижнем ярусе доминируют кораллиновые водоросли: *Alatocladia modesta* и *Bossiella compressa*.

В фитоценозах ламинарии цикориевидной встречаются следующие виды: *Coilodesme japonica*, *Desmarestia viridis*, *Ulva linza*, *Acrosiphonia duriuscula*, *A. saxatilis*, *Sphacelaria rigidula*, *Savoiea bipinnata*.

Фукус *F. distichus* f. *evanescens* (= *F. evanescens*) образует поселения с проективным покрытием до 100%, хотя общая доля поселений фукуса занимает не более 5–10% прибрежной зоны юго-востока. Поселения фукуса приурочены к скальным участкам литорали. Средняя плотность на литорали составляет 44 экз./м². Средняя биомасса в поселениях — 7,6 кг/м². Однако, с учётом общего проективного покрытия литоральной зоны средняя биомасса уменьшается до 0,4–1,5 кг/м². Поэтому данный вид может считаться перспективным для локального ограниченного промысла.

Сублиторальная растительность отмечается вдоль всего побережья на выходах скальных пород. Здесь доминируют *S. cichorioides* (биомасса 0,0007–1,38 кг/м² с плотностью 1–32 экз./м²), *S. crassipes* (биомасса 0,0001–4,44 кг/м²), *Odonthalia ochotensis* (биомасса 0,0001–0,32 кг/м²), *Congregatocarpus pacificus* (биомасса 0,02–0,13 кг/м²), *Velatocarpus pustulosus* (биомасса 0,0004–0,3 кг/м²), *Corallina pilulifera* (биомасса 0,01–0,32 кг/м²), *Bossiella compressa* (биомасса 0,0008–0,3 кг/м²). На глубинах 5–20 м *Agarum clathratum* замыкает пояс водорослей, грунт здесь каменисто-галечный и каменисто-песчаный. С глубиной отмечается увеличение биомассы водоросли до 1,28 кг/м².

Формация *Saccharina japonica* развивается в сублиторали южнее м. Свободный на глубине до 10–12 м на скалистом грунте. В ней встречается 35 видов водорослей: красных — 24, бурых — 7, зелёных — 3 и морских трав — 1 вид.

В верхнем ярусе этой формации доминируют: *S. japonica* (3,47 кг/м²), *S. cichorioides* (0,57 кг/м²), *Agarum clathratum* (0,52 кг/м²) и *Phyllospadix iwatensis* (0,5 кг/м²). Субдоминантом этого яруса являются *Stephanocystis crassipes*, который встречается во всех фитоценозах, и *Alaria ochotensis*. В среднем ярусе доминируют красные водоросли *Odonthalia corymbifera* и *O. ochotensis* с субдоминантом *Ptilota asplenoides*, которая на глубине свыше 10 м встречается как кодоминант.

В нижнем ярусе доминируют кораллиновые водоросли: *Corallina officinalis* и *Lithothamnion phymatodeum*, субдоминантами являются: *Alatocladia modesta*, *Bossiella compressa* и *Clathromorphum circumscriptum*.

Формация *Agarum clathratum* приурочена к глубине 10–15 м, грунт здесь каменисто-галечный и каменисто-песчаный. С глубиной отмечается уменьшение биомассы водорослей. Формация состоит из

26 видов водорослей: красных – 22, бурых – 3 и зелёных – 1.

В верхнем ярусе доминирует *A. clathratum* с биомассой 0,35 кг/м². В среднем ярусе доминируют красные водоросли *Ptilota asplenioides* с биомассой 0,23 кг/м² и *Odonthalia ochotensis* с биомассой 0,11 кг/м². Субдоминантами этого яруса является *Callophyllis rhynchocarpa*. В нижнем ярусе доминируют кораллиновые водоросли *Lithothamnion phymatodeum* и *Bossiella compressa*. В качестве субдоминантов выступают *Clathromorphum circumscriptum* и *Peyssonnelia pacifica*.

С увеличением глубины видовое разнообразие водорослей уменьшается, уменьшается и доля каменистых грунтов. На глубине 18 и более метров грунт сложен песками и илами.

В целом природный комплекс характеризуется большим разнообразием биотопов и, как следствие этого, разнообразием видового состава.

Промысловые виды у юго-восточного Сахалина образуют локальные поселения и могут быть использованы только для мелкомасштабного промысла, но существенного промыслового значения данные поселения не имеют. Однако они являются источником органического вещества для литоральных и сублиторальных биоценозов, субстратом для укрытия и нереста многих гидробионтов, поэтому их роль в функционировании прибрежных биоценозов чрезвычайно важна.

Залив Анива. В зал. Анива прибрежная зона кутовой части от с. Таранай до с. Третья Падь характеризуется песчаными грунтами и отсутствием пояса растительности. Водоросли отмечены только на редких камнях и на створках приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* Jay. Заросли водорослей наблюдаются на западном побережье от м. Крильон до с. Таранай и на восточном – от с. Третья падь до м. Анива [Щукина и др., 2003].

Ценотическая структура зал. Анива сформирована 9 доминирующими формациями: *Fucus distichus* f. *evanescens*, *Arthrothamnus kurilensis*+*Kjellmaniella crassifolia*, *Saccharina japonica*, *Saccharina cichorioides*, *Agarum clathratum*, *Zostera marina*, *Z. asiatica*, *Phyllospadix iwatensis*, *Neorhodomela larix*.

Формация *Fucus distichus* f. *evanescens* занимает средний и нижний горизонты литорали на твёрдых грунтах – от скалисто-валунных до каменистых, с наносами песка. Ярусность выражена очень слабо. Виды-эдикаторы – *F. distichus* f. *evanescens* и *Neorhodomela larix*. Первый селится в расщелинах, где во время отлива дольше задерживается вода,

второй – на ровной поверхности скал и на камнях. В состав ассоциаций входят *Corallina pilulifera*, *Boreophyllum pseudocrassum*, *Ulva fenestrata*, *Mazzaella laminarioides*, *Analipus japonicus*, *Sargassum miyabei*, *Analipus filiformis*, *Neodilsea yendoana*, *Chaetomorpha moniligera* и *Phyllospadix iwatensis*.

Формация *Arthrothamnus kurilensis*+*Kjellmaniella crassifolia* развивается на участке м. Крильон – м. Кострома в районе апвеллинга на открытом побережье в сублиторали на глубине до 7–9 м [Щукина и др., 2003]. Ассоциации двух- или трёхъярусные, с большим видовым разнообразием. В верхнем ярусе доминируют крупные бурые водоросли: *A. kurilensis* (7,2 кг/м²) и *K. crassifolia* (8 кг/м²). Субдоминантами являются *S. cichorioides* (3,7 кг/м²), *Alaria ochotensis* (2,9 кг/м²), *S. japonica* и *S. japonica* f. *longipes*. В среднем ярусе доминирует *Odonthalia corymbifera* (2 кг/м²) или *Ptilota filicina*+*Ptilota asplenioides* (2,2 кг/м²). В нижнем ярусе доминируют *Lithothamnion phymatodeum*+*Clathromorphum circumscriptum* или *Corallina officinalis*. С увеличением глубины поселения водорослей редуют, количество видов уменьшается.

Формации *S. japonica* и *S. cichorioides* на участке от м. Кострома до р. Колхозная занимают нижний горизонт литорали и верхнюю сублитораль до глубины 5–10 м. Плотные заросли макрофитов, приурочены к скалистым и каменистым грунтам. На участках, где проективное покрытие дна макрофитами близко к 100%, доминирует *S. japonica*. С увеличением глубины доля *S. japonica* уменьшается, а *S. cichorioides* увеличивается: на глубине 7–10 м основные заросли составляет *S. cichorioides*. Верхний ярус ассоциаций образован крупными бурыми водорослями; среди них доминантами являются *S. japonica* с биомассой 17,1 кг/м², *S. cichorioides* с биомассой 6,7 кг/м². В среднем ярусе доминируют *Ptilota filicina*+*Ptilota asplenioides* и *Odonthalia corymbifera* с субдоминантом *O. ochotensis*. Нижний ярус представлен корковыми кораллиновыми водорослями *Clathromorphum circumscriptum* и *Lithothamnion phymatodeum*.

В восточной части залива формация *S. japonica* приурочена к каменисто-скалистым грунтам на глубинах от 1 до 15 м. Проективное покрытие дна макрофитами составляет 80–100%. Доминант этих растительных сообществ – *S. japonica* с биомассой 0,5–1,4 кг/м². В верхнем ярусе субдоминантом является *S. cichorioides*, иногда как субдоминант выступает *Alaria ochotensis* и *Agarum clathratum*, преимущественно глубже 5–7 метров. Последний иногда выступает как кодоминант, но преимущественно глубже 12–13 метров. В среднем ярусе с доминантом *Odonthalia corymbifera* субдоминантами являются *O.*

ochotensis, *Neohypophyllum middendorffii*, *Desmarestia viridis*, *Ulva fenestrata* и *Codium yezoense*, в ярусе с доминантом *Ptilota filicina* субдоминанты — *Tichocarpus crinitus* и *Chondrus pinnulatus*. Нижний ярус представлен исключительно кораллиновыми водорослями *Lithothamnion phymatodeum* и *Clathromorphum circumscriptum*. Кроме этих водорослей во втором фитоценозе доминирует *Corallina officinalis*, *Alatocladia modesta*, реже *Bossiella compressa*.

От м. Анива до м. Мраморный видовой состав сообщества макрофитов, по сравнению с м. Крильон, несколько обеднён. Доминирующими видами в верхнем ярусе является *S. japonica*, а также *S. cichorioides*, субдоминантом выступает *Alaria ochotensis*. Под пологом верхнего яруса бурых водорослей развиваются красные водоросли: *Neohypophyllum middendorffii*, *Ptilota filicina*, *P. asplenioides*, *Odonthalia corymbifera* и зелёная пластинчатая водоросль *Ulva fenestrata*, образующие второй ярус. Нижний ярус образуют кораллиновые водоросли: корковые и членистые. Здесь отсутствуют виды, создающие основу сообщества у м. Крильон. Это *Arthrothamnus kurilensis*, *Kjellmaniella crassifolia*, *Costaria costata*.

Формация *Agarum clathratum* приурочена к глубине от 8–10 до 20–25 м. Грунт здесь гравийно-песчаный с редкими выходами скалистых пород. В верхнем ярусе доминирует *A. clathratum* с биомассой 0,15–1,04 кг/м²; иногда (на небольших глубинах) в кодоминанты выходит *S. japonica* с биомассой 0,34 кг/м², но чаще встречается (как и *S. cichorioides*) в качестве сопутствующего вида. В среднем ярусе представлена *Odonthalia corymbifera* с биомассой 0,23 кг/м². В нижнем ярусе доминируют *Lithothamnion phymatodeum* и *Clathromorphum circumscriptum*, в качестве субдоминанта нередко выступают *Corallina officinalis*, *Peyssonnelia pacifica*, *Agissea harveyana*.

Формация *Zostera marina* занимает небольшие по площади участки дна с песчаными и песчано-галечными грунтами на глубине 1–10 м. Эта формация отмечена в районе Первой – Третьей Падей и на участке прибрежной зоны от устья реки Мерее до ручья Голубой. В этой формации 10 видов водорослей и трав, из них красных – 5, бурых – 2 и морских трав – 3. Высота доминирующих растений 0,8–1,5 м с биомассой 0,09–1,29 кг/м². На листьях *Z. marina* поселяются эпифиты *Pneopyllum zostericum* и *Kornmannia zostericola*. Редкие камешки покрыты известковыми водорослями *Corallina pilulifera*, *Clathromorphum circumscriptum* и *Lithothamnion phymatodeum*, зелеными пластинчатыми водорослями *Ulva fenestrata* и *U. clathrata*. Очень редко встречаются валуны, обросшие крупными бурыми водорослями *S.*

japonica и *S. crassipes*, а также красной кустистой водорослью *Neorhodomela larix*.

Формация *Phyllospadix iwatensis* занимает средний горизонт скалисто-каменистой с наносами песка литорали и верхний горизонт sublиторали от 1 до 5–8 м. Субдоминантами являются *Neorhodomela larix*, *Corallina pilulifera*, *Laurencia nipponica*, *Ulva fenestrata*. На *Phyllospadix iwatensis* поселяются два вида эпифитов: *Pneopyllum zostericum* и *Kornmannia leptoderma*.

Формация *Zostera asiatica* занимает фаццию песчаных грунтов на глубине 1–9 м, наибольшие заросли наблюдаются в районе от Первой до Третьей Падей и у р. Островка. Сопутствующий вид *Z. marina*. Общее проективное покрытие дна морскими травами составляет 50–70%, биомасса 0,06–3,4 кг/м² (в среднем 1,26 кг/м²). На редких валунах и выходах скальных пород поселяются бурая водоросль *S. japonica*, красные водоросли *Ptilota filicina* и *Odonthalia corymbifera*. *Zostera asiatica* служит базифитом для эпифитов *Pneopyllum zostericum*, *Campylaephora hypnaeoides*, *Kornmannia leptoderma*.

Зал. Анива представляет наибольший интерес как участок обитания промысловых и перспективных для промысла видов бурых водорослей порядка Laminariales. Сем. Laminariaceae представлено родом *Saccharina* и *Kjellmaniella* с четырьмя видами — *S. japonica*, *S. cichorioides*, *S. latissima* f. *gurjanovae* и *K. crassifolia*. *S. japonica* в заливе Анива образует заросли на участках м. Крильон — р. Медведевка (исключая бух. Морж), с. Третья Падь — с. Озерск и р. Островка — м. Анива. На участке от м. Крильон до р. Ирша по данным Л.А. Балконской² встречается *S. japonica* f. *longipes*. В этой же части залива наблюдается и *K. crassifolia*³. *S. cichorioides* в кутовой и западной частях залива встречается на тех же участках, что и *S. japonica*. В восточной части зал. Анива её распространение несколько шире — от м. Анива до с. Третья Падь. *S. gurjanovae* отмечена на участке от р. Медведевка до с. Ольховатка.

В зал. Анива, промыслом осваивается один вид бурых водорослей — сахарина японская *S. japonica*. Она произрастает в кутовой (с. Третья Падь — с. Озерск) и западной (м. Крильон — р. Медведевка) частях зал. Анива, а также на юго-восточном побережье о. Саха-

² Балконская Л.А. Распределение и состояние зарослей промыслового вида *Laminaria japonica* и непромысловых массовых видов бурых водорослей у южного побережья Сахалина по результатам съемки 2005 г. Материалы о НИР. СахНИРО: Южно-Сахалинск, 2005. Инв. № 10060. 23 с.

³ Балконская Л.А., Шпакова Т.А. Морские промысловые водоросли Сахалина. Отчет о НИР (промежуточный). СахНИРО: Южно-Сахалинск, 1998. Инв. № 8069. 37 с.

лин. В районе м. Крильон – р. Медведевка (потенциальный район промысла) запасы достаточны. Однако удалённость района препятствует развитию здесь промысла. Юго-восточное побережье о. Сахалин характеризуется труднодоступностью, невысокими значениями запаса и локальностью поселений сахарины.

В кутовой части зал. Анива (с. Третья Падь – с. Озерск) сахарина японская образует водорослевый пояс шириной от 5 до 1000 м на глубинах 1–7 м. В 2009 г. общая площадь зарослей сахарины японской на этом участке составила 24,94 км², из них 14,1 км² были заняты промысловыми (второгодними) растениями.

На этом участке преобладали растения второго года жизни, которые образовывали заросли со средней плотностью 1,8 экз./м² и средней удельной биомассой 2,62 кг/м². Средняя плотность произрастания непромысловых растений составила 10,1 экз./м², а средняя удельная биомасса – 0,25 кг/м².

На участке р. Островка – с. Новиково в 2009 г. заросли сахарины японской занимали площадь в 5,6 км², из них 3,5 км² непромысловые и 2,1 км² промысловые. Промысловые (второгодние) растения здесь встречались относительно редко (37,5%). Плотность в промысловых зарослях в среднем составила 2,3 экз./м², средняя удельная биомасса – 1,23 кг/м². Растения первого года жизни преобладали (62,5%). Средняя плотность их зарослей насчитывала 7,7 экз./м², значение средней удельной биомассы было определено в 0,76 кг/м².

В районе м. Мраморный в 2009 г. основу зарослей составляли первогодние растения. Промысловые слоевища были встречены всего на одной станции с плотностью 1 экз./м² и удельной биомассой 0,25 кг/м². Средняя плотность растений первого года жизни составила 31,4 экз./м². Значение удельной биомассы равнялось 0,73 кг/м².

В западной части зал. Анива от м. Крильон до р. Медведевка сахарина японская образует пояс шириной от 5 до 350 м на глубинах от 0,5 до 9–12 м, исключение составляет побережье бух. Морж, где преобладает песчаный грунт и водоросли отсутствуют. Проективное покрытие дна водорослями варьировало от 70 до 100%, в среднем составляло 80%. Монодоминантные заросли сахарины японской находились на глубинах от 2 до 5 м, глубже и ближе к берегу, они сменялись смешанными зарослями, образованными сахаринной японской, сахаринной цикоревидной и алярией. Площадь, занятая сахаринной японской, в 2009 г. была на уровне прошлых лет – 0,3 км². В зарослях преобладали растения второго года жизни 94%. Плотность произрастания промысловых слоевищ на-

считывала 8,6 экз./м², удельная биомасса – 4,8 кг/м². Для растений первого года жизни средняя плотность произрастания составляла 5,7 экз./м², средняя удельная биомасса – 2,7 кг/м².

В зависимости от характеристик зарослей *S. japonica* в Восточно-Сахалинской подзоне выделено два типа районов – традиционный (кутовая часть зал. Анива) и потенциальный, состоящий из трёх участков: западная часть зал. Анива, восточная часть залива и юго-восточное побережье Сахалина [Ресурсы и рациональное ..., 2020].

До 2006 г. средние значения плотности на всех участках оставались примерно на одном уровне, колебания были незначительны. Самые низкие значения средней плотности отмечались на юго-восточном побережье о. Сахалин (от 4,9 до 7,7 экз./м²), а самые высокие – в западной части зал. Анива (от 4,2 до 10,4 экз./м²). В кутовой части зал. Анива до 2006 г. наблюдался самый маленький диапазон варьирования средних значений плотности (от 6,3 до 7,5 экз./м²). В 2006 г. в кутовой и западной частях залива были отмечены очень высокие значения этого показателя (19 и 20 экз./м², соответственно). Самый высокий показатель отмечался в кутовой части залива в 2007 г. – 20,9 экз./м². Затем значения плотности на всех участках стали снижаться и достигли уровня, наблюдаемого до 2006 г. (рис. 2).

В 2012–2014 гг. в кутовой части зал. Анива зафиксирован выраженный рост средней плотности – с 6 до 23,5 экз./м². В 2018–2021 гг. вновь наблюдались повышенные значения: в 2020 г. – 29,1 экз./м², в 2021 г. – 22 экз./м². В 2022 г. зарегистрированы максимальные показатели средней плотности в восточной (30,7 экз./м²) и западной (33,5 экз./м²) частях залива. После 2022 г. плотность снижается во всех районах.

Динамика средней удельной биомассы на всех участках сходна с динамикой плотности. До 2006 г. биомасса варьировала незначительно, в 2006 г. наблюдаются максимальные значения, которые затем снижаются до первоначального уровня. Однако до 2006 г. в кутовой части зал. Анива при средних по сравнению с другими участками значениях плотности наблюдаются минимальные значения средней удельной биомассы (рис. 3).

С 2013 по 2024 гг. в кутовой части зал. Анива отмечено незначительное варьирование средней биомассы. На восточном и западном участках в 2022 г. зарегистрированы максимальные значения средней биомассы – 14,6 и 19,8 кг/м², соответственно. В 2023–2024 гг. на всех участках прослеживается тенденция к снижению средней биомассы.



Рис. 2. Средняя плотность промысловой *S. japonica* по районам зал. Анива в 1999–2024 гг.
 Fig. 2. The average density of commercial *S. japonica* by areas of the Aniva Bay in 1999–2024

Основу запаса в Восточно-Сахалинской подзоне ежегодно даёт традиционный район промысла. До 2006 г. промысловый запас как в целом по подзоне (от 3,15 до 4,66 тыс. т), так и по районам промысла, был стабилен. В 2006 г. запас на восточном Сахалине увеличился – с 4,3–4,9 до 17,6 тыс. т в традиционном районе и с 1,5–2 до 5,6 тыс. т в потенциальном районе промысла, в целом по подзоне составив 23,2 тыс. т. В 2007 г. общая биомасса снова снизилась, при этом величина запаса в традиционном и потенциальном районах были почти равными (3 тыс. т в традиционном районе и 2,6 тыс. т в потенциальном). В 2008 г. запас традиционного района увеличился до 5,48 тыс. т, в потенциальном остался на том же уровне. В связи с тем, что в 2009 г. было решено убрать из числа

потенциально промысловых участков юго-восточное побережье, запас потенциального района сократился до 1,4 тыс. т. (рис. 4).

Рост величины запаса в традиционном районе с 2009 г. обусловлен уточнением площади зарослей и включением в этот район ещё одного участка – восточной части зал. Анива (р. Островка – с. Новиково). В 2022 г. промысловый запас достиг максимума – 63,3 тыс. т (48,7 тыс. т в традиционном и 14,6 тыс. т в потенциальном районах), после чего в 2024 г. снизился до 33,7 тыс. т вследствие уменьшения запаса в обоих районах.

В Восточно-Сахалинской подзоне наблюдается неполное освоение ресурсов ламинариевых водорослей – до 53,54%⁴. Промысел ведётся в основном



Рис. 3. Средняя биомасса промысловой *S. japonica* по районам зал. Анива в 1999–2024 гг.
 Fig. 3. The average biomass of commercial *S. japonica* by areas of the Aniva Bay in 1999–2024

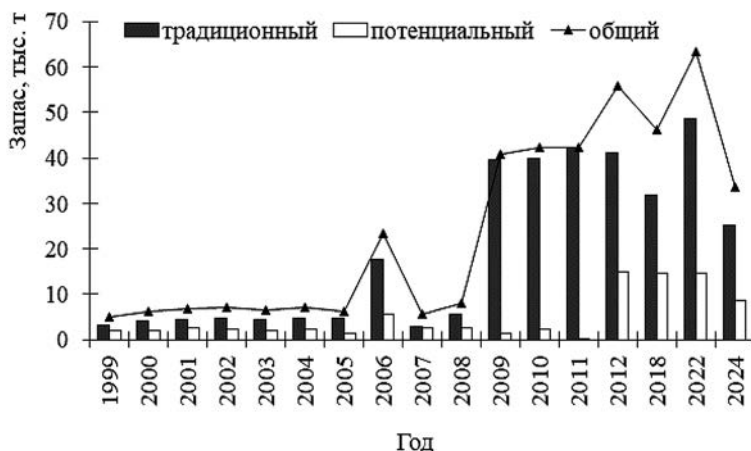


Рис. 4. Динамика промысловых ресурсов *S. japonica* Восточно-Сахалинской подзоны в 1999–2024 гг.
 Fig. 4. Dynamics of *S. japonica* commercial resources of the East Sakhalin subzone in 1999–2024

в традиционном районе в зал. Анива (рис. 5). В потенциальном районе в последние годы промысел совсем отсутствует.

В целом, если до 2020 г. вылов превышал 1 тыс. т, то позднее этот показатель снизился до 0,5 тыс. т. Максимальный вылов был в 2008 г. и составлял 2,15 тыс. т.

В целом, по Восточно-Сахалинской подзоне продукционные показатели зарослей сахарины (плотность и биомасса) варьируют по годам (рис. 6).

Несмотря на неполное освоение рекомендованного вылова, за последние 15 лет (2009–2024 гг.) при значительных колебаниях запаса и флуктуации продукционных показателей, наблюдается тенденция снижения площади зарослей сахарины (рис. 7). Так как объёмы изъятия сахарины в зал. Анива невелики и не наносят ущерба ресурсам, причину такого снижения пока определить не удалось.

Костария (*Costaria costata*) – один из массовых видов, встречаемость которой в последние 15 лет увеличилась. Чаще всего отмечается вместе с сахаринной японской первого года вегетации, на глубинах 1–15 м (рис. 8), на что указывала М. В. Суховеева [1996]. Проективное покрытие невысокое 17,7 (1–60%). Плот-

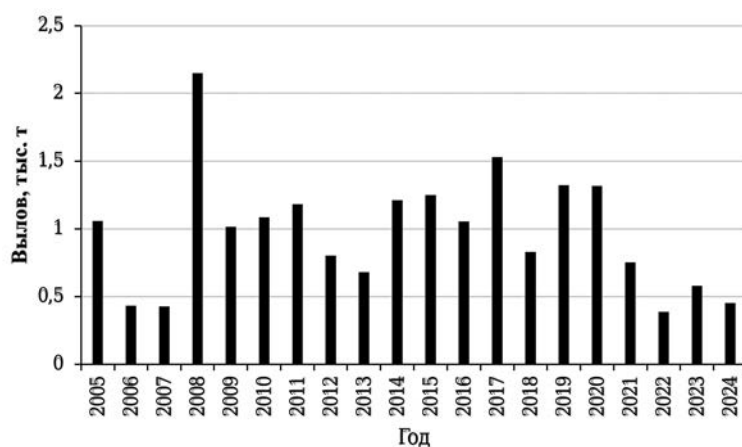


Рис. 5. Вылов сахарины японской *Saccharina japonica* в Восточно-Сахалинской подзоне (зал. Анива) в 2005–2024 гг.
 Fig. 5. Catch of *Saccharina japonica* in the East Sakhalin subzone (Aniva Bay) in 2005–2024

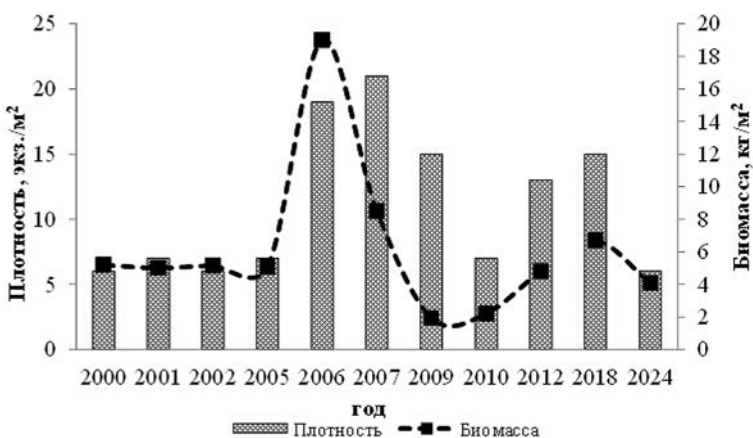


Рис. 6. Динамика плотности и биомассы промысловой *S. japonica* в Восточно-Сахалинской подзоне в 2000–2024 гг.
 Fig. 6. Dynamics of density and biomass of *S. japonica* commercial thickets in the East Sakhalin subzone in 2000–2024

⁴ Информационный помощник: 2025. Состояние промысловых ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна 2025. Владивосток. 208 с.

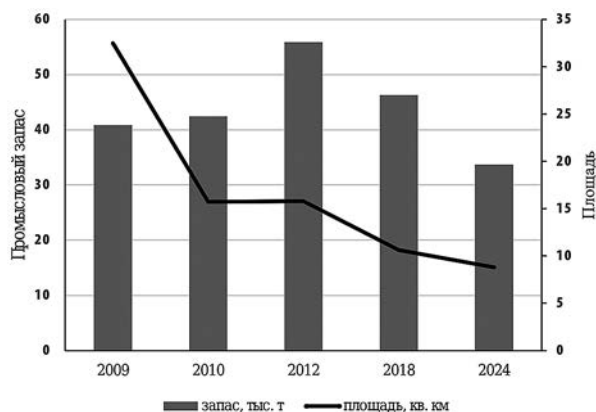


Рис. 7. Динамика промыслового запаса и площади зарослей *Saccharina japonica* в зал. Анива в 2009–2024 гг.

Fig. 7. Dynamics of commercial stock and area of thickets of *Saccharina japonica* in the Aniva Bay in 2009–2024

ность в смешанных зарослях варьировала от 0,0003 до 24 экз./м², составляя в среднем 3,4 экз./м². Биомасса насчитывала 0,4 кг/м², меняясь от 0,00002 до 3,6 кг/м². Масса слоевища составляла 134,8 г (5–500 г). Запас вида в заливе в 2024 г. ориентировочно определён в 5,2 тыс. т.

С учётом короткого жизненного цикла и того, что сроки спороношения (следовательно, и развития) опережают сахарину примерно на 1–1,5 месяца [Прже-



Рис. 8. *Costaria costata* и первогодние слоевища *Sacharina japonica*

Fig. 8. *Costaria costata* and first-year thallus of *Sacharina japonica*

менецкая и др., 2011], костария является серьёзным конкурентом сахарины. Это подтверждается опытом выращивания сахарины японской, когда по плотности костария составляла 30–40% от количества слоевищ на поводках. Так как костария и сахарина близкородственные виды, обитающие в одном диапазоне глубин, они требуют одинаковых условий и между собой конкурируют за субстрат. Можно предположить, что рост запасов и встречаемости костарии в зал. Анива и уменьшение площадей и запасов зарослей сахарины – взаимосвязанные процессы. Продолжение мониторинга и дальнейшее наблюдение за соотношением этих видов позволит прояснить этот вопрос.

Полученные данные позволили сформулировать рекомендации по возможному использованию ресурсов макрофитов восточного Сахалина. Ежегодный промысел водорослей возможно проводить только в акватории зал. Анива, где сосредоточены запасы основного промыслового вида *Saccharina japonica* и перспективной для промысла *Costaria costata*. Рекомендованный вылов (РВ) сахарины в 2025 г. составлял 23,8 тыс. т⁴. Для костарии РВ может достигать 2,6 тыс. т (50% определённого запаса). Промысел ламинариевых водорослей возможно проводить канзами или при помощи водолазов. Не запрещено использование механической канзы. Её отличительная особенность – это наличие электрического привода, вращающего канзу, установленную на маломерном плавательном средстве. При добыче канзами необходимо отделение камней от ризоидов и возвращение их обратно на участки промысла (для оседания спор нового поколения).

Использование драгирующих орудий лова, перепаживающих субстрат, недопустимо. Внедрение на промысле ламинариевых водорослей любых механических орудий лова должно сопровождаться указанием технических характеристик орудия, принципа его воздействия на водоросли и субстрат, периодичность его применения на участках для успешного восстановления ресурсов. Все эти позиции должны быть проработаны в ходе апробации и последующего мониторинга восстановления зарослей.

Глубины добычи водорослей не должны превышать 10 м, оптимальными для промысла считаются глубины 1–6 м, где сосредоточены основные промысловые ресурсы. Регулировать промысел возможно сроками добычи (для зал. Анива это период с 15 апреля по 30 сентября) и количеством промысловых единиц. Суммарный объём вылова всех участников промысла ограничен годовой квотой в соответствии с ежегодными приказами Федерального агентства по

рыболовству. Контроль за состоянием ресурсов необходимо осуществлять ежегодно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по видовому составу и распределению макрофитов прибрежная зона восточного Сахалина разделяется на три участка: северо-восточный, юго-восточный и зал. Анива. Список макрофитобентоса литорали и верхней сублиторали составил 265 видов водорослей и 8 видов морских трав. Наибольшее разнообразие видов наблюдается в прибрежной зоне на юге о. Сахалин и, особенно, в зал. Анива.

Наиболее продуктивным участком восточного Сахалина также следует считать прибрежную акваторию зал. Анива. Здесь отмечены обширные по площади заросли водорослей, в том числе значительный запас образует основной промысловый вид *Saccharina japonica*. Вылов сахарины ранее колебался от 1,5 до 2 тыс. т, а после 2020 г. снизился до 0,5 тыс. т. Несмотря на столь низкий вылов, за последние 15 лет в зарослях наблюдается значительная флуктуация промысловых показателей, а также уменьшение площади зарослей *Saccharina japonica* и её промыслового запаса в зал. Анива.

Благодарности

Авторы выражают благодарность всем сотрудникам «СахНИРО» и водолазам, принимавшим участие в полевых исследованиях за весь период наблюдений.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа проведена в рамках бюджетного финансирования «ВНИРО» и «СахНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Александрова В.Д. 1969. Классификация растительности. Обзор принципов классификации и классификационных систем в разных геоботанических школах. Л.: Наука. 275 с.
- Афанасьев В.В. 2019. Морфолитодинамика лагунных проливов Северо-Восточного Сахалина // Геоморфология. № 2. С. 79–94.
- Афанасьев В.В., Уба А.В. 2018. Анализ размыва берегов северо-восточного Сахалина // Геоморфология. № 4. С. 26–37.
- Виноградова К.Л. 1979. Определитель водорослей дальневосточных морей СССР. Зелёные водоросли. Л.: Наука. 147 с.
- Возжинская В.Б. 1964. Макрофиты морских побережий Сахалина // Труды ИО АН СССР. Т. 69. С. 330–440.
- Евсеева Н.В. 2016. Дополнение к флоре морских водорослей-макрофитов южного Сахалина и южных Курильских островов // Альгология. Т. 26, № 4. С. 387–402.
- Зинова А.Д. 1959. Список морских водорослей Южного Сахалина и южных островов Курильской гряды // Исследования Дальневосточных морей СССР. М.-Л. Вып. 6. № 2. С. 146–161.
- Зинова А.Д., Возжинская В.Б., Гусарова И.С. 1980. Фитогеографический состав и характеристика донной альгофлоры Охотского моря // Донная флора и продукция краевых морей СССР. М.: Наука. С. 4–29.
- Зинова Е.С. 1954. Водоросли Охотского моря // Труды БИН АН СССР. Сер. II. Вып. 9. С. 259–310.
- Изучение экосистем рыбохозяйственных водоёмов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. 2005. Вып. 3. Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны. М.: ВНИРО. 135 с.
- Калугина-Гутник А.А. 1975. Фитобентос Чёрного моря. Киев: Наукова думка. 247 с.
- Кафанов А.И., Лабай В.С., Печенева Н.В. 2003. Биота и сообщества макробентоса лагуны северо-восточного Сахалина. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 176 с.
- Клочкова Н.Г. 1988. Водоросли-макрофиты острова Сахалин. II. Бурые водоросли // Биота и сообщества дальневосточных морей: лагуны и заливы Камчатки и Сахалина. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 49–83.
- Клочкова Н.Г. 1996. Флора водорослей-макрофитов Татарского пролива (Японское море) и особенности её формирования. Владивосток: Дальнаука. 292 с.
- Клочкова Н.Г., Бывалина Т.П. 1985. Водоросли-макрофиты острова Сахалин. I. Зелёные // Бентос и условия его существования на шельфовых зонах Сахалина. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 42–63.
- Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А. 2018. Ревизия видового состава морской альгофлоры восточного Сахалина и дополнения к ней // Вестник КамчатГТУ. № 45. С. 80–97.
- Клочкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. 2009. Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. Т. 1, 2. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 519 с.
- Леонов А.К. 1960. Региональная океанография. Л.: Гидрометеиздат. Ч. 1. 765 с.
- Лукьянова О.Н., Журавель Е.В., Чульчиков Д.Н., Подгурская О.В. 2014. Оценка экологического состояния северо-восточного шельфа острова Сахалин: гидрохимический анализ и биотестирование // Известия ТИНРО. Т. 177. С. 182–192.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. 2002. Современная наука о растительности. М.: Логос. 264 с.

- Ниценко А.А. 1971. Растительная ассоциация и растительное сообщество как первичные объекты геоботанического исследования. Сущность, свойства и методы выявления. Л.: Наука. 174 с.
- Перестенко Л.П. Красные водоросли дальневосточных морей России. СПб.: Ольга. 331 с.
- Перестенко Л.П., Чумаков А.А. 2001. Эпифиты *Laminaria japonica* Aresch. f. *longipes* (Miyabe et Tokida) Ju. Petrov // Новости систематики низших растений. Т. 35. С. 26–30.
- Перестенко Л.П., Штрик В.А. 2005. Новые и интересные виды бурых водорослей острова Сахалин // Новости систематики низших растений. Т. 39. С. 66–78.
- Петров Ю.Е. 1973. Ламинариевые и фукусовые водоросли в морях СССР // Растительные ресурсы. Т. 9, вып. 1. С. 123–127.
- Петров Ю.Е. 1974. Обзорный ключ порядков *Laminariales* и *Fucales* морей СССР // Новости системат. низш. раст. Вып. 11. С. 153–169.
- Пищальник В.М., Бобков А.О. 2000. Океанологический атлас шельфовой зоны острова Сахалин. Южно-Сахалинск: СахГУ. 174 с.
- Пржемянецкая В.Ф., Кулепанов В.Н., Суховеева М.В. 2011. Костария ребристая. Владивосток: ТИНРО-центр. 90 с.
- Работнов Т.А. 1983. Фитоценология. М.: Изд-во Моск. ун-та. 296 с.
- Ресурсы и рациональное использование морских водорослей и трав дальневосточных морей России. 2020. Владивосток: ТИНРО-центр. 268 с.
- Сарочан В.Ф. 1969. Биология, экология, распределение и запасы ламинарии японской (*Laminaria japonica* Aresch.) и некоторых других видов ламинарий у берегов южного Сахалина и Малой Курильской гряды. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: АН СССР. Сиб. отд. ДВ фил. им. акад. В.Л. Комарова. 26 с.
- Суховеева М.В. 1996. Характер распределения зарослей прибрежной ламинарии японской и костарии ребристой у берегов Приморья // Научн. тр. Дальрыбвтуза. Вып. 8. С. 67–72.
- Шевченко Г.В., Частиков В.Н. 2019. Сезонная изменчивость гидрологических характеристик на северо-восточном шельфе о. Сахалин // Труды ВНИРО. Т. 177. С. 246–263.
- Щукина Г.Ф., Галанин Д.А., Балконская Л.А., Шпакова Т.А., Яковлев А.А., Сергеев В.А., Чумаков А.А. 2003. Структура и распределение прибрежных донных сообществ залива Анива // Труды СахНИРО. Т. 5. С. 3–24.
- Braune W., Guiry M. D. 2011. Seaweeds. A colour guide to common benthic green, brown and red algae of the world's oceans. Koenigstein: Koeltz Books. 601 p.
- Brodie J.A., Irvine L.M. 2003. Seaweeds of the British Isles. Vol. 1, pt 3B (Bangiophycidae). London: Natural Hist. Museum Publ. 167 p.
- Brodie J.A., Maggs C.A., John D.M. 2007. The green seaweeds of Britain and Ireland. London: Brit. Phycol. Soc. 242 p.
- Dixon P.S., Irvine L.M. 2011. Seaweeds of the British Isles. Vol. 1, pt 1 (Introduction, Nemaliales, Gigartinales). London: Natural Hist. Museum Publ. 252 p.
- Fletcher R.L. 1987. Seaweeds of the British Isles. Vol. 3. Fucophyceae (Phaeophyceae), pt 1. London: Natural Hist. Museum Publ. 359 p.
- Gabrielson P.W., Lindstrom S.C., O'Kelly C.J. 2012. Keys to the seaweeds and seagrasses of southeast Alaska, British Columbia, Washington, and Oregon. Hillsborough, North Carolina (USA). 192 p.
- Irvine L.M. 2011. Seaweeds of the British Isles. Vol. 1, pt 2A (Cryptonemiales, Palmariales, Rhodymeniales). London: Natural Hist. Museum Publ. 115 p.
- Irvine L.M., Chamberlain Y.M. 2011. Seaweeds of the British Isles. Vol. 1, pt 2B (Corallinales, Hildenbrandiales). London: Natural Hist. Museum Publ. 276 p.
- Lindeberg M.R., Lindstrom S.C. 2010. Field Guide to Seaweeds of Alaska. Fairbanks: Alaska Sea Grant College Program. 188 p.
- Maggs C.A., Hommersand M.H. 1993. Seaweeds of the British Isles. Vol. 1, pt 3A (Ceramiales). London: Natur. Hist. Museum. 444 p.
- Masuda M. 1982. A systematic study of the tribe Rhodomeleae (Rhodomelaceae, Rhodophyta) // J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. 12(4). P. 1–400.
- Segawa S. 1965. Coloured illustrations of the seaweeds of Japan. Osaka: Hoikusha. 175 p.
- Tokida J. 1954. The marine Algae of Southern Saghalien. Hacodate, Japan. 264 p.

REFERENCES

- Aleksandrova V.D. 1969. Classification of vegetation. Principles of classification and classification systems of various phytocoenological schools. Leningrad: Nauka. 275 p. (In Russ.).
- Afanasyev V.V. 2019. Morpholithodynamics of the lagoon straits of North-Eastern Sakhalin // Geomorphology. № 2. P. 79–94. (In Russ.).
- Afanasyev V.V., Uba A.V. 2018. Analysis of the erosion of the shores of north-eastern Sakhalin // Geomorphology. № 4. P. 26–37. (In Russ.).
- Vinogradova K.L. 1979. The determinant of algae of the Far Eastern seas of the USSR. Green algae. Leningrad: Nauka. 147 с. (In Russ.).
- Vozzhinskaya V.B. 1964. The bottom flora of Sakhalin // Trudy IO AN USSR. V. 69. P. 330–440. (In Russ.).
- Evseeva N.V. 2016. Addition to the flora of seaweeds-macrophytes of southern Sakhalin and the southern Kuril Islands // Algology. V. 26, No 4. P. 387–402. (In Russ.).
- Zinova A.D. 1959. List of seaweeds of South Sakhalin and the southern islands of the Kuril Ridge // Studies of the Far Eastern Seas of the USSR. Moscow-Leningrad. V. 6. № 2. P. 146–161. (In Russ.).

- Zinova A. D., Vozzhinskaya V. B., Gusarova I. S. 1980. Phytogeographical composition and characteristics of the bottom alga flora of the Sea of Okhotsk // Bottom flora and production of the marginal seas of the USSR. Moscow: Nauka. P. 4–29. (In Russ.)
- Zinova E. S. 1954. Algae of the Sea of Okhotsk // Trudy BIN AS USSR. Ser. II. Iss. 9. P. 259–310. (In Russ.)
- Study of ecosystems of fishery reservoirs, collection and processing of data on aquatic biological resources, equipment and technology of their extraction and processing. 2005. Iss. 3. Methods of landscape research and assessment of the reserves of benthic invertebrates and algae of the marine coastal zone. Moscow: VNIRO Publish. 135 p. (In Russ.)
- Kalugina-Gutnik A. A. 1975. Phytobenthos of the Black Sea. Kiev: Naukova dumka. 247 p. (In Russ.)
- Kafanov A. I., Labay V. S., Pecheneva N. V. 2003. Biota and macrobenthic communities of the northeast Sakhalin lagoons. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO. 176 p. (In Russ.)
- Klochkova N. G. 1988. Algae-macrophytes of Sakhalin Island. II. Brown algae // Biota and communities of the Far-Eastern seas: lagoons and bays of Kamchatka and Sakhalin. Vladivostok: Far Eastern Branch Academy of Sciences of the USSR. P. 49–83. (In Russ.)
- Klochkova N. G. 1996. Flora of algae-macrophytes of the Tatar Strait (the Sea of Japan) and features of its formation. Vladivostok: 292 p. (In Russ.)
- Klochkova N. G., Byvalina T. P. 1985. Algae-macrophytes of Sakhalin Island. I. Green // Benthos and the conditions of its existence on the shelf zones of Sakhalin. Vladivostok: FESC of the AS USSR. P. 42–63. (In Russ.)
- Klochkova N. G., Klochkova T. A. 2018. Revision of the species composition in the marine algal flora of eastern Sakhalin Island with records of new species // Bulletin of Kamchatka State Technical University. № 45. P. 80–97. (In Russ.)
- Klochkova N. G., Korolyova T. N., Kusidi A. E. 2009. Marine algae of Kamchatka and surrounding areas. 1, 2. Petropavlovsk-Kamchatskiy: KamchatNIRO Publish. 216 c. (In Russ.)
- Leonov A. K. 1960. Regional oceanography. Leningrad: Gidrometeoizdat. Pt 1. 765 p. (In Russ.)
- Lukyanova O. N., Zhuravel E. V., Chulchekov D. N., Podgurskaya O. V. 2014. Assessment of ecological state for the north-eastern shelf of Sakhalin Island: hydrochemical analysis and bioassay // Izvestiya TINRO. T. 177. P. 182–192. (In Russ.)
- Mirkin B. M., Naumova L. G., Solomeshch A. I. 2002. Modern science of vegetation. Moscow: Logos. 264 p. (In Russ.)
- Nitsenko A. A. 1971. Plant association and plant community as primary objects of geobotanical research. Essence, properties and methods of detection. Leningrad: Nauka. 174 p. (In Russ.)
- Perestenko L. P. 1994. Red algae of the Far Eastern seas of Russia. St-Petersburg: Olga. 331 p. (In Russ.)
- Perestenko L. P., Chumakov A. A. 2001. Epiphytes of *Laminaria japonica* Aresch. f. *longipes* (Miyabe et Tokida) Ju. Petrov // Novosti sistematiki nizshikh rastenii. V. 35. P. 26–30. (In Russ.)
- Perestenko L. P., Shtrik V. A. 2005. New and interesting species of brown algae of Sakhalin Island // Novosti sistematiki nizshikh rastenii. V. 39. P. 66–78. (In Russ.)
- Petrov Ju. E. 1973. Laminaria and fucus algae in the seas of the USSR // Rastitelniye resursy. V. 9. Iss. 1. P. 123–127. (In Russ.)
- Petrov Ju. E. 1974. Overview key of the orders Laminariales and Fucales of the seas of the USSR // Novosti sistematiki nizshikh rasteniy. 11. C. 153–169. (In Russ.)
- Pishchalnik V. M., Bobkov A. O. 2000. Oceanological Atlas of the Sakhalin Island Shelf Zone. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhSU. 174 p. (In Russ.)
- Przhemenetskaya V. F., Kulepanov V. N., Sukhoveeva M. V. 2011. Kostariya rebristaya. Vladivostok: TINRO-center Publish. 90 p. (In Russ.)
- Rabotnov T. A. 1983. Phytocenology. Moscow: Moscow State University Publish. 296 p. (In Russ.)
- Resources and rational use of seaweeds and herbs of the Far Eastern seas of Russia. 2020. Vladivostok: TINRO-center Publish. 268 p. (In Russ.)
- Sarochan V. F. 1969. Biology, ecology, distribution and stocks of Japan kelp (*Laminaria japonica* Aresch.) and some other kinds of laminaria near the southern Sakhalin and the Lesser Kurile ridge. PhD absr. in biology. Vladivostok. 26 c. (In Russ.)
- Sukhoveeva M. V. 1996. The nature of the distribution of thickets of coastal laminaria japonica and costaria ribbed off the coast of Primorye // Nauchnye trudy Dalrybvtuza. Vladivostok. Iss. 8. P. 67–72. (In Russ.)
- Shevchenko G. V., Chastikov V. N. 2019. Seasonal variability of hydrological characteristics on the north-eastern shelf of Sakhalin Island // Trudy VNIRO. V. 177. P. 246–263. (In Russ.)
- Shchukina G. F., Galanin D. A., Balkonskaya L. A., Shpakova T. A., Yakovlev A. A., Sergeenko V. A., Chumakov A. A. 2003. Structure and distribution of coastal bottom communities in the Aniva Bay // Trudy SakhNIRO. V. 5. P. 3–24. (In Russ.)
- Braune W., Guiry M. D. 2011. Seaweeds. A colour guide to common benthic green, brown and red algae of the world's oceans. Koenigstein: Koeltz Books. 601 p.
- Brodie J. A., Irvine L. M. 2003. Seaweeds of the British Isles. Vol. 1, pt 3B (Bangiophycidae). London: Natural Hist. Museum Publ. 167 p.
- Brodie J. A., Maggs C. A., John D. M. 2007. The green seaweeds of Britain and Ireland. London: Brit. Phycol. Soc. 242 p.
- Dixon P. S., Irvine L. M. 2011. Seaweeds of the British Isles. Vol. 1, pt 1 (Introduction, Nemaliales, Gigartinales). London: Natural Hist. Museum Publ. 252 p.
- Fletcher R. L. 1987. Seaweeds of the British Isles. Vol. 3. Fucophyceae (Phaeophyceae), pt 1. London: Natural Hist. Museum Publ. 359 p.

- Gabrielson P.W., Lindstrom S.C., O'Kelly C.J.* 2012. Keys to the seaweeds and seagrasses of southeast Alaska, British Columbia, Washington, and Oregon. Hillsborough, North Carolina (USA). 192 p.
- Irvine L.M.* 2011. Seaweeds of the British Isles. Vol. 1, pt 2A (Cryptonemiales, Palmariales, Rhodymeniales). London: Natural Hist. Museum Publ. 115 p.
- Irvine L.M., Chamberlain Y.M.* 2011. Seaweeds of the British Isles. Vol. 1, pt 2B (Corallinales, Hildenbrandiales). London: Natural Hist. Museum Publ. 276 p.
- Lindeberg M.R., Lindstrom S.C.* 2010. Field Guide to Seaweeds of Alaska. Fairbanks: Alaska Sea Grant College Program. 188 p.
- Maggs C.A., Hommersand M.H.* 1993. Seaweeds of the British Isles. Vol. 1, pt 3A (Ceramiales). London: Natur. Hist. Museum. 444 p.
- Masuda M.* 1982. A systematic study of the tribe Rhodomeleae (Rhodomelaceae, Rhodophyta) // J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. 12(4). P. 1–400.
- Segawa S.* 1965. Coloured illustrations of the seaweeds of Japan. Osaka: Hoikusha. 175 p.
- Tokida J.* 1954. The marine Algae of Southern Saghalien. Hacodate, Japan. 264 p.

Поступила в редакцию 26.02.2026 г.
Принята после рецензий 27.03.2026 г.



УДК 597.19 (265.5)

Водные биологические ресурсы

Особенности промысла дальневосточной сардины в зависимости от океанологических условий в прикурильских водах в 2016–2025 гг.

Д. В. Антоненко, Ю. В. Новиков

Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), пер. Шевченко, 4, г. Владивосток, 690091

SPIN-код: Д. В. Антоненко – 3469–7337; Ю. В. Новиков – 5734–3744

E-mail: iurii.novikov@tinro.vniro.ru

Целью работы является обобщение результатов промысла 2016–2025 гг., характеризующих распределение и численность дальневосточной сардины в исключительной экономической зоне России и прилегающих к ней водах северо-западной части Тихого океана. Характеристика российского промысла сардины в современный период увеличения запасов, его особенностей в разные годы с учётом развития океанологических условий в прикурильских водах.

Используемые методы: в основу работы положен анализ промысловой статистики за 1980–1990 гг. и 2016–2025 гг. в северо-западной части Тихого океана по данным судовых суточных донесений (ССД) и позиций судов Отраслевой системы мониторинга Росрыболовства. Анализ океанологических условий проводился по данным JMA (Japan Meteorological Agency) и Центра исследований океана HYCOM, спутниковым изображениям AVHRR и MODIS и данным судовых гидрологических наблюдений. **Новизна:** в работе приводятся результаты российского промысла сардины в 2016–2025 гг., даётся описание развития океанологических условий для каждого года в этот период. Показано влияние океанологических условий на характер миграций и распределение сардины в северо-западной части Тихого океана.

Результат: особенности развития океанологической обстановки весной и в начале лета 2025 г. в значительной степени повлияли на общую схему нагульных миграций и распределения сардины в северо-западной части Тихого океана. Весенние миграции из вод Японии были смещены на восток и проходили в открытых водах, поэтому скопления сардины промыслового характера не зашли в Российские воды у Курильских островов.

Практическая значимость: полученные результаты будут использованы для дальнейших исследований динамики численности дальневосточной сардины в северо-западной части Тихого океана.

Ключевые слова: дальневосточная сардина *Sardinops melanosticta*, учётные съёмки, промысел, прикурильские воды, океанологические условия.

Features of the Japanese sardine fishery depending on oceanographic conditions in the Kuril waters in 2016–2025

Dmitriy V. Antonenko, Yury V. Novikov

Pacific branch of VNIRO («ТИНРО»), 4, per. Shevchenko, Vladivostok, 690091, Russia

The goal of this study is to summarize the results of the 2016–2025 fishery, characterizing the distribution and abundance of Japanese sardine in the exclusive economic zone of Russia and adjacent waters of the northwestern Pacific Ocean. The Russian sardine fishery is characterized in the current period of stock expansion, its features in different years, taking into account the development of oceanographic conditions in the waters off the Kuril Islands.

The methods used: the study is based on the analysis of fishery statistics for 1980–1990 and 2016–2025 in the northwestern Pacific Ocean, based on ship daily reports (VDR) and the positions of vessels of the Monitoring System of the Federal Agency for Fisheries (Rosrybolovstvo). The analysis of oceanographic conditions was conducted using data from the JMA (Japan Meteorological Agency) and the HYCOM Ocean Research Center, AVHRR and MODIS satellite images, and ship hydrological observations.

Novelty: This paper presents the results of the Russian sardine fishery from 2016 to 2025, describing the characteristics of oceanographic conditions for each year during this period. The influence of oceanographic conditions on the migration patterns and distribution of sardines in the northwestern Pacific Ocean is shown.

Results: The development of the oceanology conditions in the spring and early summer of 2025 significantly influenced the overall pattern of sardine feeding migrations and distribution in the northwestern Pacific Ocean. Spring migrations from Japanese waters were shifted eastward and took place in open waters; as a result, commercially valuable sardine schools prevented them from entering Russian waters near the Kuril Islands. The development of oceanographic conditions in the area of the Oyashio-Kuroshio

Practical significance: The obtained results will be used for further research on the dynamics of the Japanese sardine population in the northwestern Pacific Ocean.

Keywords: Japanese sardine *Sardinops melanosticta*, surveys, fishery, Kuril waters, oceanology conditions.

ВВЕДЕНИЕ

Дальневосточная сардина *Sardinops melanosticta* (Temminck et Schlegel, 1846), или иваси — важная промысловая пелагическая рыба с относительно коротким жизненным циклом [Дылдин и др., 2020; Longo et al., 2024]. Среди флуктуирующих видов nekтона системы Курошио для сардины характерна наибольшая амплитуда подъёмов и падений биомассы и численности. Пики волн её численности превосходят аналогичные подъёмы других видов [Шунтов, Иванов, 2021]. Палеонтологические данные о численности рыб в северо-западной части Тихого океана выявили убедительные доказательства многолетней, столетней и тысячелетней динамики численности сардины и взаимосвязи климата и рыбных ресурсов в позднем голоцене. Циклические изменения численности популяции сардины демонстрировали периодичность около 50, 100 и 300 лет [Kuwaе et al., 2017]. В периоды высокого уровня запасов скопления сардины при нагульных миграциях двигаются от Японских островов в северном направлении и распределяются в российских водах, достигая Татарского пролива, прикамчатских вод и южной части Охотского и Берингова морей, а в восточном продвигаются до поднятий Императорского хребта и далее [Барышко, 2009; Великанов, 2016; Ohshimo et al., 2009; Sarr et al., 2021].

Протяжённость нагульных миграций массовых пелагических рыб в северной части Тихого океана определяется уровнем численности, особенностями океанологической структуры района, положением фронтальных зон, в частности, положением и структурой Субарктического фронта. Также на сроки миграций влияют межгодовая динамика океанологических процессов района [Кун и др., 1978; Беляев, 2003]. Вспышки численности сардины в северо-западной части Тихого океана совпадают по времени с периодами потепления. В XX веке отмечалось 2 периода потепления в северном полушарии. Первое началось ещё в конце XIX века и продолжалось до начала 1940-х гг. В летние сезоны 20–30-х гг., которые могут быть названы первой «сардиновой эпохой» XX столетия, наблюдалась мощная экспансия в дальневосточные умеренные воды субтропических и даже тропических рыб и других южных морских животных. Начавшееся на границе 1960 и 1970-х гг. очередное потепление

продолжалось до начала 1990-х гг. и по достигнутому уровню средней температуры превзошло предыдущий аналогичный период. На эти годы пришлась очередная вспышка численности дальневосточной сардины (вторая «сардиновая эпоха» XX столетия). Однако уже с начала 90-х гг. при весьма высоком температурном фоне численность сардины быстро пошла на убыль [Шунтов, 2001]. Рост численности сардины и её экспансия в тихоокеанские воды России с 2014 г. по настоящее время обусловили не только значительные структурные изменения пелагического ихтиоценоза, но и обеспечили устойчивое развитие промысла, позволили вести добычу с 2016 г. в исключительной экономической зоне России в тихоокеанских прикурильских водах [Шунтов, Иванов, 2021].

Целью настоящей работы является обобщение результатов промысла 2016–2025 гг., характеризующих распределение и численность дальневосточной сардины в исключительной экономической зоне России и прилегающих к ней водах северо-западной части Тихого океана. Характеристика российского промысла сардины в современный период увеличения запасов, его особенностей в разные годы с учётом развития океанологических условий в прикурильских водах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для оценки положения промысловых районов и эффективности промысла сардины использовались данные промысловой статистики за 1980–1990 гг. и 2016–2025 гг. в северо-западной части Тихого океана по данным судовых суточных донесений (ССД) и позиций судов Отраслевой системы мониторинга Росрыболовства. Из ССД использовались координаты добывающего судна, где проходил лов в течение суток и суточный вылов. Массив данных, полученных за путину, обрабатывался и на его основе строились карты распределения промысловых районов.

Исследование и анализ океанологических условий проводились по данным JMA (Japan Meteorological Agency¹), спутниковым изображениям AVHRR и MODIS, которые принимаются и обрабатываются в Центре коллективного пользования Регионального спутни-

¹ https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/daily/sst_HQ.html; http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/db/kaikyo/jun/sst_HQ.html?areano=1 26.06.2025.

кового мониторинга окружающей среды ДВО РАН и в Дальневосточном научно-исследовательском центре Планета (ДЦ ФГБУ «НИЦ ПЛАНЕТА», г. Хабаровск). Использованы также данные судовых гидрологических наблюдений из базы ТИНРО «Океанография».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Вся область распределения промысловых скоплений пелагических рыб (тихоокеанской сайры, японской скумбрии и дальневосточной сардины) в северо-западной части Тихого океана находится под воздействием двух мощных течений – Куроисио и Ойясио. Взаимодействие течений создаёт сложную картину более мелких потоков, вихрей и фронтов между ними. Направление этих потоков, а также местоположение вихрей и фронтов крайне изменчиво во времени. В обобщённом виде эта система представлена на рис. 1.

Схема отражает типичное для летне-осеннего периода положение течений, фронтов, а также ветвей, меандров и вихрей холодных и тёплых вод. В разные годы, от сезона к сезону их местоположение варьирует, а в отдельные периоды могут наблюдаться ситуации, когда тот или иной элемент системы (ветвь, вихрь, фронт) выражен ярче обычного либо не выражен совсем [Новиков, Самко, 2016, 2017].

С океанской стороны Японских о-вов основной поток Куроисио направлен на восток и хорошо прослеживается во все сезоны года. Он сильно меандрирует, образуя ветви, направленные в северном и северо-восточном направлении. Кроме того, в меандрах формируются обширные антициклонические вихри, т.н. «тёплые ринги Куроисио», которые смещаются вдоль ветвей в северном и северо-восточном направлениях [Самко, Булатов, 2014]. Для ветвей характерно квазистационарное положение. Первая или прибрежная ветвь Куроисио располагается обычно между 143 и 146° в.д., вторая или восточная, – между 149 и 151° в.д., а третья (северо-восточная) – между 155 и 157° в.д. Эти ветви, взаимодействуя с ветвями холодного течения Ойясио, создают чрезвычайно сложную по гидрологической структуре зону субарктического фронта шириной 2–4° по широте, отличающуюся очень высокой биологической продуктивностью. Воды течения Ойясио образуются смешением вод Курильского течения с водами из Охотского моря, поступающими из стоковых западных проливов Курильской гряды. Считается, что течение Ойясио начинается от середины пролива Буссоль и прослеживается на юго-запад у Малой Курильской гряды далее вдоль берегов Хоккайдо и Хонсю до мыса Инубо [Белоненко и др., 1997]. На этом пути основной поток Ойясио создаёт мелко-

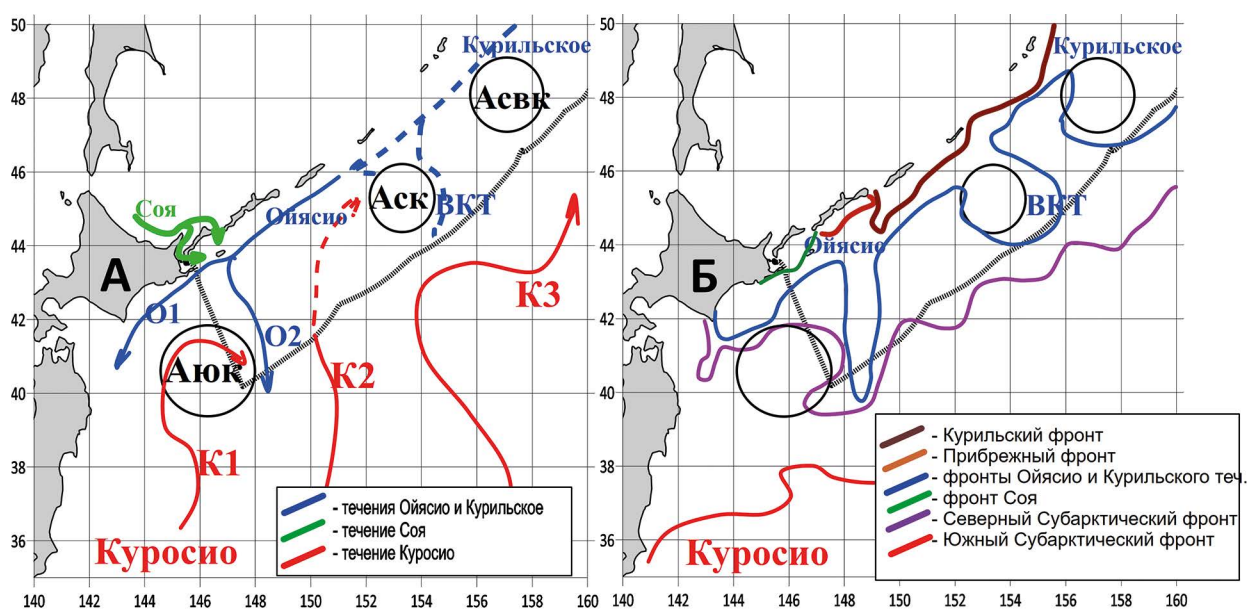


Рис. 1. Схема основных течений (А), поверхностных фронтов (Б) и вихрей в Южно-Курильском районе в летне-осенний период: К1, К2, К3 – ветви Куроисио, О1 и О2 – ветви течения Ойясио, ВКТ – восточная ветвь Курильского течения, Аюк – южнокурильский антициклонический вихрь, Аск – среднекурильский антициклонический вихрь, Асвк – северокурильский антициклонический вихрь

Fig. 1. Diagram of the main currents (A), surface fronts (B) and eddies in the South Kuril region in the summer-autumn period: K1, K2, K3 are the Kuroshio branches, O1 and O2 are the Oyashio current branches, ВКТ – the eastern branch of the Kuril current, Аюк – the South Kuril anticyclonic eddy, Аск – the Middle Kuril anticyclonic eddy, Асвк – the North Kuril anticyclonic eddy

масштабные меандры и вихри, значительно усложняя поверхностную структуру вод и формируя условия, благоприятные для нагула пелагических рыб и кальмаров, и формирования ими промысловых скоплений. По мере продвижения на юг воды основного потока Ойясио и его ветвей погружаются под воды Куроисио. Квазистационарный антициклонический вихрь – южнокурильский антициклон (Аюк) в вершине первой ветви Куроисио обычно разделяет воды Ойясио на два потока – прибрежную первую ветвь (О1), следующую вдоль о. Хоккайдо, и океаническую вторую ветвь Ойясио (О2), огибающую вихрь Аюк с востока. Восточнее, но реже, на траверзе пр. Фриза может сформироваться третья ветвь Ойясио.

В предыдущих исследованиях было выявлено, что взаимодействие Ойясио с южнокурильским антициклоном является основным процессом, формирующим структуру поверхностных вод в районе Южных Курил. При этом положение вихря (близкое, далёкое) относительно Малой Курильской гряды (о. Шикотан) определяет океанологические особенности района, влияющие на распределение и характер промысла пелагических рыб и кальмаров [Новиков, Самко, 2016, 2017; Новиков и др., 2020].

По результатам учётных траловых съёмки верхней эпипелагиали, которые ежегодно выполняются в июне-июле в северо-западной части Тихого океана было показано, что в 2013 г. летом в нектоне доминировал мезопелагический комплекс рыб, составив 67%, а в июне-июле 2014 и 2015 гг., в связи с появлением в Южно-Курильском районе японской скумбрии и тихоокеанской сардины, ситуация изменилась в пользу южных мигрантов, общая доля которых в нектоне при этом возросла до 62 и 71%, а доля мезопелагических рыб многократно снизилась до 10 и 9% соответствен-

но [Хоружий и др., 2015]. Можно констатировать, что за достаточно короткий период произошла кардинальная перестройка нектонных сообществ прикурильских вод, когда сменились доминировавшие холодолюбивые виды на южных мигрантов, за счёт значительного увеличения запасов сардины и скумбрии.

В текущую «сардиновую эпоху» специализированный российский промысел этой рыбы был начат в 2016 г. в водах Южных Курильских островов, и изначально он был двухвидовой – в уловах в разных количествах отмечались дальневосточная сардина и японская скумбрия. Поскольку в первые годы запас скумбрии был значительно выше, добывающие суда стремились к поиску скоплений этого вида. До 2018 г. сардина добывалась как прилов к скумбрии, которая доминировала по величине вылова. Такая ситуация была характерна и для предыдущего периода высокой численности сардины в 1970–1980-х гг. [Барышко, 2009; Кузнецова и др., 2021]. Начиная с 2019 г. вылов сардины стал быстро увеличиваться, а скумбрии – снижаться [Кручинин и др., 2022]. В последние 4 года ведётся промысел сардины, а скумбрия в уловах присутствует в качестве прилова, из-за низких подходов в экономзону России, что связано, в первую очередь, с динамикой численности и особенностями распределения в нагульный период этих видов.

В 2016 г. промысел сардины был начат в середине июля в районе Малой Курильской гряды, в добыче участвовали 5 среднетоннажных судов, оснащённых пелагическими тралами. Изначально эффективность промысла была невысока и не превышала 5 т на судо-сутки лова, однако уже в августе она выросла до 22, а в сентябре достигла максимума – 29 т на судо-сутки лова. В октябре эффективность лова стала снижаться, и в середине ноября промысел был завер-

Таблица 1. Основные промысловые показатели добычи дальневосточной сардины в путины 2016–2025 гг.

Table 1. Key parameters for Japanese sardine fishing efficiency during the 2016–2025 fishing seasons

Год	Количество судов	Судо-сутки лова	Ср. вылов на судно, т	Ср. вылов на судно в сутки, т	Общий вылов, тыс. т
2016	17	317	395	21,2	6,7
2017	32	545	505	29,6	16,5
2018	52	1175	1174	51,9	62,9
2019	54	1657	2413	82,1	133
2020	72	2774	4109	106,7	315,5
2021	54	1854	4424	128,8	255,8
2022	37	1869	6955	137,7	288,3
2023	52	2703	9470	182,2	545
2024	46	2541	12882	233,2	593
2025	17	298	3296	188	58

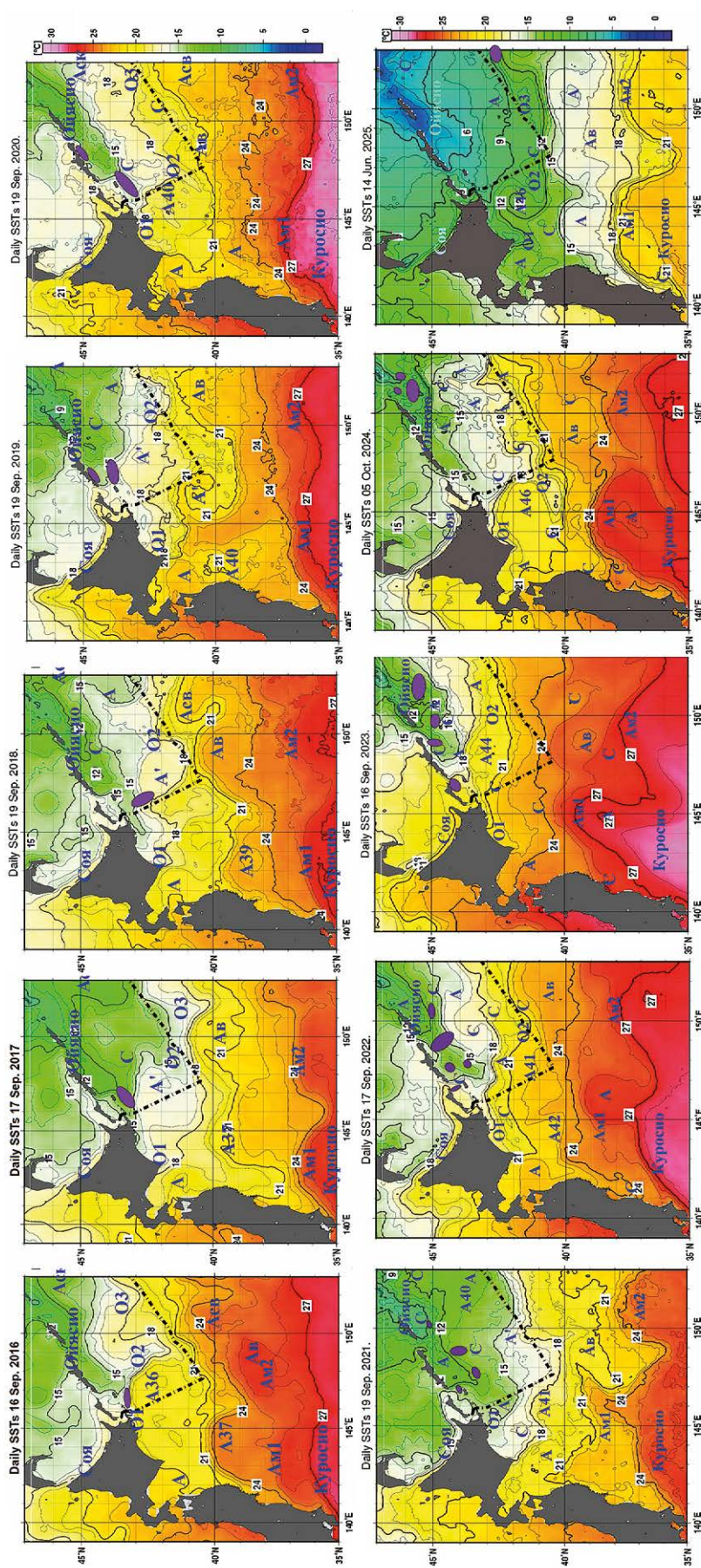


Рис. 2. Поверхностная структура вод Южно-Курильского района в летне-осенний период 2016–2025 гг. (JMA). Условные обозначения: A36-A46, A' – южнокурильский вихрь, Аск – среднекурильский вихрь, Асв, Ав, А – антициклонические вихри; Ам1, Ам2 – меандры Курошио; С – циклонические вихри; О1, О2, О3 – ветви Ойашю. Фиолетовым указаны районы работы российских судов на промысле сардины и скумбрии

Fig. 2. Surface structure of the South Kuril waters in the summer-autumn season during the 2016–2025 sardine fishery (JMA). Legend: A36-A46, A' – South Kuril eddy, Аск – Middle Kuril eddy, Асв, Ав, А – anticyclonic eddies; Ам1, Ам2 – Kuroshio meanders; С – cyclonic eddies; О1, О2, О3 – Oyashio branches. Areas of operation of Russian vessels in the sardine and mackerel fishery are shown in purple

шён. Всего в промысле приняли участие 17 добывающих судов разного тоннажа, однако одновременно работало 13 единиц в сентябре. Максимальный вылов сардины пришёлся на август и сентябрь. Общий вылов сардины в 2016 г. составил 6,7 тыс. т, а средний вылов на судно-сутки – 21,2 т, при этом средний вылов на 1 судно за путину – 395 т (табл. 1).

В 2016 году поверхностная структура вод определялась очень близким положением южнокурильского антициклона, первая ветвь Ойясио была слабо развитой, а вторая – наоборот отличалась значительным развитием в течение года (см. рис. 2). По термическим условиям год относился к тёплым, с более высокими значениями температуры воды в августе-сентябре и очень быстрым выхолаживанием в октябре-ноябре (рис. 3).

С начала промысла до середины сентября лов вёлся на фронтах северо-восточной периферии южнокурильского антициклона и первой ветви Ойясио. Далее в течение промыслового сезона районы лова осенью смещались на юго-восток к границе ИЭЗ России вдоль фронтов восточной периферии южнокурильского вихря и второй ветви Ойясио.

В течение 2017 года южнокурильский антициклонический вихрь занимал далёкое положение от Малой Курильской гряды, первая и вторая ветви Ойясио характеризовались значительным развитием (см. рис. 2). В целом, год можно отнести к умеренно холодным. Во второй половине лета прохождение мощных тайфунов вызвало значительное выхолаживание (см. рис. 3).

Промысел сардины в 2017 г. был начат 30 июня. В июле работало на лове сардины 8 судов разного тоннажа, в сентябре их количество увеличилось до 25 единиц, а всего в промысле участвовало 32 судна, большая часть была оснащена пелагическими тралами, 2 судна – кошельковыми неводами. Эффективность промысла в среднем составила 29,6 т на су-

до-сутки лова (см. табл. 1). При этом стоит отметить, что эффективность лова судов с кошельковым неводом, была значительно выше, чем у судов с тралом – 65,4 и 27,3 т на судно-сутки лова, соответственно.

В течение лета лов вёлся у островов – Шикотан и Итуруп на фронтах южнокурильского вихря, первой ветви Ойясио и прибрежном фронте. В первой половине октября – южнее на фронтах второй ветви Ойясио.

В третьей декаде промысел вновь вёлся в первой ветви Ойясио и уже в конце октября часть судов перешла на промысел в ИЭЗ Японии, где лов продолжался до конца декабря. Общий вылов сардины российскими судами составил 16,5 тыс. т (см. табл. 1)

Поверхностная структура вод в 2018 году отмечалась далёким положением южнокурильского вихря, сильным развитием первой ветви Ойясио и умеренным – второй (см. рис. 2). Год был тёплым, характерной отличительной чертой текущего года были необычно высокие темпы весеннего потепления и низкие темпы осеннего выхолаживания (см. рис. 3).

В промысловый сезон 2018 г. лов был начат в последней декаде июня, 3 судами, в последующем их количество возрастало и достигло максимума в октябре – 35 единиц, всего в промысле участвовало 52 судна (см. табл. 1). По-прежнему, только 2 судна работали кошельковым неводом, их эффективность лова в среднем составила 89,0 т, а судов с тралом – 50,9 т, в целом за путину средний показатель составил 51,9 т на судно-сутки лова. Поступательно увеличивался средний вылов на 1 судно за путину и составил 1174 т (см. табл. 1).

В течение июля-сентября лов вёлся на фронтах северо-восточной периферии южнокурильского вихря и первой ветви Ойясио, частично на прибрежном фронте у о. Итуруп. В октябре в связи со снижением градиентов этих фронтов промысловые участки формировались на юго-востоке района на фронтах вто-

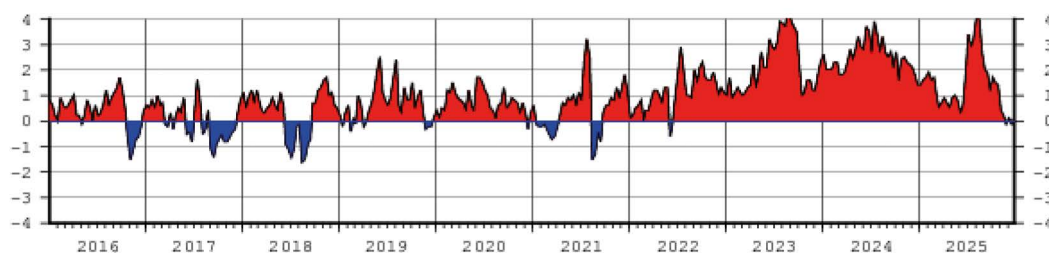


Рис. 3. Аномалии ТПО в районе к юго-востоку от Хоккайдо 40° с.ш. – 45° с.ш., 140° в.д. – 150° в.д. с 2016 по 2025 гг.²

Fig. 3. SST anomalies in the area southeast of Hokkaido 40°N – 45°N, 140°E – 150°E from 2016 to 2025²

² https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/series/wnpsst_series1.html 14.01.2026.

рой ветви Ойясио и северном субарктическом фронте на границе ИЭЗ [Новиков и др., 2020]. С середины ноября суда стали переходить в ИЭЗ Японии для лова по квотам, полученным в рамках межправительственных соглашений. Эффективность промысла в водах Японии была ниже, чем в Южно-Курильском районе и составила 24,5 т на судно-сутки лова. Общий вылов в 2018 г. составил 62,9 тыс. т. (см. табл. 1).

Структура вод в 2019 г. определялась далёким положением южнокурильского антициклона, средним развитием первой ветви Ойясио в течение года и значительным ослаблением второй ветви течения в третьем квартале (см. рис. 2). Год тёплый, отличительной чертой было преобладание положительных аномалий температуры поверхности океана (ТПО) в течение всего года, максимальные значения отмечены в июле-августе (см. рис. 3).

В 2019 г. промысел сардины был начат в середине июня 3 крупнотоннажными судами с пелагическими тралами, в этот период эффективность лова была очень высока и составила 322 т на судно-сутки лова. В течение путины количество судов на промысле увеличивалось и достигло максимума в октябре – 39 единиц разного тоннажа, а всего в промысле участвовало 54 судна. С кошельковым неводом работало 2 судна, их вылов на судно-сутки лова составил 84,5 т, у судов с тралом эта величина равнялась 81,9, а средняя величина за путину – 82,1 т. Средний вылов на судно за путину составил 2413 т (см. табл. 1).

Как и в предыдущие годы до конца июля промысел вёлся на фронтах северо-восточной периферии южнокурильского вихря и первой ветви Ойясио. В августе промысловые участки отмечались на океаническом фронте Ойясио вдоль островов Итуруп, Уруп и пролива Фриза. Начиная с третьей декады сентября промысловые скопления были приурочены к прибрежному фронту у о. Итуруп, где лов вёлся до третьей декады октября. Далее до середины ноября промысловые участки располагались на фронте северо-восточной периферии южнокурильского антициклона. Уже с начала ноября, часть судов перешла в ИЭЗ Японии для промысла по квотам, полученным в рамках межправительственных соглашений, однако эффективность промысла сардины там была невысокой и составила в среднем 11,2 т на судно-сутки лова. Отличительной чертой промыслового сезона было то, что в декабре суда продолжали лов в ИЭЗ России, при этом эффективность промысла была достаточной высокой, и лов был завершён 20 декабря. Общий вылов сардины за сезон 2019 г. составил 133 тыс. т (см. табл. 1).

В 2020 году в структуре вод на поверхности отмечено близкое положение южнокурильского вихря.

В течение года первая и вторая ветви Ойясио были хорошо развиты, в третьем квартале наблюдалось их сезонное ослабление (см. рис. 2). Характерной отличительной чертой было преобладание положительных аномалий ТПО в течение всего года см (см. рис. 3).

В 2020 г. промысел сардины отечественными судами был начат в конце апреля 1 судном за пределами ИЭЗ России, в июне количество добывающих судов увеличилось до 14, а максимум составил 62 единицы в октябре, всего в промысле приняло участие 72 добывающих судна (см. табл. 1). Средний вылов за путину на судно-сутки лова достиг 102 т, при этом в сезонной динамике этот показатель был максимальным в мае – 377 т, что являлось рекордным показателем с 2016 г. Значительно вырос вылов на 1 судно за путину и достиг 4109 т (см. табл. 1).

До середины июня промысел вёлся на юге района на фронтах восточной периферии южнокурильского вихря и второй ветви Ойясио. В июне-июле на фронте первой ветви Ойясио, в июле-августе – на фронте Ойясио вдоль Итурупа и Урупа, с конца августа до середины октября – на прибрежном фронте вдоль Итурупа, с середины октября до первой декады декабря – на фронтах восточной и северо-восточной периферии южнокурильского вихря. Часть судов с начала ноября перешла в ИЭЗ Японии, при этом значительное количество судов продолжало ловить в Южно-Курильском районе до 17 декабря. Всего в путину 2020 г. было добыто 315,5 тыс. т сардины (см. табл. 1).

Поверхностная структура вод в 2021 г. отличалась от предыдущих лет. Близко расположенный южнокурильский антициклон (А40) в июле-августе начал смещаться на северо-восток вдоль Курильского желоба. На его место в сентябре-октябре сместился новый антициклонический вихрь А41, занявший далекое положение. В течение года наблюдалась только первая ветвь Ойясио, вторая ветвь не прослеживалась во второй половине года (см. рис. 2). Год можно отнести к аномально тёплому, характерными чертами были позднее начало прогрева поверхностных вод и рекордные темпы повышения ТПО в июле-августе (см. рис. 3).

В 2021 г. промысел сардины был начат 4 крупнотоннажными судами в ИЭЗ Японии 7 января. Эффективность промысла составила 58,9 т на судно-сутки лова. Максимальное количество судов на лову составило 40 единиц в октябре, а всего в промысле принимало участие 54 судна разного тоннажа, из них 4 судна с кошельковым неводом, остальные с пелагическими тралами. Эффективность промысла судов с кошельковым неводом составила 82,1 т, с тралом – 132,8 т на судно-сутки лова, такая разница объясняется,

прежде всего тем, что суда с кошельковым неводом — среднетоннажные, в то время как с тралом — довольно значительная часть крупнотоннажные. Средняя эффективность лова за путину — 128,8 т на судно-сутки, средний вылов на судно за сезон промысла — 4424 т (см. табл. 1).

Отличительной чертой распределения уловов сардины в прикурильских водах в сезон промысла 2021 г. можно отнести работу флота весной за пределами ИЭЗ России из-за особенностей развития океанологических условий, а также то, что промысел вёлся летом и осенью на фронтальных зонах потока Ойясио вблизи Курильской гряды и лов с охотоморской стороны осенью. В отличие от предыдущих лет в осенний период 2021 г. начали формироваться устойчивые промысловые участки непосредственно в Южно-Курильском проливе, наблюдавшиеся и в последующие годы [Антоненко, Новиков, 2023]. Общий вылов сардины российскими судами составил 255,8 тыс. т.

В 2022 г. поверхностная структура вод определялась далёким от Малой Курильской гряды положением южнокурильского вихря. Первая ветвь Ойясио была хорошо развита только в первой половине года, а затем значительно ослабела, вторая ветвь хорошо прослеживалась в течение всего года (см. рис. 2). В целом год можно отнести к аномально тёплому — значительные положительные аномалии ТПО прослеживались в течение всего года (см. рис. 3).

В 2022 г. лов был начат в ИЭЗ Японии 5 января 3 судами. Эффективность промысла зимой и в начале весны составила 82,4 т на судно-сутки лова. В мае 4 судна продолжили лов в ИЭЗ России, эффективность лова в этот период была высокая — 280,9 т на судно-сутки лова. Максимальное количество судов на лову отмечалось в октябре — 29, а всего в промысле приняло участие 37 судов (см. рис. 8), 3 из них были оснащены кошельковым неводом, остальные пелагическими тралами. Эффективность лова кошельковыми неводами составила 78,2 т, а тралами — 142,6 т, а всего в среднем за путину — 137,7 т на судно-сутки лова. Средний вылов на судно за путину составил 6955 т (см. табл. 1).

Характерной особенностью промысла сардины в сезон 2022 г. было то, что уже весной её добывали в ИЭЗ России. Летом и осенью промысел вёлся вдоль Южно-Курильской гряды аналогично предыдущим годам, а также у Средних Курильских островов на фронтах среднекурильского антициклонического вихря, с выходом отдельных судов в Северо-Курильскую зону. В ноябре и декабре интенсивный промысел продолжался в зоне России, благодаря аномальному прогреву поверхностных вод летом и медленному сезон-

ному выхолаживанию. Общий вылов сардины российскими судами составил 288,3 тыс. т (см. табл. 1).

В 2023 году поверхностная структура вод ЮКР определялась близким положением южнокурильского антициклонического вихря. Первая и вторая ветви Ойясио были хорошо развиты в течение года (см. рис. 2). Год можно также отнести к аномально тёплым, характерной чертой было преобладание максимальных положительных аномалий в течение года (см. рис. 3).

В 2023 г. промысел сардины был начат в ИЭЗ Японии 13 января 4 крупнотоннажными судами. Эффективность промысла у берегов японских о-вов составила 88,5 т на судно-сутки лова. Промысел в зоне Японии продолжался до середины февраля. Промысел сардины был продолжен в конце апреля и в мае 13 судами, средний вылов на судно-сутки лова составил 190 т. Максимальное количество судов на лову составило 30 единиц в сентябре и октябре, а всего в путине приняло участие 52 судна (см. табл. 1). 4 судна работали с кошельковыми неводами, их эффективность лова составила 103,8 т на судно-сутки. В среднем за путину средний вылов на судно в сутки составил 182,2 т, а средний вылов на судно — 9470 т (см. табл. 1).

Анализ распределения уловов в сезон 2023 г. показал, что весной промысел интенсивно вёлся в пределах ИЭЗ России. Весной, летом и осенью районы промысла распределялись на отмеченных выше фронтальных разделах на акватории Южно-Курильской зоны. Кроме того, успешный промысел активно вёлся в Северо-Курильской зоне на Курильском фронте, фронтальных зонах северокурильского антициклона и Курильского течения. В ноябре и декабре промысел продолжался в экономической зоне России до 29 декабря. Всего российскими судами было выловлено 545 тыс. т сардины (см. табл. 1).

В 2024 году с апреля по сентябрь поверхностная структура вод ЮКР определялась далёким расположением южнокурильского вихря, а начиная с октября — близким. Первая ветвь Ойясио начиная с сентября, была развита слабо, постепенно интенсифицируясь к концу года, вторая — не прослеживалась в августе-сентябре (см. рис. 2). Год был аномально тёплым с преобладанием положительных аномалий в течение всего года (см. рис. 3).

В 2024 г. промысел сардины был начат в январе 2 судами в ИЭЗ Японии. Устойчивый промысел в ИЭЗ РФ начался уже в третьей декаде апреля. Отличительной чертой промыслового сезона этого года была замедленная миграция в район косяков сардины в мае, поэтому в начале промысла лов вёлся на обширной акватории на фронтах южнокурильского вихря и субарктического фронта, выходя за пределы

ИЭЗ. В дальнейшие месяцы распределение уловов сардины было близко промысловым сезонам 2022 и 2023 гг. В экономической зоне России промысел продолжался до 25 декабря. В 2024 г. максимальное количество судов на лову составило 18 единиц в октябре, а всего в путине приняло участие 43 судна (см. табл. 1). Количество судно-суток лова за путину составило 2292, что ниже показателя предыдущей путины (2703). Средний вылов на судно-сутки лова за путину составил 230 т, что является максимальным значением за период промысла в текущую эпоху увеличения численности сардины. Всего в 2024 г., включая открытые воды и экономическую зону Японии, российскими судами было выловлено 592 тыс. т сардины (см. табл. 1).

Гидрологические условия в 2025 году заметно отличались от предыдущих трёх лет. Темпы потепления до конца июня были низкими, а в июле — резкое повышение ТПО до аномально высоких значений предыдущих лет. В декабре, наоборот, наблюдались высокие темпы выхолаживания ТПО до среднесезонных значений. В целом же год также можно отнести к аномально тёплым с преобладанием значительных положительных аномалий (см. рис. 2). Поверхностная структура вод отличалась заметным ослаблением первого меандра Куроисио, западным положением его первой ветви, а также далёким западным положением южнокурильского антициклона, который располагался вблизи мыса Эримо в течение года. С мая по декабрь прослеживались три ветви течения Ойясио. Первая ветвь была хорошо выражена и была мощнее, чем в прошлом году, весной и осенью, вторая ветвь была выражена слабо, третья плохо прослеживалась в июле-августе (см. рис. 3).

В 2025 г. промысел начался в первой декаде мая и вёлся на Северном субарктическом фронте в открытых водах у границы ИЭЗ до конца июня. В мае эффективность лова сардины достигла исторического максимума составив 383 т на судно-сутки. В июне она начала быстро снижаться и достигла минимума в конце месяца, в среднем — 180 т на судно-сутки [Новиков и др., 2025]. В первой декаде июля в пределах ИЭЗ небольшие уловы были получены только в Южно-Курильском проливе, потом промысел был прекращён. Промысел вёлся 5–10 судами, вылов составил 50 тыс. т. В дальнейшем поисковые работы, проведённые в августе-октябре добывающими и исследовательскими судами в водах Курильских островов и прилегающих районах открытых вод, не принесли желаемых результатов. Были получены только уловы рыб непромыслового размера. Промысел сардины был возобновлён в третьей декаде ноября в ИЭЗ Японии возле северо-восточного побережья о. Хонсю

и окончательно закончился в начале третьей декады декабря. Всего в 2025 году вылов сардины составил 58 тыс. т (см. табл. 1).

ОБСУЖДЕНИЕ

На основании проведённого анализа сезонной динамики температуры поверхности океана в прикурильских водах за рассматриваемый ряд лет 2016 и 2017 гг. можно отнести к умеренно тёплым и умеренно холодным с преобладанием по району в отдельные сезоны отрицательных аномалий температуры поверхности океана (АТПО). 2018–2020 гг. относятся к тёплым с преобладанием по району положительных АТПО большую часть года. Период с 2021 по 2025 гг. относятся к аномально тёплым с преобладанием положительных АТПО в течение всего года и значительными их величинами (см. рис. 3). По данным анализа в аномально тёплые годы значительно расширился ареал комфортных гидрологических условий для нагула сардины, включая Охотское море, акваторию восточной Камчатки и обширный район открытых вод северо-западной части Тихого океана. Как показали результаты расчётов, средняя температура поверхностных вод в августе-сентябре на рассматриваемой акватории повысилась на 1–2 °С за последние годы [Антоненко и др., 2025; Новиков и др., 2024]. Значительное расширение районов промысла сардины это подтверждает (см. рис. 4).

С началом российского промысла дальневосточной сардины в прикурильских водах в текущую «сардиновую эпоху» подходы рыбы и образование промысловых скоплений в ИЭЗ России начинались в июне-июле, а покидали российские воды — в начале ноября. С увеличением запаса сардины тихоокеанской популяции объёмы скоплений, заходящих в прикурильские воды возрастали, и сроки начала нагульных миграций сдвигались на более ранние периоды. В последние годы нагульные миграции сардины значительно увеличились в пространственно-временном континууме и охватывают значительные акватории северо-западной части Тихого океана, достигая берегов Камчатки, вод Берингова и Охотского морей. Этому способствовали изменения, происходящие в районе взаимодействия течений Ойясио-Куроисио.

Многолетний анализ промысла первого десятилетия новой «сардиновой эпохи» XXI века позволил выделить следующую схему миграций нагульных скоплений сардины промыслового характера в пределах ИЭЗ РФ (рис. 5). В весенний период промысловые скопления сардины формируются во фронтальных зонах на северо-востоке и востоке южнокурильского антициклонического вихря, первой и второй

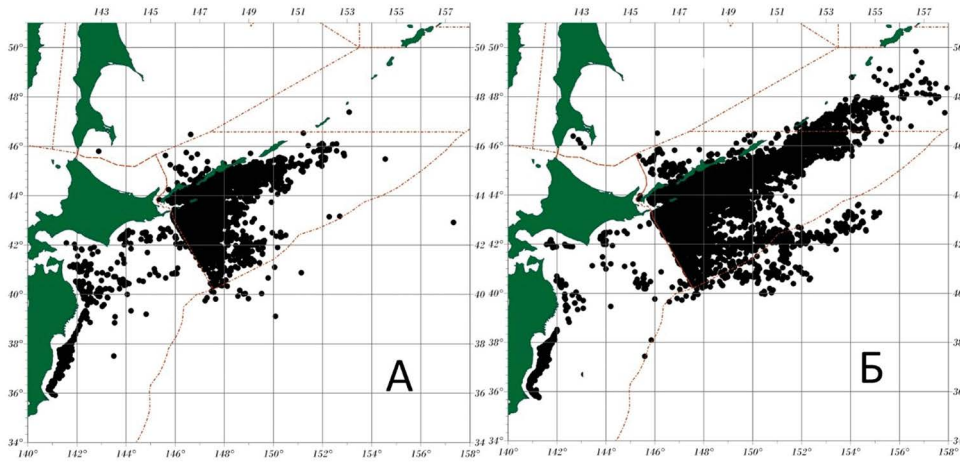


Рис. 4. Распределение районов промысла дальневосточной сардины в 2016–2020 гг. (А) и в 2021–2025 гг. (Б)

Fig. 4. Distribution of Japanese sardine fishing areas in 2016–2020 (A) and in 2021–2025 (B)

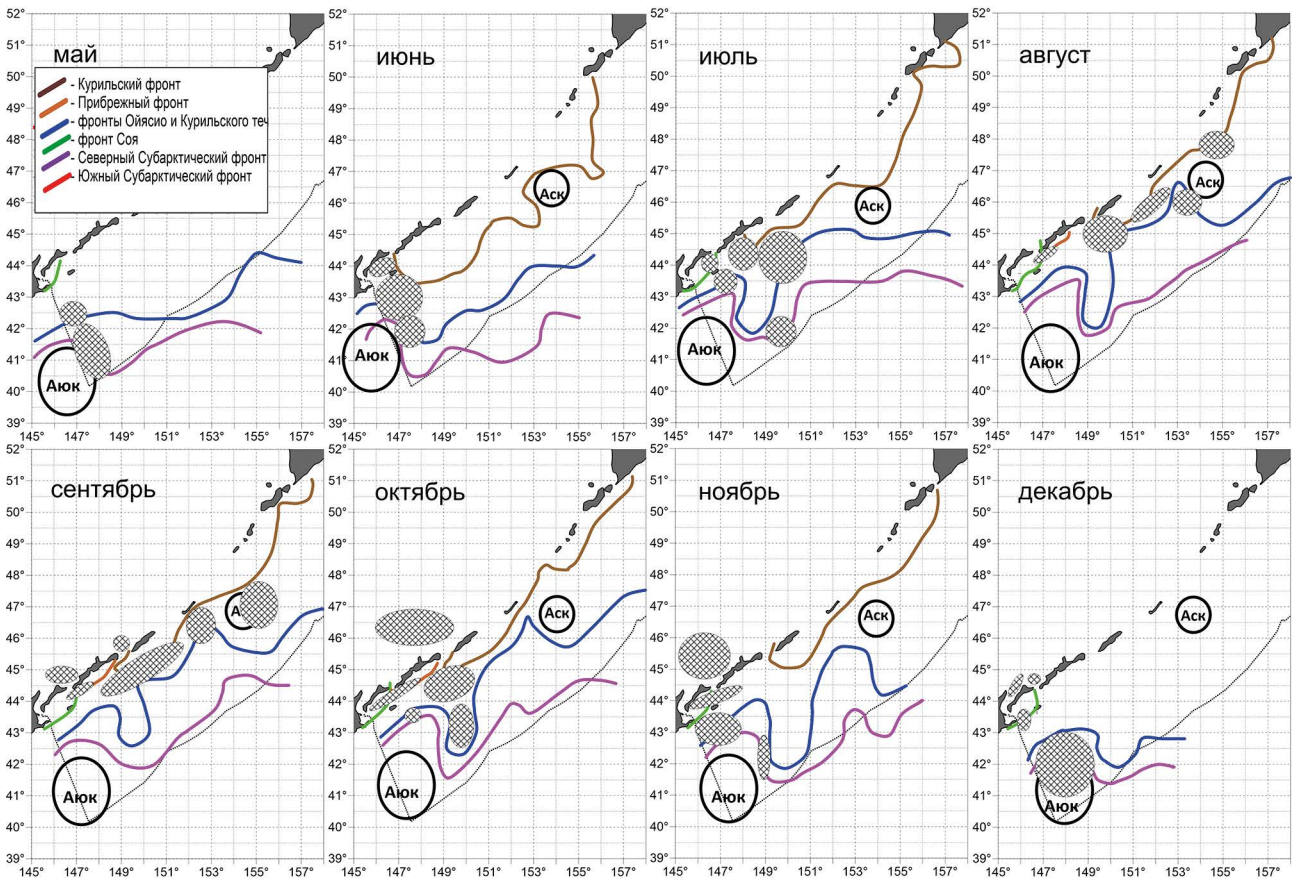


Рис. 5. Положение промысловых участков дальневосточной сардины и фронтальных разделов в Прикурильском районе в мае-декабре 2021–2024 гг. (Аюк – южнокурильский антициклонический вихрь, Аск – среднекурильский антициклонический вихрь)

Fig. 5. The position of the Japanese sardine fishing grounds and frontal sections in the Kuril region in May-December 2021–2024 (Аюк is the South Kuril anticyclonic eddy, Аск is the Middle Kuril anticyclonic eddy)

ветвей Ойясио. Промысловые районы в этот период ограничены изотермами 7–8 °С. По мере прогрева поверхностных вод летом промысловые участки

формируются на океаническом фронте Ойясио вдоль Южных Курильских островов до пролива Буссоль. Далее, осенью, промысловые скопления образуются на

прибрежном фронте вдоль о-вов Итуруп и Уруп, в последние годы успешный промысел в этот период ведётся и непосредственно в Южно-Курильском проливе. По мере выхолаживания в осенне-зимний период промысел вновь переходит во фронтальные зоны на северо-востоке и востоке южнокурильского антициклонического вихря, первой и второй ветвей Ойясио. В «холодные годы» в начальный период промысла лов сардины в пределах ИЭЗ начинался в июне-июле и заканчивался в октябре-ноябре. В последние anomalно «тёплые» годы промысел в ИЭЗ РФ начинался уже в апреле-мае, а заканчивался в декабре. Необходимо отметить, что в результате роста промысловых запасов сардины, а также интенсивного весеннего прогрева и anomalно высоких значений поверхностной температуры района промысловые скопления формируются в Северо-Курильской зоне на фронтах северокурильского антициклона и Курильского течения в августе-сентябре. По данным научных съёмок промысловые скопления сардины формируются с охотоморской стороны Курильских островов с конца августа. Промысел сардины и скумбрии в южной части Охотского моря ведётся в октябре-ноябре с 2021 г.

Несмотря на то, что современный период увеличения численности сардины имеет много общего с периодом вспышки численности 1970–1980-х гг., наблюдается множество отличий, в основе которых лежат значительные климато-океанологические изменения в северо-западной части Тихого океана. В текущий период промысла сардины средние температуры поверхности воды в нагульный период в районе Южных Курильских островов значительно выше (в некоторых районах на 5–7 °С) показателей 1980-х гг. [Antonenko et al., 2024]. Это влечёт различие в распределении скоплений сардины в прикурильских водах. Анализ районов лова в 1970–1980-х гг. показал,

что в начальный период (1970-е и начало 1980-х гг.) промысел вёлся фактически круглогодично в водах Японских о-вов (с введением экономических зон в 1982 г. в пределах ИЭЗ Японии). Только к середине 1980-х гг. промысел стал смещаться в прикурильские воды. В целом за 1980-е гг. вылов сардины в ИЭЗ Японии составил 40%, в то время как в настоящее время этот показатель составил менее 4% (рис. 6). Интересны наблюдения в 1970–1980-х гг. о том, что в тот период температура поверхности воды у тихоокеанских берегов Японии была в среднем выше, чем в 1920–1930 гг., когда наблюдалась очередная вспышка численности сардины [Шунтов, Васильков, 1981].

В современный период промысла сардины по сравнению с периодом 1970–1980-х гг. произошли значительные изменения в структуре добывающих судов, промысловом вооружении, технологиях лова, способах переработки и хранения выловленной рыбы. Значительно увеличилась эффективность промысла, при этом уменьшилось количество добывающих судов в путины и судод-суток лова. В последние годы промысел сардины в прикурильских водах ведётся практически на протяжении всего года. Максимальный вылов приходится на летне-осенний период с пиком в октябре. На этот же период приходится максимальное количество добывающих судов и судод-суток лова.

Оценки запасов сардины тихоокеанской популяции и данные промысловой статистики показывают, что в настоящее время не отмечается значительного пресса промысла, приводящего к негативным последствиям для воспроизводства сардины в водах Японских о-вов. Предполагается, что в ближайшие годы будет сохраняться тренд на увеличение запасов сардины тихоокеанской и цусимской популяций и, следовательно, значительных подходов промысловых скоплений в прикурильские воды. Однако не исклю-

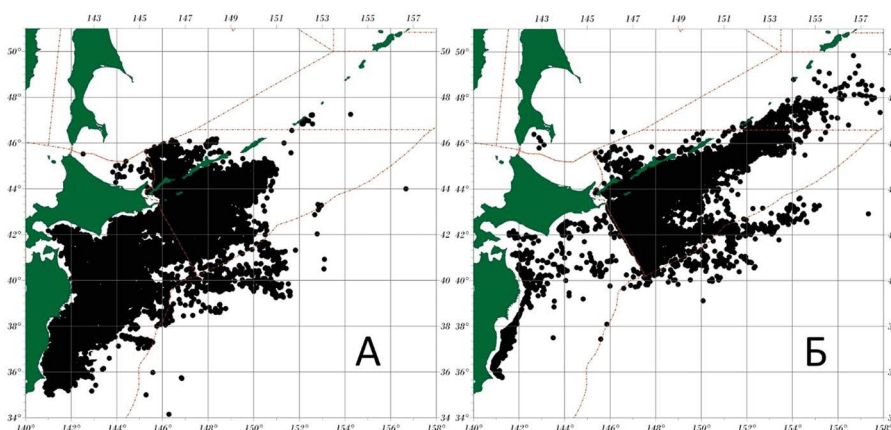


Рис. 6. Распределение районов промысла дальневосточной сардины в 1980–1990 гг. (А) и в 2016–2025 гг. (Б)

Fig. 6. Distribution of Japanese sardine fishing areas in 1980–1990 (A) and in 2016–2025 (B)

чается и негативный сценарий развития событий, при котором запас сардины начнёт снижаться в среднесрочной перспективе. Это обусловлено прежде всего значительным увеличением температуры поверхностных вод, которое наблюдалось в 2023 и 2024 гг. у берегов северо-восточной Японии, в районах нереста и нагула мальков и личинок сардины. Если тенденция потепления в северо-западной части Тихого океана сохранится в ближайшие годы, это может негативно отразиться на эффективности воспроизводства сардины, что приведёт к значительному снижению запаса тихоокеанской популяции.

По результатам анализа океанологических условий весны-лета 2025 г. и в сравнении с аналогичным периодом 2024 г. температура поверхностных вод (ТПО) в пределах западной части ИЭЗ РФ и прилегающей части японской зоны в мае-июне была значительно ниже, разность достигала 4–8 °С. Южнокурильский антициклонический вихрь (А46) был максимально

смещён к западу и располагался ближе к мысу Эримо, тогда как в прошлом году он располагался юго-восточнее у границы ИЭЗ РФ [Новиков и др., 2025].

Темпы потепления ТПО были значительно ниже прошлогодних за счёт низкой адвекции тёплых вод в ИЭЗ РФ. Такая ситуация, по нашему мнению, была вызвана пиком активности течения Ойясио, наблюдавшимся с марта до начала июня.

Большая часть акватории ИЭЗ РФ в мае-июне, где в прошлые годы уже вёл промысел (рис. 7), была занята водами с температурой менее 8–9 °С (см. рис. 2), некомфортные для нагула сардины [Sarr et al., 2021]. Однако в третьей декаде июня с ослаблением Ойясио темпы потепления резко возросли, и уже в первой декаде июля ТПО рассматриваемого района была близка к прошлогодней. Далее, в течение августа-октября ТПО рассматриваемого района была близка или незначительно ниже прошлогодней (до 3 °С) и являлась достаточно комфортной для нагула и образования

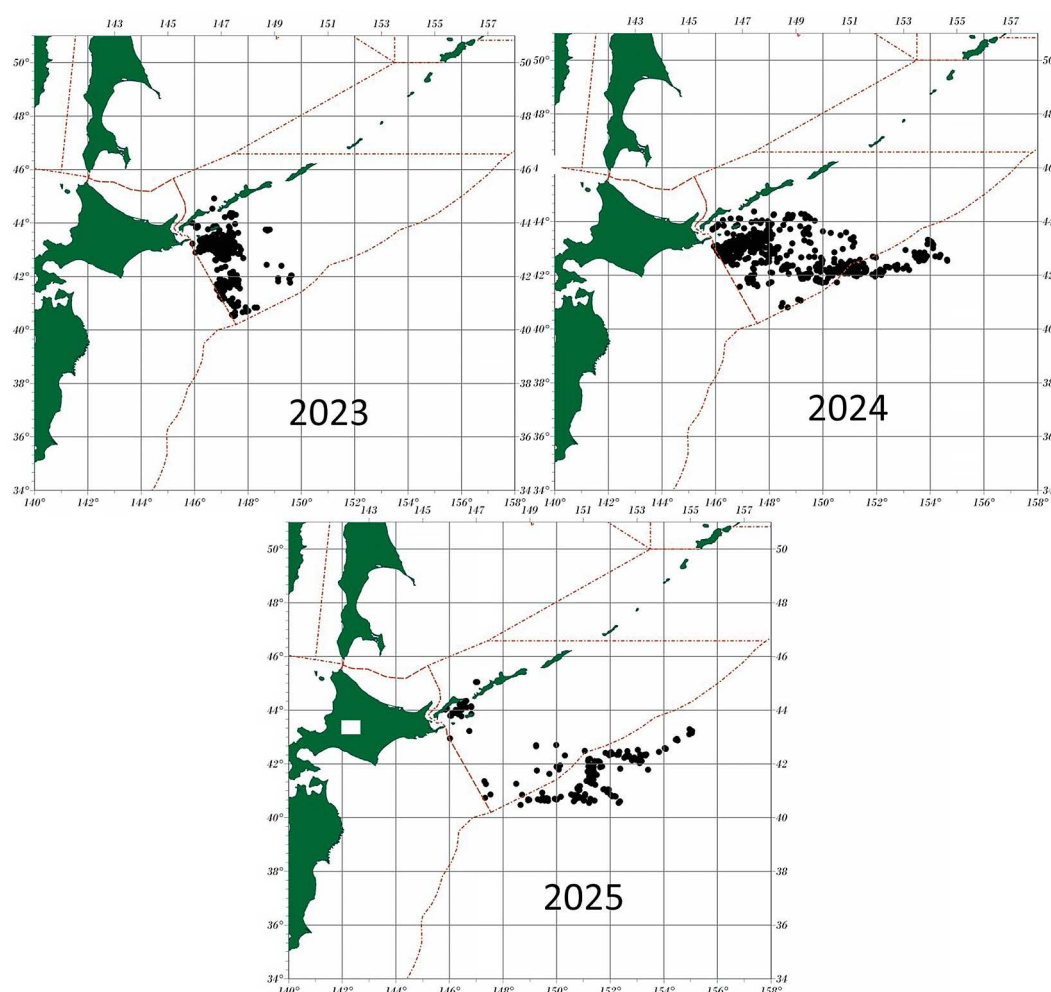


Рис. 7. Районы лова сардины российскими судами в водах Курильских островов в мае-июле 2023–2025 гг.

Fig. 7. Sardine fishing areas by Russian vessels in the waters of the Kuril Islands in May-July 2023–2025

скопления дальневосточной сардины. В течение лета-осени вдоль островов, включая и Северные Курилы, происходило формирование типичных структур поверхностных вод и фронтальных разделов, перспективных для образования промысловых скоплений сардины, на которых в предыдущие годы вёлся успешный промысел. Можно констатировать, что вышеописанная океанологическая ситуация вызвала кардинальное изменение схемы нагульной миграций сардины в 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С началом российского промысла в текущий период увеличения численности сардины океанологические условия тихоокеанских прикурильских вод были подвержены значительной динамике. 2016 и 2017 гг. можно отнести к умеренно тёплым и умеренно холодным с преобладанием по району в отдельные сезоны отрицательных аномалий температуры поверхности океана (АТПО). 2018–2020 гг. относятся к тёплым с преобладанием по району положительных АТПО большую часть года. В период с 2021 по 2024 гг. (за исключением 2025 г.) в Прикурильском районе наблюдались высокие темпы весеннего потепления, низкие темпы осеннего выхолаживания, а также преобладание максимальных положительных аномалий в течение года. Значительное повышение температуры поверхностных вод района и прилегающих акваторий способствовало усилению экспансии сардины в северо-западной части Тихого океана в нагульный период. Расширились районы лова сардины российских промысловых судов, кроме вод Южных Курильских островов он вёлся в районе Средних Курильских островов, в Северо-Курильской зоне, в южной части Охотского моря. Значительно увеличились сроки пугины, промысел дальневосточной сардины в Южно-Курильском районе начинается уже в апреле и заканчивается в конце декабря.

Особенности развития океанологической обстановки весной и в начале лета 2025 г. в значительной степени повлияли на общую схему нагульных миграций и распределения сардины в северо-западной части Тихого океана. Весенние миграции из вод Японии начались с задержкой, были смещены на восток и проходили в открытых водах, в результате скопления сардины промыслового характера не зашли в российские воды у Курильских островов. Поисковые работы, проведённые осенью показали, что в открытых водах нагуливались скопления молоди сардины. Характер развития океанологических условий в районе взаимодействия течений Ойясио-Курисио во мно-

гом определяет распределение сардины и влияет на промысел в современный период.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы использования животных были соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена по личной инициативе, без привлечения дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Антоненко Д. В., Новиков Ю. В. 2023. Влияние термической структуры поверхностных вод на особенности промысла японской скумбрии и дальневосточной сардины в Южно-Курильском районе // Рыбохозяйственный комплекс России: Проблемы и перспективы развития. Мат. I межд. науч.-практ. конф. (Москва 28–29 марта 2023 г.). М.: Изд-во ВНИРО. С. 25–32.
- Антоненко Д. В., Новиков Ю. В., Басюк Е. О. 2025. Особенности российского промысла дальневосточной сардины в условиях потепления в северо-западной части Тихого океана // Рыбохозяйственная наука в XXI веке: ключевые направления развития. III Межд. науч.-практ. конф. и V Школа молодых учёных и специалистов. М.: Изд-во ВНИРО. С. 33–40.
- Барышко М. Е. 2009. Промысел скумбрии и сардины-иваси на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальрыбвтуз. 472 с.
- Белоненко Т. В., Старицын Д. К., Фукс В. Р., Бобков А. А., Стучевский М. А., Рудаков Ю. А., и др. 1997. Истоки Ойясио. СПб.: СПбГУ. 248 с.
- Беляев В. А. 2003. Экосистема зоны течения Курисио и её динамика. Хабаровск: Хабаровское книжное изд-во. 382 с.
- Великанов А. Я. 2016. Миграции дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* к берегам острова Сахалин в XX – начале XXI столетия // Вопросы ихтиологии. Т. 56, № 5. С. 548–561. DOI: 10.7868/S0042875216040184.
- Дылдин Ю. В., Орлов А. М., Великанов А. Я., Макеев С. С., Романов В. И., Морузи И. В., Ганель Л. 2020. Ихтиофауна залива Анива (остров Сахалин, Охотское море). Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос». 396 с.
- Кручинин О. Н., Мизюркин М. А., Захаров Е. А., Волотов В. М., Шабельский Д. Л., Ваккер Н. Л. 2022. Работа флота на промысле дальневосточной сардины и японской скумбрии в прикурильских водах в современный период высокой численности этих видов // Известия ТИНРО. Т. 202. Вып. 2. С. 414–428. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-414-428.
- Кузнецова Е. Н., Белоруццева С. А., Поляничко В. И. 2021. Распределение и питание дальневосточной сардины

- Sardinops sagax* и японской скумбрии *Scomber japonicus* в тихоокеанских водах Курильских островов // Вопросы Рыболовства. Т. 22. № 3. С. 27–39.
- Кун М. С., Новиков Ю. В., Павлычев В. П. 1978. Влияние океанологических условий на формирование продуктивных зон и численность эпипелагических рыб в системе вод Куроисио // Биология моря. № 2. С. 32–39.
- Новиков Ю. В., Самко Е. В. 2016. Особенности межгодовой изменчивости океанологических условий в период промысла сайры в Южно-Курильском районе в 2002–2012 гг. // Труды ВНИРО. Т. 164. С. 75–85.
- Новиков Ю. В., Самко Е. В. 2017. Особенности распределения и эффективности промысла сайры в зависимости от изменчивости океанологических условий в Южно-Курильском районе по данным спутниковых наблюдений в августе–ноябре 2002–2014 гг. // Известия ТИНРО. Т. 190. С. 167–176.
- Новиков Ю. В., Антоненко Д. В., Никитин А. А. 2020. Влияние океанологических условий на положение районов промысла пелагических рыб в тихоокеанских водах Курильских островов в холодном 2017 г. и тёплом 2018 г. // Труды ВНИРО. Т. 180. С. 99–115.
- Новиков Ю. В., Антоненко Д. В., Самко Е. В., Басюк Е. О. 2024. Особенности промысла дальневосточной сардины в зависимости от океанологических условий в прикурильском районе в 2016–2023 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Мат. XXII между. ежегод. конф. (Москва, 11–15 нояб. 2024 г.). М.: ИКИ РАН. С. 354.
- Новиков Ю. В., Антоненко Д. В., Самко Е. В., Басюк Е. О., Пикалова Д. А. 2025. К проблемам промысла сардины иваси в Южно-Курильском районе в 2025 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Мат. XXIII между. ежегод. конф. (Москва, 10–14 нояб. 2025 г.). М.: ИКИ РАН, С. 249.
- Самко Е. В., Булатов Н. В. 2014. Исследование связи положения рингов Куроисио с тёплым ядром и распределения промысла сайры по спутниковым данным // Исследования Земли из космоса. № 2. С. 18–26.
- Хоружий А. А., Сомов А. А., Емелин П. О., Старовойтов А. Н., Ваннин Н. С. 2015. Появление высокоурожайных поколений японской скумбрии и дальневосточной сардины в прикурильских водах северо-западной части Тихого океана. // Рыбное хозяйство. № 6. С. 74–77.
- Шунтов В. П. 2001. Биология дальневосточных морей России. Т. 1. Владивосток: ТИНРО-центр. 508 с.
- Шунтов В. П., Васильков В. П. 1981. Долгопериодные флюктуации численности северотихоокеанских сардин. Сообщение 1 Динамика численности дальневосточной *Sardinops sagax melanosticta* (Schlegel) и калифорнийской *Sardinops sagax caerulea* (Girard) сардин в XX веке // Вопросы ихтиологии. Т. 21. Вып. 6. С. 963–975.
- Шунтов В. П., Иванов О. А. 2021. «Неверная рыба» или неверные гипотезы: что происходит с nektonом прикурильских океанических вод? // Известия ТИНРО. Т. 201(1). С. 3–23.
- Antonenko D., Novikov Y., Basyuk E. 2024. Impact of warming on the distribution pattern of the sardine *Sardinops melanosticta* (Temminck et Schlegel, 1846) in the northwestern Pacific Ocean // PICES-2024 Annual Meeting (Oct. 28 – Nov. 01, 2024, Honolulu, USA). Honolulu: PICES. P. 306.
- Kuwae M., Yamamoto M., Sagawa T., Ikehara Ken., Irino T., Takemura K. et al. 2017. Multidecadal, centennial, and millennial variability in sardine and anchovy abundances in the western North Pacific and climate–fish linkages during the late Holocene. Prog. Oceanogr. 159, 86–98. DOI: 10.1016/j.pocean.2017.09.011.
- Longo G. C., Minich J. J., Allsing N., James K., Adams-Herrmann E. S., Larson W. et al. 2024. Crossing the Pacific: Genomics Reveals the Presence of Japanese Sardine (*Sardinops melanosticta*) in the California Current Large Marine Ecosystem // Molecular Ecology. 33(22) e17561. DOI: 10.1111/mec.17561.
- Ohshimo S., Tanaka H., Hiyama Y. 2009. Long-term stock assessment and growth changes of the Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the Sea of Japan and East China Sea from 1953 to 2006 // Fish. Oceanogr. V. 18:5. P. 346–358.
- Sarr O., Kindong R., Tian S. 2021. Knowledge on the Biological and Fisheries Aspects of the Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus* (Schlegel, 1846) // J. Mar. Sci. Eng. 9, 1403. DOI: 10.3390/jmse9121403.

REFERENCES

- Dyldin Yu.V., Orlov A.M., Velikanov A.Ya., Makeev S.S., Romanov V.I., Morusi I.V., Hanel L. 2020. Ichthyofauna of the Aniva Bay (the Sakhalin Island, the Sea of Okhotsk). Novosibirsk: ICNSAU «Zolotoy kolos». 396 p. (In Russ.).
- Kruchinin O. N., Mizyurkin M. A., Zakharov E. A., Volotov V. M., Shabelsky D. L., Vacker N. L. 2022. The work of the fleet in the fishery for Japanese sardines and Chub mackerel in the Kuril waters in the modern period at high levels of these species // *Izvestiya TINRO*. V. 202. Iss. 2. P. 414–428. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-414-428. (In Russ.).
- Kuznetsova E. N., Belorustseva S. A., Polyanchko V. I. 2021. Distribution and feeding of the Japanese sardine *Sardinops sagax* and the Japanese mackerel *Scomber japonicus* in the Pacific waters of the Kuril Islands // *Voprosy rybolovstva*. V. 22. No. 3. P. 27–39. (In Russ.).
- Kun M. S., Novikov Yu.V., Pavlychev V.P. 1978. The influence of oceanographic conditions on the formation of productive zones and the abundance of epipelagic fish in the Kuroshio water system // *Biologiya Morya*. No. 2. P. 32–39. (In Russ.).
- Novikov Yu.V., Samko E.V. 2016. Features of the interannual variability of oceanographic conditions during saury fishery in the South Kuril region in 2002–2012 // *Trudy VNIRO*. V. 164. P. 75–85. (In Russ.).
- Novikov Yu.V., Samko E.V. 2017. Features of the distribution and efficiency of the saury fishery depending on the variability of oceanographic conditions in the South Kuril region according to satellite observations in August–November 2002–2014 // *Izvestiya TINRO*. V. 190. P. 167–176. (In Russ.).
- Novikov Yu.V., Antonenko D.V., Nikitin A.A. 2020. The Impact of Oceanographic Conditions on the Location of Pelagic Fish Fishing Areas in the Pacific Waters of the Kuril Islands in the Cold Year of 2017 and the Warm Year of 2018 // *Trudy VNIRO*. V. 180. P. 99–115. (In Russ.).
- Novikov Yu.V., Antonenko D.V., Samko E.V., Basyuk E.O. 2024. Features of the Japanese Sardine Fishery Depending on Oceanographic Conditions in the Kuril Islands Region in 2016–2023 // *Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space*. Proc. of the XXII Int. Annual Conf. (Moscow, November 11–15, 2024). Moscow: IKI RAS. P. 354. (In Russ.).
- Novikov Yu.V., Antonenko D.V., Samko E.V., Basuk E.O., Pikalova D.A. 2025. On the Problems of the Sardine Iwashii Fishery in the South Kuril Region in 2025 // *Current Problems of Remote Sensing of the Earth from Space*. Proc. of the XXIII Int. Annual Conf. (Moscow, November 10–14, 2025). Moscow: IKI RAS. P. 249. (In Russ.).
- Samko E.V., Bulatov N.V. 2014. A Study of the Relationship between the Position of the Kuroshio Rings with a Warm Core and the Distribution of the Pacific Saury Fishery Based on Satellite Data // *Research of the Earth from Space*. No. 2. P. 18–26. (In Russ.).
- Khoruzhyy A.A., Somov A.A., Emelin P.O., Starovoytov A.N., Vanin N.S. 2015. The Appearance of High-Yielding Generations of Japanese Mackerel and Pacific Sardine in the Waters off the Kuril Islands in the Northwestern Pacific Ocean. // *Fisheries*. No. 6. P. 74–77. (In Russ.).
- Shuntov V.P. 2001. *Biology of the Far Eastern Seas of Russia*. Vol. 1. Vladivostok: TINRO-Center. 508 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Vasilkov V.P. 1981. Long-term fluctuations in the abundance of Pacific sardines. Report 1. Dynamics of the abundance of Japanese *Sardinops sagax melanosticta* (Schlegel) and Californian *Sardinops sagax caerulea* (Girard) sardines in the 20th century // *Voprosy ichtthyologii*. V. 21. Iss. 6. P. 963–975. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Ivanov O.A. 2021. «The Wrong Fish» or Wrong Hypotheses: What's Happening to the Nekton of the Kuril Islands Ocean Waters? // *Izvestiya TINRO*. V. 201(1). P. 3–23. (In Russ.).
- Antonenko D., Novikov Y., Basyuk E. 2024. Impact of warming on the distribution pattern of the sardine *Sardinops melanosticta* (Temminck et Schlegel, 1846) in the northwestern Pacific Ocean // *PICES-2024 Annual Meeting* (Oct. 28 – Nov. 01, 2024, Honolulu, USA). Honolulu: PICES. P. 306.
- Kuwaie M., Yamamoto M., Sagawa T., Ikehara Ken., Irino T., Takemura K. et al. 2017. Multidecadal, centennial, and millennial variability in sardine and anchovy abundances in the western North Pacific and climate–fish linkages during the late Holocene. *Prog. Oceanogr.* 159, 86–98. DOI: 10.1016/j.pocean.2017.09.011.
- Longo G. C., Minich J.J., Allsing N., James K., Adams-Herrmann E.S., Larson W. et al. 2024. Crossing the Pacific: Genomics Reveals the Presence of Japanese Sardine (*Sardinops melanosticta*) in the California Current Large Marine Ecosystem // *Molecular Ecology*. 33(22) e17561. DOI: 10.1111/mec.17561.
- Ohshimo S., Tanaka H., Hiyama Y. 2009. Long-term stock assessment and growth changes of the Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the Sea of Japan and East China Sea from 1953 to 2006 // *Fish. Oceanogr.* V. 18:5. P. 346–358.
- Sarr O., Kindong R., Tian S. 2021. Knowledge on the Biological and Fisheries Aspects of the Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus* (Schlegel, 1846) // *J. Mar. Sci. Eng.* 9, 1403. DOI: 10.3390/jmse9121403.

Поступила в редакцию 09.02.2026 г.
Принята после рецензий 31.03.2026 г.



УДК 639.211; 597.5

Водные биологические ресурсы

Промысел горбуши в Европейской части России: итоги путины 2025 года

И. И. Гордеев^{1,2}, А. В. Ткаченко³, Н. С. Владыкина⁴, А. М. Торцев⁴

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

² Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ им. М. В. Ломоносова»), Ленинские горы, д. 1/12, Москва, 119234

³ Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича), ул. Академика Книповича 6, г. Мурманск, 183038

⁴ Северный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), ул. Урицкого, д. 17, г. Архангельск, 163002

E-mail: gordeev_ilya@bk.ru

SPIN-код: И. И. Гордеев – 9763–7071; А. В. Ткаченко – 5667–0434; Владыкина Н. С. – 8214–7549; Торцев А. М. – 6717–3313

Цель: подведение итогов путины европейской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в Северном рыбохозяйственном бассейне в 2025 году, а также обсуждение причин, которые привели к достигнутым показателям вылова.

Материалы и методы: данные о вылове получены из сводок Североморского и Северо-Западного территориальных управлений Росрыболовства, наблюдение за скатом молоди проведено стандартными методами, для построения карт температуры поверхности моря использованы данные NOAA.

Новизна: приведены новые данные о вылове за 2025 год.

Результаты: путина европейской горбуши 2025 закончилась выловом 82,57 тонн. Прогноз не оправдался – суммарный вылов в пяти регионах бассейна Белого и Баренцева морей (Мурманская область, Республика Карелия, Архангельская область, Ненецкий автономный округ, Республика Коми) составил около 9% от прогнозных значений.

Практическая значимость исследований: нечётное поколение интродуцированной европейской горбуши подходит на нерест раз в два года, поэтому подведение итогов путины каждого года позволяет не потерять ценные данные для организации промысла последующих лет

Ключевые слова: горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*, путина, лососевые виды рыб, европейский север, промысел.

Pink Salmon Fishery in the European Part of Russia: Results of the 2025 Fishing Season

Ilya I. Gordeev^{1,2}, Artem V. Tkachenko³, Nadezhda S. Vladykina⁴, Alexey M. Tortsev⁴

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okruzhnoi Proezd, Moscow, 105187, Russia

² M.V. Lomonosov Moscow State University («MSU»), 1/12, Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russia

³ Polar branch of VNIRO (N.M. Knipovich «PINRO»), 6, Academician Knipovich St., Murmansk, 183038, Russia

⁴ Northern Branch of VNIRO («Severnoy»), 17, Uritskogo St., Arkhangelsk, 163002, Russia

Purpose: To summarize the results of the 2025 European pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fishing season in the Northern Fishery Basin, as well as to discuss the reasons that led to the achieved catch volumes.

Methods: Catch data were obtained from reports of the Severomorsk and Northwestern Territorial Administrations of Russian Federal Agency for Fisheries, observation of juvenile pink salmon was conducted using standard methods, and NOAA data were used to construct sea surface temperature maps.

Novelty: This paper presents new data on the catch from the past 2025 fishing season.

Result: The 2025 European pink salmon fishing season was successful, but the forecast was not met – the total catch in the five regions of the White and Barents Seas basins (Murmansk Oblast, Republic of Karelia, Arkhangelsk Oblast, Nenets Autonomous Okrug, Republic of Komi) amounted to about 9% of the forecasted values.

Practical Significance: The odd-year generation of introduced European pink salmon returns to spawn every two years; therefore, summarizing the results of each fishing season allows us to retain valuable data for organizing fishing operations in subsequent years.

Keywords: pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha*, fishing season, salmonid species, European North, commercial fishery.

ВВЕДЕНИЕ

Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) – наиболее распространённый и массовый вид тихоокеанских лососей [Гриценко, 2002], а её промышленный лов осуществляется как в Тихом океане, так и на Европейском Севере. При этом наибольшие значения вылова достигаются в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне Российской Федерации (222,6 тыс. т в 2025 г.), а также в исключительных экономических зонах США и Японии, и в меньшей степени – в Канаде и Республике Корея¹.

В 1956 г. стартовал эксперимент по вселению горбуши в реки Белого моря, который не с первой попытки, но оказался удачным. Его целью было повышение видового разнообразия промысловых рыб Белого моря и расширение ресурсной базы арктического рыболовства [Дягилев, Маркевич, 1979; Яковенко, 1995]. Интродукция горбуши привела к её устойчивому естественному воспроизводству в реках бассейна Белого, Баренцева и Карского морей [Zubchenko et al., 2026]. При этом наиболее урожайным оказалось нечётное поколение горбуши [Гордеев и др., 2024]. Впоследствии горбуша расселилась как на запад [Bjerknes, Vaag, 1980], так и на восток, вплоть до рек бассейна Карского моря [Богданов, Кижеватов, 2007, 2015]. Анализ митохондриальных последовательностей цитохрома b (cytb) у 635 особей горбуши, собранных в реках Белого, Баренцева, Карского и Северного морей, а также от исходных тихоокеанских популяций (Охотское море, Магаданская область) показали наличие 15 гаплотипов у нечётной линии и 26 – у чётной, из которых только 10 гаплотипов оказались общими для обеих линий. Отмечены значимые генетические различия между тихоокеанскими и арктическими популяциями у нечётной линии горбуши, тогда как для чётной линии дифференциация не обнаружена [Zelenina et al., 2025].

Воздействие интродуцированной горбуши на популяции атлантического лосося (сёмги) *Salmo salar* и в целом на экосистемы северных рек продолжает быть темой для активных дискуссии как в России [Гордеев и др., 2023; Belyaev et al., 2025], так и в странах Северной Европы [Wei et al., 2026].

Краткость жизненного цикла и протяжённая миграция в зону нагула и обратно к местам нереста, приводят к сложностям для оценки её выживаемости на всех этапах жизненного цикла. Это, в свою очередь, представляет значительное затруднение

для прогнозирования численности подходов на нерест, как на Дальнем Востоке России [Гордеев, Кловач, 2019], так и в европейской части России [Zubchenko et al., 2026]. Кроме того, определённую роль в снижении точности прогнозов играет способность к нересту в других реках, отличных от места выклева, для лососевых рыб получившая название стрейнга («straying»). Существует много оценок, какая именно доля особей горбуши в ходе миграции к местам нереста не следует хомингу («homing») и уходит на нерест в близлежащие или совсем другие реки, но процент этих особей может превышать 10% [Салменкова, 2016]. Тенденция увеличения подходов и вылова горбуши нечётного поколения, сформировавшаяся в регионах северо-запада России (Мурманская область, Республика Карелия, Архангельская область [Торцев, 2022] и Ненецкий автономный округ) в 2013–2021 гг. (рис. 1), позволила в 2023 г. повысить прогнозируемый объём вылова горбуши до 1619 т. Однако итоги путины 2023 г. оказались более чем скромными. Освоение выделенных объёмов составило 12,55%, а суммарный вылов по всем видам рыболовства – 203,26 т [Гордеев и др., 2024].



Рис. 1. Вылов горбуши в Европейской части России в 2000–2025 гг.

Fig. 1. Annual catch of pink salmon in the European part of Russia in 2000–2025

В данной работе мы подводим итоги лососевой путины нечётного поколения европейской горбуши в России в 2025 г. и обсуждаем вероятные причины резкого снижения подходов, по сравнению с 2021 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Промысловая статистика основана на данных Североморского и Северо-Западного территориальных управлений Федерального агентства по рыболовству. Для построения карт температуры поверхности моря (ТПМ) использованы данные National Oceanic

¹ NPAFC Catch Statistics. <https://www.npafc.org>. 20.04.2026

and Atmospheric Administration (NOAA) – «Sea Ice Concentration²» и «Sea Surface Temperature³». Картографические проекции выполнены в программе QGIS. Учёт ската молоди горбуши на р. Умба проводился в мае-июне 2024 года стандартными методами [Таранец, 1939; Глубоковский и др. 2017].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2025 г. прогноз вылова горбуши в Северном рыбохозяйственном бассейне был дан для 5 регионов – Мурманская область, Архангельская область, Ненецкий автономный округ, Республика Коми и Республика Карелия. Всего по всем видам рыболовства было добыто 82,57 т горбуши, что составило около 9% от суммарного прогнозируемого объёма добычи по всем регионам. При этом 75,7% уловов пришлось на промышленное рыболовство (таблица). Номинальный вылов не включает уловы гражданами, где добыча (вылов) горбуши осуществляется без путёвки, в соответствии с п. 14.2 Правил рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна.

го моря (рис. 3), где традиционно наблюдаются самые большие в европейской части России подходы горбуши [Гордеев и др., 2024]. Промысел горбуши в Баренцевом море запрещён Правилами рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна (приказ Минсельхоза России от 13.05.2021 г. № 292) от границы с Норвегией до мыса Святой Нос. В Мурманской области в ходе промышленного рыболовства наиболее результативными оказались рыболовные участки (РЛУ), расположенные на реке Варзуга и близ р. Сальница. Меньшие результаты были отмечены в окрестностях р. Умба и р. Чалома.

Общий вылов в реках бассейна Баренцева моря в нечётные годы исторически не превышал 3,6 т и в основном приходился на реки, протекающие по территории Ненецкого автономного округа (р. Печора и др.). В 2025 году в НАО промысел горбуши был также сосредоточен на р. Печора, кроме того, горбуша добывалась на р. Индига. Помимо этого, был организован любительский лов как на р. Печора, так и малых реках побережья Баренцева моря: Волонга, Ве-

Таблица. Прогнозируемые объёмы добычи горбуши и фактические уловы в Северном рыбохозяйственном бассейне в 2025 г. по видам рыболовства

Table. Projected pink salmon catch volumes and actual catches in the Northern Fishery Basin in 2025, by type of fishing

Регион	Вылов по видам рыболовства, т					Итого, т	Прогноз, т	Освоение, %
	ЛР	ПР	КМНС	НИИ	РВА			
Мурманская область	14,98	56,55	0,59	0,21	–	72,33	700	10,33
Архангельская область	4,00	4,10	–	–	–	8,1	127	6,38
Ненецкий автономный округ	0,27	0,64	–	–	–	0,91	12	7,58
Республика Коми	–	1,23	–	–	–	1,23	2	61,50
Республика Карелия	–	–	–	–	–	–	100	0
	Итого					82,57	941	8,77

Примечание: ЛР – любительское рыболовство (поймал-изъял), ПР – промышленное рыболовство, КМНС – рыболовство в целях обеспечения ведения традиционного образа жизни и осуществления традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации, НИИ – рыболовство в научно-исследовательских и контрольных целях, РВА – рыболовство в целях аквакультуры (рыбоводства).

Как видно из таблицы, большая часть вылова пришлась на Мурманскую область. Промысел начался в середине июня и продолжался до середины августа, после чего рост вылова прекратился (рис. 2).

В Мурманской области большая часть вылова была зарегистрирована на северном побережье Бело-

ликая, Чёрная и Рыбная. В Республике Коми в 2025 г. был впервые открыт лов горбуши для целей промышленного рыболовства. Однако она лишь отмечалась в прилове при добыче других видов водных биоресурсов, а специализированный её промысел не вёлся.

В Республике Карелия значимых подходов горбуши в 2025 г. не отмечено. Промышленный лов не вёлся, единичные поимки отмечались в уловах рыбаков-любителей.

В Архангельской области уловы горбуши отмечались на рыболовных участках, расположенных на

² Sea Ice Concentration <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.highres.html> 20.04.2026

³ Sea Surface Temperature <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.highres.html> 20.04.2026

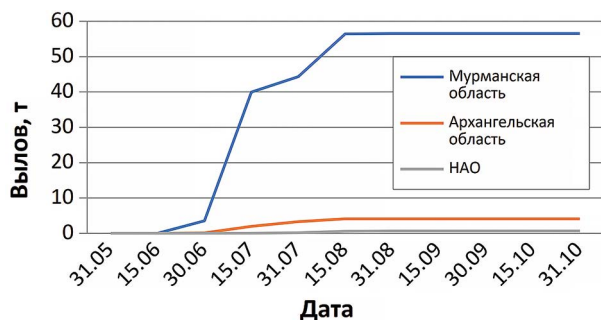


Рис. 2. Динамика вылова горбуши в ходе промышленного рыболовства в 2025 г. в Мурманской области, Архангельской области и Ненецком автономном округе (НАО)

Fig. 2. Dynamics of pink salmon catches during commercial fishing in 2025 in Murmansk Oblast, Arkhangelsk Oblast, and the Nenets Autonomous Okrug (NAO)

побережье Белого моря (Горло и Бассейн). Наиболее результативным было РЛУ, расположенное у р. Ручьи (1,6 т), а выловы по всем остальным участками не превышали одной тонны (рис. 3). Также высокие уловы были отмечены на рыболовных участках для любительского рыболовства на р. Мезень – суммарный вылов составил 1,6 т.

А. В. Зубченко и др. [2025] связывают рост запасов горбуши в водах североευропейского бассейна с благоприятным температурным режимом в районах миграции и нагула, в качестве доказательной базы приводя достоверную положительную корреляцию между уловами нечётной линии горбуши и среднемесячной температурой на глубине 0–50 м в Баренцевом море в год, предшествующий нерестовой миграции. Авторы также делают вывод о том, что сроки катадромной миграции личинок горбуши в беломорских реках (Поной, Сояна, Индера, Варзуга) исключительно специфичны, продолжительность их варьирует от 4 до 30 суток и охватывает период с середины мая до второй декады июля. Катадромная миграция проходит в довольно широком диапазоне температур – от 1,1 до 17,5 °С на фоне нагрева и снижения уровня воды, а также имеется связь между температурой воды и интенсивностью ската личинок [Веселов и др., 2016; Kirillov et al., 2018]. Однако существует связь между температурой поверхности моря (ТПО) и выживаемостью личинок, которые перед началом миграции к местам нагула проводят в прибрежной неретической зоне до двух месяцев [Klovach et al., 2021]. Проведённые сотруд-

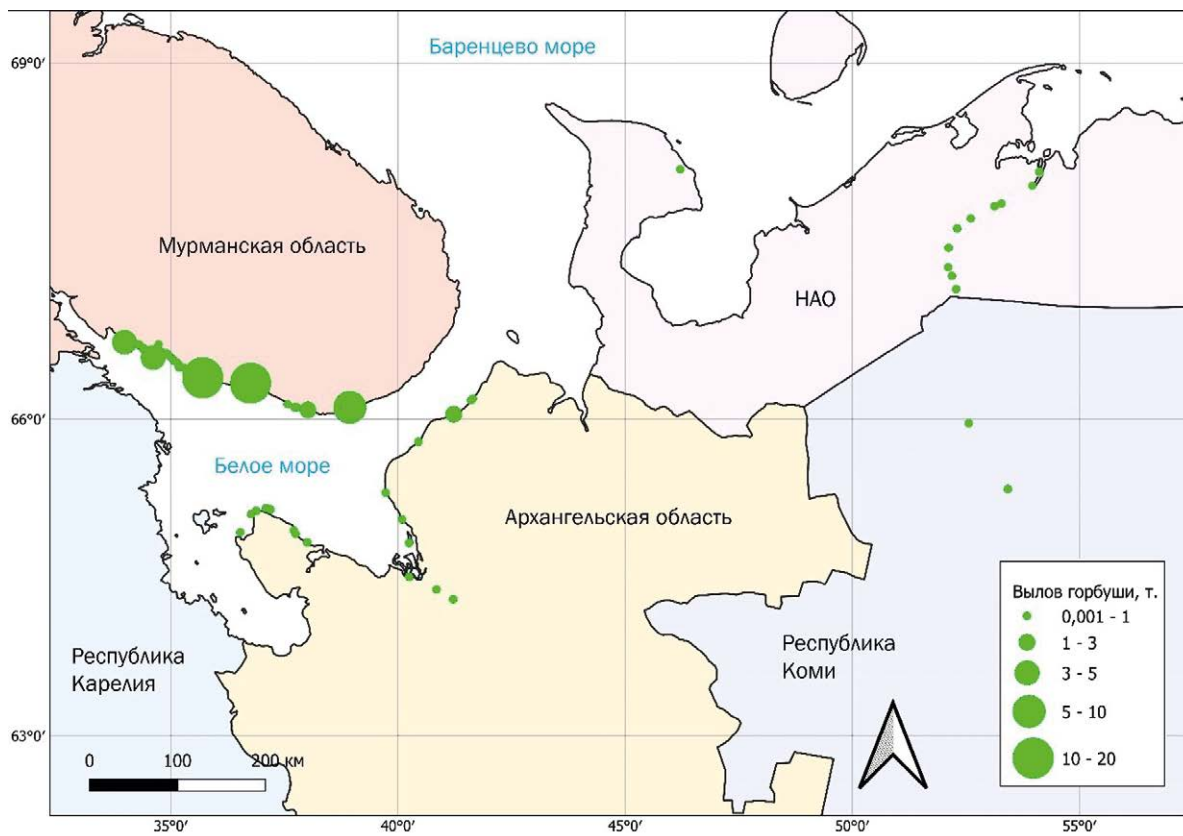


Рис. 3. Карта распределения вылова горбуши в ходе промышленного рыболовства в 2025 г. в Мурманской области, Архангельской области, Ненецком автономном округе (НАО) и Республике Коми

Fig. 3. Map of pink salmon catch distribution during commercial fishing in 2025 in Murmansk Oblast, Arkhangelsk Oblast, the Nenets Autonomous Okrug (NAO), and the Komi Republic

никами Полярного филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО») наблюдения на р. Умба Мурманской области в период с 16 по 30 мая 2024 г. показали, что скат молоди горбуши начался во второй декаде мая, а пик пришёлся на середину третьей декады мая. Всего было поймано 72 экз. молоди горбуши, из них 62 экз. – с 23 по 26 мая. Температура воды в р. Умба варьировала от 3,0 до 6,0 °С.

Пороговым значением ТПО в прибрежье, ниже которого условия среды неблагоприятно сказываются на выживаемости молоди считается 3,5 °С [Зубченко и др., 2025]. В Охотском море (нативный ареал) молодь избегает зон как с пониженной (менее 3 °С), так и с повышенной (более 17–18 °С) ТПО, а оптимальными для всех видов рыб считаются значения от 8 до 12 °С [Каев, Чухахин, 2002]. ТПО в Белом море в середине мая – начале июня 2024 г. была неблагоприятная и в прибрежных водах Кольского полуострова находилась в пределах 0–2 °С (рис. 4). Также по ситуации на 15 мая 2024 г. часть поверхности Белого

моря была занята льдом, однако уже к 1 июня практически полностью от него освободилась (рис. 5). Тогда как оптимум ТПО в Белом море был достигнут только к 15 июня на всём протяжении береговой линии, кроме Горла, куда выходит, например, устье р. Поной. Там, несмотря на мелководность, к 15 июня ТПО поднялась только до 4 градусов (рис. 4). Немногим более благоприятная картина наблюдалась и 1 июля – за счёт поверхностного стока прогрелось только само Белое море, где в мелководных заливах ТПО превысило 16 °С (рис. 4). Таким образом, горбуша, скатившаяся во второй декаде мая, могла длительное время испытывать на себе негативное воздействие низкой температуры воды.

Промысел в других частях ареала

Европейская горбуша широко распространилась не только по Белому и Баренцевому морю, но также отмечена в странах Скандинавии и Северной Атлантики. Небольшие или единичные подходы на нерест ранее от-

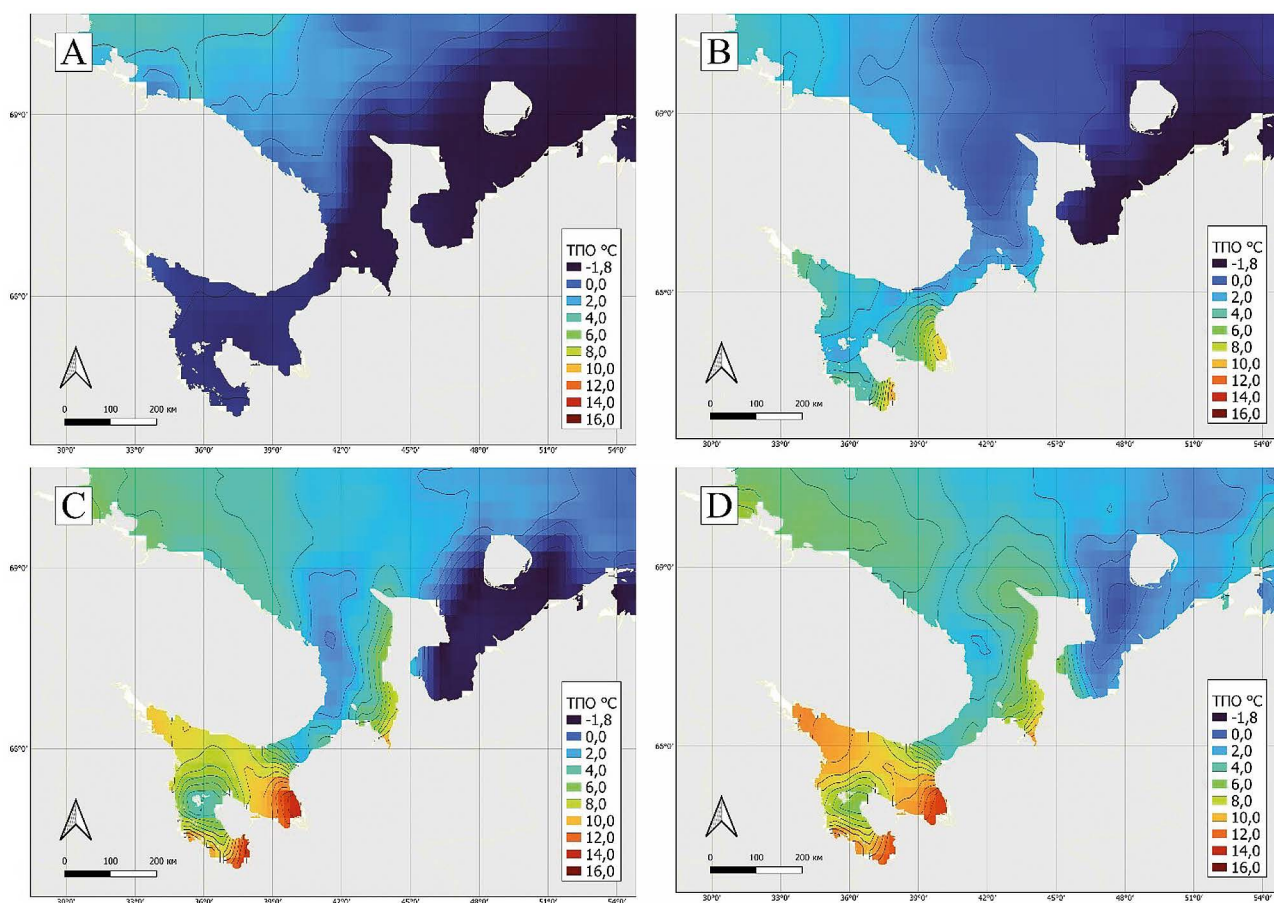


Рис. 4. Температура поверхности моря в пределах от –2 до 16 °С в Белом море в период ската молоди горбуши в 2024 г., А – 15 мая, В – 1 июня, С – 15 июня, D – 1 июля (данные NOAA)

Fig. 4. Sea surface temperature ranging from –2 to 16 °С in the White Sea during the period of pink salmon juvenile downstream migration in 2024, A – May 15, B – June 1, C – June 15, D – July 1 (NOAA data)

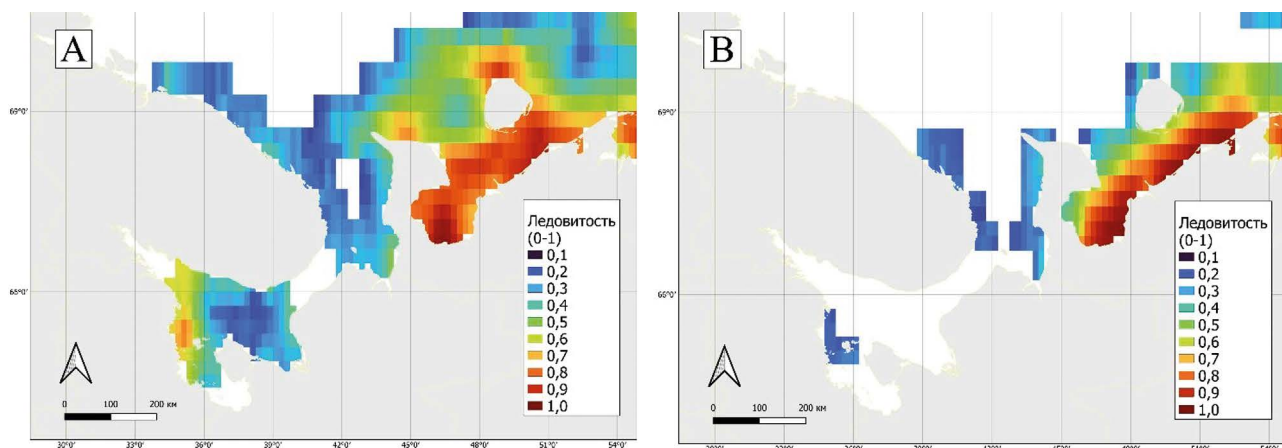


Рис. 5. Ледовитость Белого моря в период ската молоди горбуши в 2024 г. (от 0 до 1), А – 15 мая, В – 1 июня (данные NOAA)
Fig. 5. Ice coverage of the White Sea during the period of pink salmon juvenile downstream migration in 2024 (ranging from 0 to 1), A – May 15, B – June 1 (NOAA data)

мечались в Финляндии, в верхнем и среднем течении рек, протекающих через Норвегию и впадающих в Баренцево море [Sandlund et al., 2019]. Из прибалтийских стран хорошо задокументирована встречаемость горбуши в Швеции. На западном побережье Швеции до 2021 г. наблюдались только единичные поимки, однако в 2021 г. (максимальный вылов в России, см. рис. 1) наблюдался заметный рост численности – 70 особей горбуши были отмечены в шести реках шведского побережья проливов Каттегат и Скагеррак [Staveley, Ahlbeck, 2022]. Однако во время нереста следующего урожайного поколения 2023 года при помощи метода экологической ДНК (eDNA) из 11 рек, в которых отбирали пробы, присутствие горбуши было отмечено только в одной, у самого входа в Балтийское море [Staveley et al., 2025 a]. В Дании зарегистрированы только единичные поимки [ICES, 2024], также как и на Фарерских островах [Eliassen, Johannesen, 2021]. В Исландии в 2022 году у побережья отмечены смолты горбуши, что говорит не только о подходах на нерест, но и о выживании икры в исландских реках [Skóra et al., 2024]. В Гренландии успешного нереста горбуши пока не зафиксировано, однако имеются многочисленные свидетельства её присутствия, как в прибрежных водах, так и в реках [Nielsen et al., 2020; Nielsen et al., 2024]. По данным Рабочей группы по горбуше Северного полушария Northern Hemisphere Pink Salmon Expert Group – 2023⁴, на атлантическом побережье Канады отмечаются отдельные особи, а анализ проб eDNA достоверно показал наличие в реках горбуши европейского происхождения.

⁴ Northern Hemisphere Pink Salmon Expert Group. 2023. A review of pink salmon in the Pacific, Arctic, and Atlantic oceans. NPAFC Technical Reports. № 21. 58 p. <https://nasco.int/a-review-of-pink-salmon-in-the-pacific-artic-and-atlantic-oceans/> 20.04.2026.

С 2017 года вопросы, связанные с организацией промысла и управлением запасов горбуши попали в сферу интереса Организации по сохранению атлантического лосося в Северной Атлантике (далее – НАСКО⁵). По некоторым оценкам в период с 2017 по 2023 гг. в странах Скандинавии и Северной Атлантики было зарегистрировано более 800 тысяч особей горбуши, подошедшей на нерест [Staveley et al., 2025 b]. При этом динамика подходов (рис. 6) имеет чёткую восходящую тенденцию во всех странах, кроме Фарерских островов, Дании и Швеции. Роста числа особей на Фарерах не наблюдается, видимо в силу ограниченности мест для нереста, а в двух других странах – из-за слишком большой ТПО в период миграций.

В связи со значительным увеличением численности горбуши в Северной Атлантике, и особенно в Норвегии (рис. 6), НАСКО выпустило заявление, в котором отметило необходимость сотрудничества всех стран-членов в целях минимизации неблагоприятного воздействия горбуши на дикого атлантического лосося и принятия мер по контролю за её распространением⁶. В Норвегии применяются наиболее жёсткие меры по ограничению анадромной миграции горбуши. Основные нерестовые реки перегораживают в ходе так называемых природоохранных мероприятий, а горбуша вываливается на берег и тем или иным способом уничтожается. По данным государственной статистики (Statistisk

⁵ North Atlantic Salmon Conservation Organization, NASCO - <https://nasco.int>. 20.04.2026.

⁶ NASCO. 2024. Report of the Meeting of the Working Group on Pink Salmon. CNL(24)21. https://nasco.int/wp-content/uploads/2024/05/CNL2421_Report-of-the-Meeting-of-the-Working-Group-on-Pink-Salmon.pdf 20.04.2026

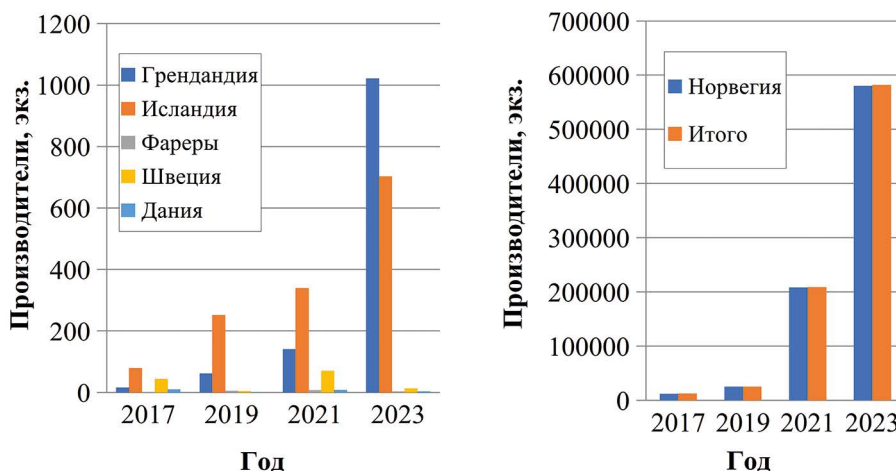


Рис. 6. Количество особей горбуши, отмеченных в Гренландии, Исландии, Фарерах, Швеции и Дании (сверху), и отмеченных в Норвегии и всего в странах Северной Атлантики (снизу) в период 2017–2023 гг. (по данным [Staveley et al., 2025b])

Fig. 6. Number of pink salmon specimens recorded in Greenland, Iceland, the Faroe Islands, Sweden, and Denmark (left), and recorded in Norway and in total across the North Atlantic countries (right) during the period 2017–2023 (according to [Staveley et al., 2025b])

sentralbyrå – Statistics Norway⁷), в 2025 году в Норвегии в прибрежных водах было выловлено 10092 особи горбуши общим весом 19604 кг, что значительно меньше исторического максимума 2021 года – 98 770 особи общей массой 183427 кг [Staveley et al., 2025 b]. Однако это только официальный зарегистрированный вылов в море. По разным оценкам более 150 тыс. особей горбуши были изъяты в устьях рек в ходе природоохранных мероприятий, нацеленных на недопущение нереста. На заседании Рабочей группы НАСКО по горбуше в марте 2026 года⁸ была озвучена цифра в 161 тыс. экземпляров, изъятых в ходе природоохранных мероприятий, и ещё более 15 тыс. особей, выловленных рыбаками-любителями при помощи удебных орудий лова. Несложно посчитать, что суммарный вылов горбуши в Норвегии как в море, так и в реках, даже по минимальным оценкам мог бы превысить 300 тонн при полном изъятии.

Таким образом, как в Норвегии, так и в России наблюдается спад подходов на нерест в череду нечётных урожайных поколений – численность подхода с 580 тыс. особей в 2023 году (рис. 8 [Staveley et al., 2025 b]) снизилась до порядка 160–186 тыс. особей в 2025 году, что в весовом выражении все равно более чем в 4 раза больше суммарного вылова в России (табл. 1). При этом на величину подходов в Норвегии в 2025 году совершенно точно оказали влияние при-

родоохранные мероприятия по борьбе с нерестом горбуши в 2023 году, когда было изъято 250 тыс. особей⁸.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Промысел горбуши в 2025 г. в регионах европейской части России закончился с низкими показателями уловов как относительно путины 2021 г., наиболее успешной с начала века, так и значительно более скромных уловов 2023 г. По-видимому, высокая смертность на разных этапах жизненного цикла, которую по существующим данным не представляется возможным оценить, стала причиной того, что суммарный улов европейской горбуши в России составил около 9% от прогнозной величины. Как и ранее, основная часть улова пришлась на северное побережье Белого моря (Мурманская область). Обильные подходы на нерест в реки Норвегии в 2023 и 2025 гг. позволяют предположить, что состояние пищевой базы горбуши во время нагула не является причиной падения численности в российских водах. На слабую выживаемость горбуши оказывают влияние условия после ската в период смолтификации – температура менее 3,5 °С и косвенно – наличие льда. Также нельзя исключать воздействие норвежского морского промысла на численность горбуши, огибающей северной побережье Норвегии в ходе миграции к местам нереста в российских реках.

Благодарности

Авторы благодарят д.б.н. Кловач Н.В., д.г.н. Кровнина А.С. (ВНИРО), С.В. Прусова (Полярный филиал ВНИРО) за критические замечания и ценные советы.

⁷ <https://www.ssb.no/en/jord-skog-jakt-og-fiskeri/fiske-og-fangst/statistikk/sjofiske-etter-laks-og-sjoaure> 20.04.2026

⁸ NASCO Pink Salmon Working Group Meeting, 2026 <https://nasco.int/event/pink-salmon-working-group-meeting/> 20.04.2026

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках госзадания ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Богданов В.Д., Кижеватов Я.А. 2007. Горбуша в водоёмах и водотоках Ямало-Ненецкого автономного округа // Науч. вестн. Ямало-Ненецкого автоном. округа. № 6–2. С. 3–4.
- Богданов В.Д., Кижеватов Я.А. 2015. Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*, Walbaum, 1792) – новый вид водных биологических ресурсов в Ямало-Ненецком автономном округе // Вестник АГТУ. № 3. С. 7–14.
- Веселов А. Е., Павлов Д. С., Барышев И. А., Ефремов Д. А., Потуткин А. Г., Ручьев М. А. 2016. Полиморфизм покатной молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в реке Индера (Кольский полуостров) // Вопросы ихтиологии. № 56(5). С. 571–576. DOI: 10.7868/S0042875216040196
- Глубоковский М. К., Марченко С. Л., Темных О. С., Шевляков Е. А. 2017. Методические рекомендации по исследованиям тихоокеанских лососей. М.: Изд-во ВНИРО. 80 с.
- Гордеев И. И., Кловач Н. В. 2019. Вольный лосось: трудности прогнозирования уловов тихоокеанских лососей // Природа. № 3(1243). С. 22–27. DOI: 10.7868/S0032874X19030049
- Гордеев И. И., Прусов С. В., Торцев А. М., Боркичев В. С., Беляев В. А. 2023. Европейская горбуша – угроза или преимущество? // Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития. Мат. 1-й Межд. науч.-практ. конф. Москва, 28–29 марта 2023 г., М.: ВНИРО. С. 108–114.
- Гордеев И. И., Ткаченко А. В., Торцев А. М., Студёнов И. И., Генрих Э. А., Канзепарова А. Н., Беляев В. А. 2024. Промысел горбуши в Европейской части России: итоги путины 2023 года // Бюл. № 18 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. С. 123–131. DOI: 10.26428/losos_bull18-2024-123-131
- Гриценко О. Ф., Котляр А. Н., Котенёв Б. Н. 2006. Промысловые рыбы России. Т. 2. М.: ВНИРО. 655 с.
- Дягилев С. Е., Маркевич Н. Б. 1979. Разновременность созревания горбуши чётных и нечётных лет как основной фактор, определивший различные результаты её акклиматизации на севере европейской части СССР // Вопросы ихтиологии. Т. 19. № 2. С. 230–245.
- Зубченко А. В., Алексеев М. Ю., Ткаченко А. В. 2025. Распространение, динамика уловов, условия формирования запасов и значение горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) (Salmoniformes, Salmonidae) как объекта рыболовства на европейском севере России // Russian Journal of Biological Invasions. V. 17. № 1. P. 29–45. DOI: 10.35885/1996-1499-18-4-54-73
- Каев А. М., Чулахин В. М. 2002. Ранний морской период жизни горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *Oncorhynchus keta* о. Итуруп // Труды СахНИРО. Т. 4. С. 116–132.
- Салменкова Е. А. 2016. Механизмы хоминга лососевых рыб // Успехи современной биологии. Т. 136. В. 6. С. 593–607.
- Таранец А. Я. 1939. Исследования нерестилиц кеты и горбуши в р. Иски // Рыбной хозяйство. № 12. С. 14–18.
- Торцев А. М., Студёнов И. И. 2022. Нерест горбуши в низовьях р. Мезень // Мат. IV Всерос. науч.-практ. конф. «Аграрная наука на Севере – сельскому хозяйству». г. Сыктывкар: 8 февраля 2022 года, с. 177–181.
- Яковенко М. Я. 1995. Горбуша как объект промысла в бассейне Белого моря // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Регион. конф., посвящ. акад. РАН О. А. Скарлато. Кандалакша: ЗИН РАН, С. 35–37.
- Belyaev V. A., Ponomareva E. V., Malyutina A. M., Mel'nikova M. N., Straganov A. N. 2025. On the Origins of the Negative Impact of Invasive Pink Salmon *Oncorhynchus gorbuscha* on Natural Populations of Atlantic Salmon *Salmo salar* (Salmonidae) // Journal of Ichthyology. V. 65. № 1. P. 116–128. DOI: 10.1134/S0032945224700851
- Bjerknes V., Vaag A. B. 1980. Migration and capture of pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum in Finnmark, North Norway // Journal of Fish Biology. V. 16. № 3. P. 291–297. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1980.tb03706.x
- Eliassen K., Johannesen U. V. 2021. The increased occurrence of *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) in the Faroe Islands // BioInvasions Records. V. 10. № 2. P. 390–395. DOI: 10.3391/bir.2021.10.2.17
- ICES. 2024. Working group on North Atlantic Salmon (WGNAS) // ICES Scientific Reports. V. 6. № 36. 415 p. DOI: 10.17895/ices.pub.25730247
- Kirillov P. I., Kirillova E. A., Pavlov D. S. 2018. Patterns of Downstream Migration of Pink Salmon *Oncorhynchus gorbuscha* in the Malaya Khusi River (Sakhalin Oblast) // Journal of Ichthyology. V. 58. P. 889–901. DOI: 10.1134/S0032945218060085
- Klovach N. V., Leman V. N., Gordeev I. I. 2021. The relative importance of enhancement to the production of salmon on Iturup Island (Kuril Islands, Russia) // Reviews in Aquaculture. V. 13. № 1. P. 664–675. DOI: 10.1111/raq.12493
- Nielsen J., Nygaard R., Brandner M., Præbel K. 2024. Occurrence of the invasive pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*, Walbaum 1792) in Greenland 2020 and 2021 as revealed using citizen science, snorkeling, and environmental DNA metabarcoding of fishes in the Kapisillit River // Arctic Science. V. 10. № 3. P. 511–519. DOI: 10.1139/as-2023-0068
- Nielsen J., Rosing-Asvid A., Meire L., Nygaard R. 2020. Widespread occurrence of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*)

- throughout Greenland coastal waters // *Journal of Fish Biology*, V. 96. № 6. P. 1505–1507. DOI: 10.1111/jfb.14318
- Sandlund O. T., Berntsen H. H., Fiske P., Kuusela J., Muladal R., Niemelä E., Uglem I., Forseth T., Mo T. A., Thorstad E. B., Veselov A. E., Vollset K. W., Zubchenko A. V. 2019. Pink salmon in Norway: the reluctant invader // *Biological Invasions*. V. 21. № 4. P. 1033–1054. DOI: 10.1007/s10530-018-1904-z
- Skóra M. E., Guðbergsson G., Copp G. H., Jones J. I. 2024. Evidence of successful recruitment of non-native pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* in Iceland // *Journal of Fish Biology*. V. 104. № 1. P. 329–334. DOI: 10.1111/jfb.15556
- Staveley T. A. B., Ahlbeck Bergendahl I. 2022. Pink salmon distribution in Sweden: The calm before the storm? // *Ecology and Evolution*. V. 12. e9194. DOI: 10.1002/ece3.9194
- Staveley T. A. B., Hellström M., Birgersson V., Hernvall P., Schibli H., Axelsson E. et al., 2025 a. Detection of Non-Native Pink Salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in Swedish Rivers Using eDNA // *Environmental DNA*. V. 7. e70117. DOI: 10.1002/edn3.70117
- Staveley T. A. B., Bergendahl I. A., Bárðarson H., Berntsen H. H., Eliassen K., Erkinaro J., Nygaard R., Sivebæk F., Thorstad E. B. 2025 b. Status and future perspectives of pink salmon in the Nordic region // *Boreal Environment Research*. V. 30. P. 149–162. DOI: 10.60910/ber2025.wt02-y377
- Zelenina D. A., Soshnina V. A., Gordeev I. I., Alekseev M. Y., Zadelenov V. A., Mogue N. S. 2025. The splendour and misery of European pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*: abundant odd lineage vs. depressed even lineage – insights from *cytb* gene analysis // *Diversity*. V. 17. P. 1–15. DOI: 10.3390/d17080563
- Wei H., Copp G. H., Lauridsen R. B., Bašić T., Davison P. I., Murphy J. F., Pretty J. L., Skóra M. E., Zemelka G., Jones J. I. 2026. Non-native pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* carcasses benefit native benthic macroinvertebrates // *Journal of Fish Biology*. DOI: 10.1111/jfb.70352
- Gordeev I. I., Klovach N. V. 2019. Wild salmon: difficulties in forecasting Pacific salmon catches // *Nature*. No. 3(1243). P. 22–27. DOI: 10.7868/S0032874X19030049. (In Russ.).
- Gordeev I. I., Prusov S. V., Tortsev A. M., Borkichev V. S., Belyaev V. A. 2023. European pink salmon – threat or advantage? // *Fishery Complex of Russia: Problems and Development Prospects*. Proc. 1st Int. Sci.-Pract. Conf. Moscow, March 28–29, 2023, Moscow: VNIRO Publish. P. 108–114. (In Russ.).
- Gordeev I. I., Tkachenko A. V., Tortsev A. M., Studenov I. I., Genrikh E. A., Kanzeperova A. N., Belyaev V. A. 2024. Pink salmon fishery in the European part of Russia: results of the 2023 fishing season // *Bull. No. 18 on Pacific Salmon Studies in the Far East*. P. 123–131. DOI: 10.26428/losos_bull18-2024-123-13.1 (In Russ.).
- Gritsenko O. F., Kotlyar A. N., Kotenev B. N. 2006. *Commercial Fishes of Russia*. Vol. 2. Moscow: VNIRO Publish. 655 p. (In Russ.).
- Dyagilev S. E., Markevich N. B. 1979. Asynchrony of maturation of pink salmon in even and odd years as the main factor determining different results of its acclimatization in the north of the European part of the USSR // *Journal of Ichthyology*. V. 19. No. 2. P. 230–245. (In Russ.).
- Zubchenko A. V., Alekseev M. Yu., Tkachenko A. V. 2025. Distribution, catch dynamics, stock formation conditions, and significance of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) (Salmoniformes, Salmonidae) as a fishery target in the European north of Russia // *Russian Journal of Biological Invasions*. V. 17. No. 1. P. 29–45. (In Russ.).
- Kaev A. M., Chupakhin V. M. 2002. Early marine life period of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* and chum salmon *Oncorhynchus keta* of Iturup Island // *Trudy SakhNIRO*. V. 4. P. 116–132. (In Russ.).
- Salmenkova E. A. 2016. Homing mechanisms in salmonid fishes // *Progress in Modern Biology*. V. 136. Iss. 6. P. 593–607. (In Russ.).
- Taranets A. Ya. 1939. Studies of chum and pink salmon spawning grounds in the Iski River // *Fisheries*. No. 12. P. 14–18. (In Russ.).
- Tortsev A. M., Studenov I. I. 2022. Pink salmon spawning in the lower reaches of the Mezen River // *Proc. IV All-Russian Sci.-Pract. Conf. «Agricultural Science in the North – for Agriculture»*. Syktyvkar: February 8, 2022. P. 177–181. (In Russ.).
- Yakovenko M. Ya. 1995. Pink salmon as a commercial species in the White Sea basin // *Problems of Study, Rational Use and Protection of Natural Resources of the White Sea*. Reg. Conf. dedicated to Academician O. A. Scarlato. Kandalaksha: ZIN RAS. P. 35–37. (In Russ.).
- Belyaev V. A., Ponomareva E. V., Malyutina A. M., Mel'nikova M. N., Stroganov A. N. 2025. On the Origins of the Negative Impact of Invasive Pink Salmon *Oncorhynchus gorbuscha* on Natural Populations of Atlantic Salmon *Salmo salar* (Salmonidae) // *Journal of Ichthyology*. V. 65. № 1. P. 116–128. DOI: 10.1134/S0032945224700851
- Bjerknes V., Vaag A. B. 1980. Migration and capture of pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum in Finnmark,

- North Norway // *Journal of Fish Biology*. V. 16. № 3. P. 291–297. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1980.tb03706.x
- Eliassen K., Johannesen U.V. 2021. The increased occurrence of *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) in the Faroe Islands // *BioInvasions Records*. V. 10. № 2. P. 390–395. DOI: 10.3391/bir.2021.10.2.17
- ICES. 2024. Working group on North Atlantic Salmon (WGNAS) // *ICES Scientific Reports*. V. 6. № 36. 415 p. DOI: 10.17895/ices.pub.25730247
- Kirillov P.I., Kirillova E.A., Pavlov D.S. 2018. Patterns of Downstream Migration of Pink Salmon *Oncorhynchus gorbuscha* in the Malaya Khusi River (Sakhalin Oblast) // *Journal of Ichthyology*. V. 58. P. 889–901. DOI: 10.1134/S0032945218060085
- Klovach N.V., Leman V.N., Gordeev I.I. 2021. The relative importance of enhancement to the production of salmon on Iturup Island (Kuril Islands, Russia) // *Reviews in Aquaculture*. V. 13. № 1. P. 664–675. DOI: 10.1111/raq.12493
- Nielsen J., Nygaard R., Brandner M., Præbel K. 2024. Occurrence of the invasive pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*, Walbaum 1792) in Greenland 2020 and 2021 as revealed using citizen science, snorkeling, and environmental DNA metabarcoding of fishes in the Kapisillit River // *Arctic Science*. V. 10. № 3. P. 511–519. DOI: 10.1139/as-2023-0068
- Nielsen J., Rosing-Asvid A., Meire L., Nygaard R. 2020. Widespread occurrence of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) throughout Greenland coastal waters // *Journal of Fish Biology*, V. 96. № 6. P. 1505–1507. DOI: 10.1111/jfb.14318
- Sandlund O.T., Berntsen H.H., Fiske P., Kuusela J., Muladal R., Niemelä E., Uglem I., Forseth T., Mo T.A., Thorstad E.B., Veselov A.E., Vollset K.W., Zubchenko A.V. 2019. Pink salmon in Norway: the reluctant invader // *Biological Invasions*. V. 21. № 4. P. 1033–1054. DOI: 10.1007/s10530-018-1904-z
- Skóra M.E., Guðbergsson G., Copp G.H., Jones J.I. 2024. Evidence of successful recruitment of non-native pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* in Iceland // *Journal of Fish Biology*. V. 104. № 1. P. 329–334. DOI: 10.1111/jfb.15556
- Staveley T.A.B., Ahlbeck Bergendahl I. 2022. Pink salmon distribution in Sweden: The calm before the storm? // *Ecology and Evolution*. V. 12. e9194. DOI: 10.1002/ece3.9194
- Staveley T.A.B., Hellström M., Birgersson V., Hernvall P., Schibli H., Axelsson E. et al. 2025 a. Detection of Non-Native Pink Salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in Swedish Rivers Using eDNA // *Environmental DNA*. V. 7. e70117. DOI: 10.1002/edn3.70117
- Staveley T.A.B., Bergendahl I.A., Bárðarson H., Berntsen H.H., Eliassen K., Erkinaro J., Nygaard R., Sivebæk F., Thorstad E.B. 2025 b. Status and future perspectives of pink salmon in the Nordic region // *Boreal Environment Research*. V. 30. P. 149–162. DOI: 10.60910/ber2025.wt02-y377
- Zelenina D.A., Soshnina V.A., Gordeev I.I., Alekseev M.Y., Zadelenov V.A., Mugue N.S. 2025. The splendour and misery of European pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*: abundant odd lineage vs. depressed even lineage – insights from *cytb* gene analysis // *Diversity*. V. 17. P. 1–15. DOI: 10.3390/d17080563
- Wei H., Copp G.H., Lauridsen R.B., Bašić T., Davison P.I., Murphy J.F., Pretty J.L., Skóra M.E., Zemelka G., Jones J.I. 2026. Non-native pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* carcasses benefit native benthic macroinvertebrates // *Journal of Fish Biology*. DOI: 10.1111/jfb.70352

Поступила в редакцию 09. 04.2026 г.
Принята после рецензий 20.04.2026 г.



УДК 639.337:597.5

Аквакультура

Картина крови и иммунный ответ в условиях транспортировки при высокой плотности у карпа обыкновенного

Г. И. Пронина, А. А. Кандыбин, В. Д. Чан, Э. В. Бубунец

Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»), ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434

E-mail: gidrobiont4@yandex.ru

SPIN-код: Г.И. Пронина – 6162–9922; А.А. Кандыбин – 7013–9733; В.Д. Чан – 4558–6194; Э.В. Бубунец – 1182–1890.

Цель работы: оценить влияние стресса при транспортировке с высокой плотностью посадки на физиологическое состояние и гематологические параметры годовиков карпа (*Cyprinus carpio*).

Материалы и методы: эксперимент проведён на двух группах рыб (средняя масса $77,4 \pm 27,7$ г), транспортируемых в герметичных пакетах в течение 24 ч. Контрольная группа перевозилась с плотностью 175 г/л без кондиционера, опытная – с плотностью 368 г/л с добавлением промышленного водного кондиционера (1,25 мл/л). Кровь для анализа отбирали из хвостовой вены трижды: за неделю до эксперимента, сразу после транспортировки и через 6 часов восстановления. Определяли лейкоцитарную формулу, эритрограмму, индекс СПК (суммарный показатель клеток) и морфометрию эритроцитов методом световой микроскопии окрашенных мазков.

Новизна: впервые показано, что применение специализированного водного кондиционера позволяет безопасно увеличить плотность посадки карпа при транспортировке более чем в 2 раза (до 368 г/л), минимизируя стресс-индуцированные изменения гематологических показателей по сравнению со стандартным режимом.

Результаты: транспортировка вызвала острый стрессовый отклик в обеих группах: увеличение доли нейтрофилов и снижение доли лимфоцитов. Однако в опытной группе с кондиционером эти изменения были достоверно менее выражены (снижение лимфоцитов до 81,0% против 70,0% в контроле). Через 6 часов после транспортировки гематологические показатели рыб опытной группы восстановились до исходного уровня быстрее и полнее, чем в контрольной группе.

Практическая значимость: полученные данные доказывают эффективность использования водных кондиционеров для увеличения плотности посадки карпа при транспортировке без ущерба для его физиологического состояния. Выявленные гематологические маркеры (соотношение нейтрофилы/лимфоциты, индекс СПК) могут использоваться для оперативной оценки уровня стресса у рыб, что позволит оптимизировать логистику в аквакультуре и снизить экономические потери.

Ключевые слова: транспортировка, стресс, карп *Cyprinus carpio*, клетки крови, фагоцитарная активность, плотность посадки рыб, промышленный водный кондиционер.

Blood picture and immune response under high-density transport conditions in common carp

Galina I. Pronina, Anton A. Kandybin., Dat V. Tran, Eduard V. Bubunets

Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy («RSAU Timiryazev AA»), 49, Timiryazevskay St., Moscow, 127434, Russia

The aim of the work was to evaluate the effect of stress during transportation with high planting density on the physiological state and hematological parameters of yearling carp (*Cyprinus carpio*).

Methods: the experiment was conducted on two groups of fish (average weight $77,4 \pm 27,7$ g) transported in sealed bags for 24 hours. The control group was transported with a density of 175 g/l without air conditioning, the experimental group with a density of 368 g/l with the addition of an industrial water conditioner (1,25 ml/l). Blood was taken from the tail vein three times for analysis: one week before the experiment, immediately after transportation, and after 6 hours of recovery. The leukocyte formula, erythrogram, SPK index (total cell count) and morphometry of erythrocytes were determined by light microscopy of stained smears.

Novelty: it has been shown for the first time that the use of a specialized water conditioner makes it possible to safely increase the density of carp planting during transportation by more than 2 times (up to 368 g/l), minimizing stress-induced changes in hematological parameters compared to the standard regime.

Results: transportation caused an acute stress response in both groups: an increase in the proportion of neutrophils and a decrease in the proportion of lymphocytes. However, in the experimental group with air conditioning, these changes were significantly less pronounced (a decrease in lymphocytes to 81,0% versus 70,0% in the control). 6 hours after transportation, the hematological parameters of the fish in the experimental group recovered to their initial level faster and more completely than in the control group.

Practical significance: the data obtained proves the effectiveness of using water conditioners to increase carp stocking density during transportation without compromising their physiological condition. The identified hematological markers (neutrophil/lymphocyte ratio, SPK index) can be used for rapid assessment of stress levels in fish, which will optimize logistics in aquaculture and reduce economic losses.

Keywords: transportation, stress, common carp *Cyprinus carpio*, blood cells, phagocytic activity, fish stocking density, industrial water conditioner.

ВВЕДЕНИЕ

Транспортировка живой рыбы представляет собой ключевой этап в аквакультуре, от которого напрямую зависит экономическая эффективность всего производства, от выращивания до продажи [Luz, Favero, 2024]. Это особенно важно для таких ценных видов, как карп (*Cyprinus carpio* (L. 1758)) – одна из самых распространённых в мире и в России пород рыб для товарного разведения [Пищенко, Морузи, 2022]. Для оптимизации затрат транспортировка рыбопосадочного материала (мальков) часто осуществляется при высокой плотности посадки, что приводит к дефициту кислорода и накоплению отходов жизнедеятельности, вызывая у рыб стресс. Это, в свою очередь, негативно сказывается на их здоровье, выживаемости и повышает риск заболеваний [Gomes et al., 2003].

Гематологические исследования служат информативным методом оценки физиологического состояния рыб, позволяя выявлять адаптационные изменения в ответ на условия окружающей среды. Они предоставляют информацию о кислородтранспортной способности, состоянии иммунной системы, реакции на стресс, клеточной и генетической токсичности. Это позволяет ихтиопатологам и специалистам по аквакультуре своевременно принимать меры для корректировки условий содержания или лечения рыб, что может предотвратить развитие более серьёзных заболеваний и минимизировать риск потерь [Burgos-Aceves et al., 2019; Witeska et al., 2022].

Цель исследования: оценка влияние стресса при транспортировке с высокой плотностью посадки на физиологическое состояние и гематологические параметры годовиков карпа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлись годовики чешуйчатого карпа средней массой $77,4 \pm 27,7$ г. Все особи были получены из единого потомства и до момента эксперимента содержались совместно в одном аквариуме объёмом 500 л при естественном фотопериоде. Кормление осуществлялось ежедневно стандартным комбикормом, который был исклю-

чён за 24 часа до транспортировки для опорожнения желудочно-кишечного тракта.

Непосредственно перед упаковкой рыба была случайным образом распределена по двум экспериментальным группам. Контрольная группа транспортировалась при плотности посадки 175 г/л, что соответствует верхней границе нормативных рекомендаций [Орлов и др., 1974]; в воду данной группы химические добавки не вносились. В экспериментальной группе плотность посадки была в 2,1 раза выше и составляла 368 г/л, при этом в транспортную среду добавлялся промышленный кондиционер в дозировке 1,25 мл/л для снижения концентрации аммиака и нитритов. Данный кондиционер Sera Toxivec (ранее обозначавшийся в публикациях авторов как препарат N1), который связывает ионы аммиака и нитритов, снижает токсичность метаболитов, стабилизирует pH и поддерживает кислородный режим, что позволяет увеличивать допустимую плотность посадки рыб [Кандыбин, Бубунец, 2025].

Всего в эксперименте использовали 6 транспортных пакетов (объёмом 8 л): по 3 пакета на каждую группу. В пакетах контрольной группы содержалось по 3 особи (общая численность 9 рыб), в пакетах опытной группы – по 4 особи (общая численность 12 рыб). Таким образом, экспериментальной единицей (повторностью) служил транспортный пакет.

Рыбу перевозили в салоне легкового автомобиля по кольцевому маршруту в пределах Москвы и Московской области (общая протяжённость 240 км). Начальной и конечной точкой маршрута являлась аквариальная лаборатория, расположенная по адресу: 127550, г. Москва, ул. Пасечная, д. 2 (учебный корпус № 4), ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Выбор легкового автомобиля обусловлен необходимостью стандартизировать условия вибрации, характерные для малых форм перевозки рыб, исключив влияние авиационного фактора (перепады давления) и промышленного рефрижераторного транспорта.

Эксперимент был проведён в феврале 2025 г. Рыбу перевозили в полиэтиленовых пакетах объёмом 8 л с соотношением воды и кислорода 1:2, гер-

метично закрытых и размещённых в термоконтейнерах. Длительность транспортировки составляла 24 часа. Поддержание температуры на стабильном уровне $20,0 \pm 1,0$ °C в зимний период достигалось за счёт предварительной акклимации рыб (7 суток при 20 °C) и размещения контейнеров в отопляемом салоне автомобиля (19–21 °C). Для объективной регистрации температурного режима в контрольных пакетах были размещены цифровые термометры с выносными датчиками; периодические замеры подтвердили, что отклонения температуры воды не превышали $\pm 1,0$ °C от исходного значения. После транспортировки адаптация к условиям аквариума осуществлялась постепенной частичной заменой воды каждые 15 минут, с полным переводом в отдельные аквариумы через 90 минут. Рыб взвешивали на весах «Лидер ВЭУ-6–1/2». Контроль водной среды включал измерение температуры, pH, концентрации растворённого кислорода, аммиака, углекислого газа, жёсткости и других гидрохимических показателей воды с использованием цифрового pH-метра Kelilong PH-009i, термооксиметра «САМАРА 2» и капельных тестов «НИЛПА». Для оценки гематологических показателей кровь у рыб брали из хвостовой вены прижизненно с помощью стерильного шприца, содержащего антикоагулянт гепарин. Фоновые пробы крови брали за неделю до начала эксперимента, а морфометрические измерения проводили непосредственно перед упаковкой рыб в транспортные пакеты, после завершения 24-часовой голодной выдержки, но до разделения особей на экспериментальные группы. Эксперимент проводили в три этапа: первый – непосредственно перед упаковкой (фон); второй – сразу после вскрытия пакетов (после 24 часов транспортировки); третий – через 6 часов после вскрытия пакетов (когда рыбы были возвращены в аквариумы). Отбор крови осуществляли у всех рыб прижизненно на каждом из трёх этапов, что позволило проследить индивидуальную динамику.

Мазки крови окрашивали по методу Паппенгейма в соответствии с методикой, описанной Г.И. Прониной и Н.Ю. Корягиной [2017]. Эритрограмму и лейкоцитарную формулу определяли методом дифференциального подсчёта на микроскопе МИКРОМЕД при увеличении 10×100 с подключённой камерой (TourCam 9.0 MP, Китай), соединённой с компьютером через программное обеспечение TourView. В каждой экспериментальной группе размер клеток и ядер эритроцитов измеряли с помощью программы ImageJ (версия 1.54g, США), чтобы оценить, происходили ли изменения в размере эритроцитов до, во время и после эксперимента.

Фагоцитарная активность оценивалась цитохимическим методом с бромфеноловым синим. Расчёт проводился по формуле:

$$\text{СЦК} = (0 \times \text{H}_0 + 1 \times \text{H}_1 + 2 \times \text{H}_2 + 3 \times \text{H}_3) / 100,$$

где H_0 , H_1 , H_2 , H_3 – количество нейтрофилов, соответствующее каждому уровню классификации: 0 – гранулы катионного белка отсутствуют; 1 – выявляются единичные гранулы; 2 – гранулы занимают примерно 1/3 цитоплазмы; 3 – гранулы занимают 1/2 цитоплазмы и более.

Данные, полученные в ходе эксперимента, подвергались статистической обработке с использованием программы Microsoft Excel и пакета программ SPSS 20. Для минимизации влияния индивидуальной изменчивости на фоне ограниченного объёма выборки ($n=3-4$ на группу в каждой временной точке) была проведена гомогенизация подвыборок по массе тела (коэффициент вариации $<10\%$), что позволило нивелировать влияние аллометрических факторов на гематологические параметры. Все данные прошли проверку на нормальность распределения (критерий Шапиро-Уилка). Для оценки достоверности межгрупповых различий использовались непараметрические критерии: для независимых выборок – U-критерий Манна-Уитни, для связанных (динамика в группе) – критерий Фридмана. Для верификации устойчивости результатов проведено сопоставление с параметрическими тестами. Результаты представлены в виде среднего значения \pm стандартное отклонение (Mean \pm SD). Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные о качестве воды для контрольной и экспериментальной групп представлены в табл. 1. В аквариумах до и после эксперимента гидрохимические показатели оставались стабильными и находились в диапазоне, допустимом для содержания карпа, различий между временными точками не наблюдалось. В период транспортировки концентрации аммиака и нитритов в экспериментальной группе с добавлением кондиционера были значительно ниже, чем в контрольной группе без кондиционера. При этом уровень растворённого кислорода (O_2) в экспериментальной группе составил 13,5 мг/л, что ниже, чем в контрольной группе (16,5 мг/л).

Снижение концентрации O_2 в экспериментальной группе объясняется повышенной метаболической и дыхательной активностью рыб при высокой плотности посадки, что связано с применением кондиционера для воды. Использование кондиционера сни-

Таблица 1. Динамика гидрохимических показателей воды в условиях суточной транспортировки в ходе эксперимента карпа**Table 1.** Dynamics of hydrochemical parameters of water in conditions of daily transportation during the experiment of carp

Показатели	До транспортировки		Сразу после транспортировки		Через 6 часов после транспортировки	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Температура воды	20 °С	20 °С	20 °С	20 °С	20 °С	20 °С
O ₂ , мг/л	6,1	6,1	16,5	13,5	6,2	6,2
pH, ед.	7,7	7,7	6,34	6,35	7,7	7,8
CO ₂ , мг/л	3,8	3,8	100	85–87	3,8	3,8
NH ₃ , мг/л	0,036	0,036	0,014	0,006–0,014	0,036	0,036
NH ₄ ⁺ , мг/л	2,0	2,0	2,0	1,0–2,0	2,0	2,0
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,3	0,3	0,2	0,01	0,3	0,3
NO ₃ ⁻ , мг/л	10	10	6	2–3	10	10

жало ингибирующее действие аммиака и нитритов на газообмен, обеспечивая повышенную дыхательную активность рыб при высокой биомассе и ускоренное потребление растворённого кислорода [Кандыбин, Бубунец, 2025].

Параметры размера эритроцитов, соотношения эритроцитов и лейкоцитарная формула в три момента времени: до транспортировки, сразу после транспортировки и через 6 часов восстановления у контрольной группы (Контроль) и экспериментальной группы (Опыт) у карпа также были описаны (см. табл. 2).

Результаты показали, что в тот же момент времени не было статистически значимых различий ($p > 0,05$) в размере эритроцитов между двумя группами на протяжении всех трёх экспериментальных фаз: длина эритроцитов варьировалась от 13,4 до 13,8 мкм, а ширина – от 7,5 до 8,1 мкм. Стоит отметить, что непосредственно после транспортировки площадь эритроцитов в обеих группах незначительно увеличилась по сравнению с периодом до транспортировки, однако эта разница не была статистически значимой.

В эритроцитарном профиле зрелые эритроциты постоянно сохраняли более высокую долю во всех трёх временных точках (колебалась от 85,7% до 91,4% в обеих группах), но доля молодых эритроцитов незначительно снизилась сразу после транспортировки и имела тенденцию к увеличению через 6 часов. Особенно в группе Опыт наблюдался наибольший процент увеличения (11%), и показатели вернулись к уровню до эксперимента. Постоянное присутствие незрелых эритроцитов в крови карпа до, сразу после транспортировки и через 6 часов адаптации свидетельствует об очень активном процессе кроветворения у карпа, вызванным снижением кислорода в водной среде. Данный факт показывает, что карп способен хорошо восстанавливается после транспортировки.

Наиболее чёткое различие между двумя группами проявилось в лейкоцитарной формуле. Сразу после транспортировки обе группы – и контрольная, и экспериментальная – продемонстрировали реакцию на острый транспортный стресс: наблюдалось увеличение доли нейтрофилов и снижение доли лимфоцитов по сравнению с моментом до транспортировки.

Транспортировка вызвала у рыб обеих групп резкое увеличение бластных форм лейкоцитов, однако в контроле данный процесс был выражен сильнее. Такая активация лейкопоза вероятно обусловлена увеличением содержания токсичных азотсодержащих веществ в воде. Через 6 часов миелобластов в обеих группах не обнаружено. Доля промиелоцитов снизилась практически до исходных значений. Всплеск увеличения процента миелоцитов отмечен только в контрольной группе сразу после транспортировки. Через 6 часов восстановления этих клеток в крови рыб обеих групп не обнаружено.

Значительно увеличилась доля незрелых палочкоядерных нейтрофилов: до 8% после транспортировки и 6,7% через 6 часов. Количество сегментоядерных нейтрофилов достоверно увеличивается в крови рыб обеих групп, через 6 часов в опытной группе значения снижаются почти вдвое. Транспортный стресс вызвал увеличение процента моноцитов сразу после транспортировки в обеих группах. Через 6 часов восстанавливаются первоначальные значения. Соответственно, доля лимфоцитов в крови рыб после транспортировки уменьшается, причем в контрольной группе значительно. Через 6 часов наблюдается восстановление исходных значений.

Контрольная группа показала наиболее выраженную реакцию на острый стресс: доля лимфоцитов резко снизилась (с первоначальных 95,7% до 70,0%), в то время как гранулоцитарные линии, особенно

Таблица 2. Динамика размерно-весовых и гематологические показатели карпа в условиях суточной транспортировки
Table 2. Dynamics of size, weight and hematological parameters of carp in conditions of daily transportation

Показатели	До транспортировки		Сразу после транспортировки		Через 6 часов после транспортировки	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
	а	б	в	г	д	е
Размерно-весовые характеристики						
Ихтиомасса, г	179,4	380,4	173,7	366,0	172,8	365,6
Масса тела, г	59,8±5,3	95,1±29,5	57,9±5,1	91,5±28,4	57,6±5,1	91,4±28,3
Длина тела, см	14,4±0,4	16,7±1,8	14,4±0,4	16,7±1,8	14,4±0,4	16,7±1,8
Размеры эритроцитов						
Длина эритроцита	13,5±0,7 ^{аб}	13,5±0,9 ^{аб}	13,8±0,9 ^а	13,7±0,8 ^{аб}	13,7±0,9 ^{аб}	13,4±0,6 ^б
Ширина эритроцита	7,7±0,6 ^а	7,5±0,6 ^а	8,0±0,4 ^б	8,0±0,6 ^б	8,1±0,5 ^б	8,0±0,4 ^б
Длина ядра	5,0±0,4 ^а	5,0±0,5 ^а	5,2±0,5 ^а	5,2±0,5 ^а	5,2±0,4 ^а	5,2±0,4 ^а
Ширина ядра	3,1±0,4 ^а	3,0±0,4 ^а	2,8±0,3 ^б	3,1±0,3 ^а	3,0±0,3 ^а	2,9±0,2 ^а
Площадь эритроцита	81,8±4,7 ^{аб}	81,2±5,1 ^б	85,5±4,7 ^в	84,6±6,6 ^{абв}	84,8±7,9 ^{абв}	82,1±5,5 ^{аб}
Площадь ядра	12,5±3,0 ^а	12,0±2,1 ^а	12,3±1,6 ^а	12,9±1,2 ^а	12,8±1,4 ^а	12,4±1,3 ^а
Эритрограмма, %						
Гемоцитобласты, эритробласты	0,2±0,2	0,3±0,4	1,5±1,1	1,0±0,7	-	-
Базофильные нормобласты	1,0±0,7	1,7±0,4	1,6±0,4	0,3±0,4	1,0±1,2	3,3±2,0
Полихроматофильные нормобласты	7,7±5,1	10,3±1,5	5,7±2,9	7,3±2,9	7,8±0,7	11,0±2,5
Зрелые эритроциты	91,1±5,1	87,7±1,1	91,2±2,8	91,4±3,9	91,2±0,9	85,7±3,6
Лейкоцитарная формула, %						
Миелобласты	0,3±0,4	0,3±0,4	2,0±1,2 ^{аб}	1,7±0,8	-	-
Промиелоциты	0,3±0,4	-	2,3±0,4 ^{аб}	1,3±0,8	0,7±0,86 ^в	0,7±0,86 ^в
Миелоциты	0,7±0,4	0,3±0,4	3,7±1,1	-	1,3±1,1	-
Метамиелоциты	-	-	1,7±1,5	0,7±0,4	-	2,3±1,5
Палочкоядерные нейтрофилы	0,3±0,4	-	8,0±1,4 ^{аб}	3,0±1,4 ^{абв}	6,7±1,1 ^{абг}	0,7±0,46 ^{вгд}
Сегментоядерные нейтрофилы	0,7±0,4	1,0±0,7	6,3±1,5 ^{аб}	6,7±0,8 ^{аб}	6,3±1,3 ^{аб}	3,7±1,1 ^а
Эозинофилы	1,0±1,2	0,3±0,4	2,3±1,8	2,3±0,4	0,7±0,4	1,0±1,2
Базофилы	-	0,3±0,4	0,7±0,4	0,3±0,4	-	-
Моноциты	1,0±0,7	-	3,0±1,9 ^{аб}	3,0±2,4 ^{аб}	1,3±1,1	1,0±0,7
Лимфоциты	95,7±2,9	97,7±1,1	70,0±2,8 ^{аб}	81,0±2,4 ^{абв}	82,0±5,1 ^{аб}	90,7±2,9 ^{абвг}
Лизосомально-катионный тест						
СЦК, ед.	1,6±0,1	1,6±0,1	1,2±0,0 ^{аб}	1,3±0,1 ^{аб}	1,1±0,0 ^{аб}	1,1±0,0 ^{аб}

Примечание. Различные буквенные обозначения (а, б, в, г, д, е) в одной строке указывают на статистически значимые различия ($p < 0,05$) между группами.

нейтрофилы (промиелоциты, миелоциты, палочкоядерные и сегментоядерные нейтрофилы), значительно увеличались. Это указывает на иммунный ответ карпа в рамках реакции на транспортный стресс. Напротив, в опытной группе снижение доли лимфоцитов было менее выраженным (до 81,0%), и сохранялся

более высокий уровень лимфоцитов, что свидетельствует о более стабильной иммунной системе, менее подверженной влиянию стресс-факторов транспортировки. Это может быть связано с тем, что в экспериментальной группе использовался кондиционер для воды, который помог стабилизировать параметры

окружающей среды во время транспортировки лучше, чем в контрольной группе без добавок. Через 6 часов после транспортировки, аналогично показателям эритроцитарного профиля, показатели лейкоцитарной формулы в обеих группах также приблизились к значениям, зафиксированным до транспортировки. Этот результат свидетельствует о значительной адаптивной и восстановительной способности карпа после воздействия транспортного стресса. Кроме того, показатели других клеток были низкими, что согласуется с предыдущими данными о том, что базофилы редко встречаются у большинства видов костистых рыб [Megarani et al., 2020].

ОБСУЖДЕНИЕ

Изменения гематологических показателей не только часто используются в качестве индикаторов стресса, отражающих физиологические изменения у рыб при воздействии острого или хронического стресса [Dobšiková et al., 2009], но также рассматриваются как полезный и недорогой инструмент для оценки состояния здоровья рыб [Witeska et al., 2022]. В данном исследовании карп продемонстрировал адаптивные физиологические реакции на изменение качества воды в процессе транспортировки (повышенная концентрация CO₂, снижение pH) по сравнению с параметрами среды в аквариуме до эксперимента. Что касается размера эритроцитов, некоторые авторы полагают, что при гипоксии у рыб обмен Na⁺/H⁺ приводит к изменению осмотического давления в эритроцитах, вызывая их немедленное набухание. Это увеличивает способность к транспорту кислорода в условиях стресса, вызванного недостатком кислорода и гиперкапнией, а также под влиянием адреналина [Thomas, Perry, 1992; Shu et al., 2022]. Напротив, Мартеньянов (2013) считает, что при стрессе набухание эритроцитов незначительно, а возросшая потребность организма в кислороде компенсируется за счёт выброса дополнительных эритроцитов из депо в кровь [Martemyanov, 2013]. В данном исследовании нами не было зафиксировано существенных различий в объёме эритроцитов во время транспортировки. Следовательно, необходимы дальнейшие углублённые исследования для лучшего понимания механизмов реакции эритроцитов на стресс в условиях транспортировки.

Кровь карпа, как и большинства костистых рыб, лимфоидного типа. Гранулоциты представлены нейтрофилами (большая часть), редко базофилами и эозинофилами разной степени зрелости [Никитенко и др., 2022]. Транспортировка вызвала стресс у карпа в обеих группах. Рыбы продемонстрировали адаптивные реакции, наиболее отчётливо выраженные в уве-

личении доли нейтрофилов и снижении доли лимфоцитов в периферической крови. Данный результат также согласуется с предыдущими исследованиями на карпе, которые реагируют на стресс, вызванный транспортировкой, плотностью посадки, увеличением концентрации глюкозы, кортизола, нейтрофилов и снижением лимфоцитов [Микряков и др., 2007; Martinez-Porchas et al., 2009; Dobšiková et al., 2009]. Количество нейтрофилов и лимфоцитов меняется в противоположных направлениях под воздействием стресса – явление, распространённое у всех позвоночных, от млекопитающих и птиц до амфибий, рептилий и рыб [Davis et al., 2008]. Увеличение количества нейтрофилов в крови, вызванное стрессом, сопровождается уменьшением количества нейтрофилов в кроветворных органах рыбы, почках и голове [Klak et al., 2024]. Согласно исследованиям Dhabhar [2002], острый или хронический стресс и гормоны глюкокортикоиды вызывают значительное уменьшение количества лимфоцитов в крови. Это снижение лимфоцитов или перераспределение лейкоцитов в крови не связано с масштабным разрушением клеток, а представляет собой процесс перераспределения клеток из крови в другие компартменты организма, вызванный глюкокортикоидами. Данное перераспределение рассматривается как адаптивная реакция, которая может усилить иммунный ответ в органах, куда мигрируют лейкоциты в период стресса.

Помимо выявленных изменений клеточного состава крови, в обеих группах было зафиксировано статистически значимое снижение индекса СЦК после транспортировки (с 1,6 до 1,1 ед.), что указывает на прямое функциональное угнетение лизосомальных компонентов неспецифического иммунитета. Данное снижение является следствием острой стресс-реакции, инициированной активацией гипоталамо-гипофизарно-интерреналовой (HPI) оси и сопровождающейся повышенной секрецией кортизола [Wendelaar Bonga, 1997; Schreck, Tort, 2016].

Одновременно с нейроэндокринной реакцией на стресс условия транспортировки формируют дополнительную физиологическую нагрузку. Повышение плотности посадки и вынужденная двигательная активность усиливают стрессовое воздействие, что, как показано ранее, приводит к снижению иммунной реактивности рыб и угнетению неспецифических механизмов защиты [Ellis et al., 2002].

Именно последовательностью этих взаимосвязанных механизмов объясняется наблюдаемое в настоящем исследовании явление: восстановление функционального показателя СЦК происходило более медленно по сравнению с нормализацией количествен-

ных гематологических параметров. Это свидетельствует о том, что функциональные иммунологические маркеры, такие как индекс ЦКК, реагируют на стресс глубже и дольше, отражая не только клеточный состав крови, но и степень метаболического и гормонального воздействия на иммунную систему [Schreck, Tort, 2016].

Добавление кондиционера для воды значительно снизило стресс, вызванный транспортировкой, у карпа. Группа Опыт, получавшая химический кондиционер, показала более стабильные гематологические параметры под воздействием транспортного стресса по сравнению с группой Контроль. Эта стабильность проявилась во многих аспектах: стабильная лейкоцитарная формула, быстрое восстановление кроветворения, минимизация иммуносупрессии, ограниченное снижение лимфоцитов и менее выраженное увеличение нейтрофилов. Данный результат согласуется с предыдущими исследованиями, в которых добавление кондиционеров для воды, пробиотиков способствовало стабилизации клеточного состава крови и иммунитета [Wang et al., 2023; Eissa et al., 2024] и было полезным для рыб в снижении стресса от транспортировки [Adah et al., 2023].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эксперимент показал, что применение 1,25 мл/л кондиционера для воды Sera Toxivec снижает негативное воздействие транспортного стресса у карпа и позволяет осуществлять перевозку рыб с повышенной плотностью посадки (368,0 г/л в течение 24 часов). За счёт действия кондиционера снижается концентрация аммиака и нитритов в воде. Что компенсирует стресс-реакцию от транспортировки, снижая нейтрофилопоз и увеличивая долю лимфоцитов в лейкограмме по сравнению с контрольным вариантом. Низкое содержание лизосомального катионного белка в нейтрофилах крови опытных рыб указывает на снижение фагоцитарной активности. Таким образом, анализ эритрограммы и лейкограммы служит надёжным показателем для оценки транспортного стресса у карпа, а также демонстрирует, что добавление кондиционера для воды способствует стабилизации клеточного состава крови, снижению стресса и может улучшить выживаемость и восстановление рыб после транспортировки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена по личной инициативе авторов, без привлечения внешнего финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Кандыбин А.А., Бубунец Э.В. 2025. Динамика кислородного режима при транспортировке карповых рыб в герметичных ёмкостях // Исследования молодых учёных в реализации приоритетов научно-технологического развития в области животноводства. Сб. тез. докл. молодеж. науч. конф. пос. Дубровицы. С. 111–112.
- Микряков В.Р., Балабанова Л.В., Микряков Д.В. 2007. Влияние транспортировки на состав лейкоцитов периферической крови карпа *Cyprinus carpio* L. // Вопросы рыболовства. Т. 8. № 2(30). С. 209–214.
- Никитенко А.И., Пронина Г.И., Орлов А.М., Артеменков Д.В., Строганов А.Н., Беляев В.А. 2022. О периферической крови у трёх видов рыб с разной экологией (Scombridae и Bergycidae) // Известия РАН. Сер. биол. № 6. С. 661–667.
- Орлов Ю.И., Кружалина Е.И., Аверина И.А., Ильичева Т.И. 1974. Транспортировка живой рыбы в герметических ёмкостях. М.: Пищевая промышленность. 97 с.
- Пищенко Е.В., Моружи И.В. 2022. Мировые тенденции и перспективы выращивания карпа // Перспективы и возможности отрасли. С. 164–177.
- Пронина Г.И., Корягина Н.Ю. 2017. Методология физиолого-иммунологической оценки гидробионтов. СПб.: Лань. 96 с.
- Adah D.A., Adah A.S., Nwonuma C.O., Olaosebikan B., Oyekunle T. 2023. The Ameliorative effects of ascorbic acid on hematological and water quality parameters following a 100 km transportation of adult *Clarias gariepinus* // Media Kedokteran Hewan. V. 34. № 1. P. 13–26. DOI: 10.20473/mkh.v34i1.2023.13-26
- Burgos-Aceves M.A., Lionetti L., Faggio C. 2019. Multidisciplinary haematology as prognostic device in environmental and xenobiotic stress-induced response in fish // Science of The Total Environment. V. 670. P. 1170–1183. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.275.
- Davis A.K., Maney D.L., Maerz J. C. 2008. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists // Functional Ecology. V. 22. № 5. P. 760–772. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x.
- Dhabhar F.S. 2002. A hassle a day may keep the doctor away: stress and the augmentation of immune function // Integrative and Comparative Biology. V. 42. № 3. P. 556–564. DOI: 10.1093/icb/42.3.556.
- Dobšiková R., Svobodová Z., Bláhová J., Modrá H., Velišek J. 2009. The effect of transport on biochemical and haematological indices of common carp (*Cyprinus carpio* L.) // Czech Journal of Animal Science. V. 54. № 11. P. 510–518. DOI: 10.17221/52/2009-CJAS
- Eissa E. S.H., Okon E. M., Abdel-Warith A.W.A., Younis N.A., Gewaily M. S., Mahmoud S.F., El-Deriny M.M.E., Ahmed S.A., Mahmoud M.A., Dawood M.A.O. 2024. In-water *Bacillus*

- species probiotic improved water quality, growth, hemato-biochemical profile, immune regulatory genes and resistance of Nile tilapia to *Aspergillus flavus* infection // *Aquaculture International*. V. 32. P. 7087–7102. DOI: 10.1007/s10499-024-01503-6.
- Ellis T., North B., Scott A.P., Bromage N.R., Porter M., Gadd D. 2002. The effects of crowding and exercise on the immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Fish & Shellfish Immunology*. V. 12. № 3. P. 239–254. DOI: 10.1006/fsim.2001.0368
- Gomes L.C., Araujo-Lima C.A.R.M., Roubach R., Chippari-Gomes A.R., Lopes N.P. 2003. Effect of Fish Density During Transportation on Stress and Mortality of Juvenile Tambaqui *Colossoma macropomum* // *Journal of the World Aquaculture Society*. V. 34. № 1. P. 76–84. DOI: 10.1111/j.1749-7345.2003.tb00041.x.
- Klak K., Maciuszek M., Pijanowski L., Marcinkowska M., Homa J., Verburg-van Kemenade B.M.L., Rakus K., Chadzinska M. 2024. Evolutionarily conserved mechanisms regulating stress-induced neutrophil redistribution in fish // *Frontiers in Immunology*. V. 15. P. 1330995. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1330995
- Luz R.K., Favero G.C. 2024. Use of Salt, Anesthetics, and Stocking Density in Transport of Live Fish: A Review // *Fishes*. V. 9. № 7. P. 286. DOI: 10.3390/fishes9070286.
- Martemyanov V.I. 2013. Patterns of changes in sodium content in plasma and erythrocytes of freshwater fish at stress // *Journal of Ichthyology*. V. 53. № 3. P. 220–224. DOI: 10.1134/s0032945213020094.
- Martinez-Porchas M., Martinez-Cordova L.R., Ramos-Enriquez R. 2009. Cortisol and glucose: Reliable indicators of fish stress? // *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. V. 4. № 2. P. 158–178.
- Megarani D.V., Hardian A.B., Arifianto D., Santosa C.M., Salasia S.I.O. 2020. Comparative Morphology and Morphometry of Blood Cells in Zebrafish (*Danio rerio*), Common Carp (*Cyprinus carpio carpio*), and Tilapia (*Oreochromis niloticus*) // *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*. V. 59. № 6. P. 673–680. DOI: 10.30802/AALAS-JAALAS-20-000013.
- Schreck C.B., Tort L. 2016. The concept of stress in fish // *Fish Physiology / C.B. Schreck, L. Tort, A.P. Farrell, C.J. Brauner eds*. V. 35. London: Academic Press. P. 1–34. DOI: 10.1016/B978-0-12-802728-8.00001-1
- Shu J.J., Heuer R.M., Hannan K.D., Stieglitz J.D., Benetti D.D., Rummer J.L., Grosell M., Brauner C.J. 2022. Enhanced oxygen unloading in two marine percomorph teleosts // *Comparative Biochemistry and Physiology Pt A: Molecular & Integrative Physiology*. V. 264. P. 111101. DOI: 10.1016/j.cbpa.2021.111101.
- Thomas S., Perry S.F. 1992. Control and consequences of adrenergic activation of red blood cell Na⁺/H⁺ exchange on blood oxygen and carbon dioxide transport in fish // *Journal of Experimental Zoology*. V. 263. № 2. P. 160–175. DOI: 10.1002/jez.1402630206.
- Wang L.G., Liu M.Q., Xie X.D., Sun Y.B., Zhang M.L., Zhao Y. et al. 2023. Effects of different water quality regulators on growth performance, immunologic function, and domestic water quality of GIFT tilapia // *PLoS ONE*. V. 18. № 8. P. e0290854. DOI: 10.1371/journal.pone.0290854.
- Wendelaar Bonga S.E. 1997. The stress response in fish // *Physiological Reviews*. V. 77. № 3. P. 591–625. DOI: 10.1152/physrev.1997.77.3.591
- Witeska M., Kondera E., Lugowska K., Bojarski B. 2022. Hematological methods in fish – Not only for beginners // *Aquaculture*. V. 547. P. 737498. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737498.

REFERENCES

- Kandybin A.A., Bubunets E.V. 2025. Dynamics of the oxygen regime during the transportation of cyprinid fish in sealed containers // *Research of Young Scientists in the Implementation of Priorities for Scientific and Technological Development in Animal Husbandry*. Coll. of abstr. of the Youth Scientific Conference. Dubrovitsy. P. 111–112. (In Russ.)
- Mikrjakov V.R., Balabanova L.V., Mikrjakov D.V. 2007. Influence of transportation on structure leukocytes of peripheral blood carp *Cyprinus carpio* L. // *Problems of fisheries*. V. 8. № 2(30). P. 209–214. (In Russ.)
- Nikitenko A.I., Pronina G.I., Orlov A.M., Artemenkov D.V., Stroganov A.N., Belyaev V.A. 2022. On the peripheral blood of three fish species with different ecology (Scombridae and Berycidae) // *Izvestiya RAS. Ser. Biological*. № 6. P. 661–667. (In Russ.)
- Orlov Yu.I., Kruzhalina E.I., Averina I.A., Ilyicheva T.I. 1974. Transportation of live fish in hermetic containers: a reference guide. Moscow: Pishchevaya promyshlennost'. 97 p. (In Russ.)
- Pishchenko E.V., Moruzi I.V. 2022. Global trends and prospects for carp farming // *Prospects and Opportunities of the Industry*. P. 164–177. (In Russ.)
- Pronina G.I., Koryagina N.Yu. 2017. Methodology for physiological and immunological assessment of aquatic organisms. Saint Petersburg: Lan'. 96 p. (In Russ.)
- Adah D.A., Adah A.S., Nwonuma C.O., Olaosebikan B., Oyekunle T. 2023. The Ameliorative effects of ascorbic acid on hematological and water quality parameters following a 100 km transportation of adult *Clarias gariepinus* // *Media Kedokteran Hewan*. V. 34. № 1. P. 13–26. DOI: 10.20473/mkh.v34i1.2023.13-26
- Burgos-Aceves M.A., Lionetti L., Faggio C. 2019. Multidisciplinary haematology as prognostic device in environmental and xenobiotic stress-induced response in fish // *Science of The Total Environment*. V. 670. P. 1170–1183. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.275.
- Davis A.K., Maney D.L., Maerz J.C. 2008. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists // *Functional Ecology*. V. 22. № 5. P. 760–772. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x.
- Dhabhar F.S. 2002. A hassle a day may keep the doctor away: stress and the augmentation of immune function //

- Integrative and Comparative Biology. V. 42. № 3. P. 556–564. DOI: 10.1093/icb/42.3.556.
- Dobšíková R., Svobodová Z., Bláhová J., Modrá H., Velišek J. 2009. The effect of transport on biochemical and haematological indices of common carp (*Cyprinus carpio* L.) // Czech Journal of Animal Science. V. 54. № 11. P. 510–518. DOI: 10.17221/52/2009-CJAS
- Eissa E. S.H., Okon E. M., Abdel-Warith A.W.A., Younis N.A., Gewaily M.S., Mahmoud S.F., El-Deriny M.M.E., Ahmed S.A., Mahmoud M.A., Dawood M.A.O. 2024. In-water *Bacillus* species probiotic improved water quality, growth, hemato-biochemical profile, immune regulatory genes and resistance of Nile tilapia to *Aspergillus flavus* infection // Aquaculture International. V. 32. P. 7087–7102. DOI: 10.1007/s10499-024-01503-6.
- Ellis T., North B., Scott A.P., Bromage N.R., Porter M., Gadd D. 2002. The effects of crowding and exercise on the immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Fish & Shellfish Immunology. V. 12. № 3. P. 239–254. DOI: 10.1006/fsim.2001.0368
- Gomes L.C., Araujo-Lima C.A.R.M., Roubach R., Chippari-Gomes A.R., Lopes N.P. 2003. Effect of Fish Density During Transportation on Stress and Mortality of Juvenile Tambaqui *Colossoma macropomum* // Journal of the World Aquaculture Society. V. 34. № 1. P. 76–84. DOI: 10.1111/j.1749-7345.2003.tb00041.x.
- Klak K., Maciuszek M., Pijanowski L., Marcinkowska M., Homa J., Verburg-van Kemenade B.M.L., Rakus K., Chadzinska M. 2024. Evolutionarily conserved mechanisms regulating stress-induced neutrophil redistribution in fish // Frontiers in Immunology. V. 15. P. 1330995. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1330995
- Luz R.K., Favero G.C. 2024. Use of Salt, Anesthetics, and Stocking Density in Transport of Live Fish: A Review // Fishes. V. 9. № 7. P. 286. DOI: 10.3390/fishes9070286.
- Martemyanov V.I. 2013. Patterns of changes in sodium content in plasma and erythrocytes of freshwater fish at stress // Journal of Ichthyology. V. 53. № 3. P. 220–224. DOI: 10.1134/s0032945213020094.
- Martinez-Porchas M., Martinez-Cordova L.R., Ramos-Enriquez R. 2009. Cortisol and glucose: Reliable indicators of fish stress? // Pan-American Journal of Aquatic Sciences. V. 4. № 2. P. 158–178.
- Megarani D.V., Hardian A.B., Arifianto D., Santosa C.M., Salasia S.I.O. 2020. Comparative Morphology and Morphometry of Blood Cells in Zebrafish (*Danio rerio*), Common Carp (*Cyprinus carpio carpio*), and Tilapia (*Oreochromis niloticus*) // Journal of the American Association for Laboratory Animal Science. V. 59. № 6. P. 673–680. DOI: 10.30802/AALAS-JAALAS-20-000013.
- Schreck C.B., Tort L. 2016. The concept of stress in fish // Fish Physiology / C.B.Schreck, L. Tort, A.P.Farrell, C.J.Brauner eds. V. 35. London: Academic Press. P. 1–34. DOI: 10.1016/B978-0-12-802728-8.00001-1
- Shu J.J., Heuer R.M., Hannan K.D., Stieglitz J.D., Benetti D.D., Rummer J.L., Grosell M., Brauner C.J. 2022. Enhanced oxygen unloading in two marine percomorph teleosts // Comparative Biochemistry and Physiology Pt A: Molecular & Integrative Physiology. V. 264. P. 111101. DOI: 10.1016/j.cbpa.2021.111101.
- Thomas S., Perry S.F. 1992. Control and consequences of adrenergic activation of red blood cell Na⁺/H⁺ exchange on blood oxygen and carbon dioxide transport in fish // Journal of Experimental Zoology. V. 263. № 2. P. 160–175. DOI: 10.1002/jez.1402630206.
- Wang L.G., Liu M.Q., Xie X.D., Sun Y.B., Zhang M.L., Zhao Y. et al. 2023. Effects of different water quality regulators on growth performance, immunologic function, and domestic water quality of GIFT tilapia // PLoS ONE. V. 18. № 8. P. e0290854. DOI: 10.1371/journal.pone.0290854.
- Wendelaar Bonga S.E. 1997. The stress response in fish // Physiological Reviews. V. 77. № 3. P. 591–625. DOI: 10.1152/physrev.1997.77.3.591
- Witeska M., Kondera E., Lugowska K., Bojarski B. 2022. Hematological methods in fish – Not only for beginners // Aquaculture. V. 547. P. 737498. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737498.

Поступила в редакцию 29.01.2026 г.
Принята после рецензий 13.03.2026 г.



УДК 551.463 (268.45)

Среда обитания водных биологических ресурсов

Прогноз температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» на основе анализа вековой изменчивости гидрометеорологических и астрогеофизических факторов

А. Г. Трофимов

Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО») им. Н. М. Книповича, ул. Академика Книповича 6, г. Мурманск, 183038

E-mail: trofimov@pinro.vniro.ru

SPIN-код: 6762–9699

Цель работы: охарактеризовать долгопериодную изменчивость температуры атлантических вод в Баренцевом море в 1900–2023 гг. и оценить возможность её прогнозирования с помощью гидрометеорологических и астрогеофизических факторов.

Материалы: температура воды на разрезе «Кольский меридиан», климатические индексы (глобальный индекс приземной температуры для Северного полушария, индексы Северо-Атлантического, Северо-Тихоокеанского и Атлантического мультидекадного колебаний) и астрогеофизические параметры (солнечная активность, интенсивность солнечного излучения, координаты полюса Земли и нутация её оси вращения) за 1900–2023 гг.

Методы: сравнительный анализ данных, методы описательной статистики, корреляционный, регрессионный и гармонический анализы.

Результаты: дана характеристика межгодовых изменений температуры атлантических вод в Баренцевом море в 1900–2023 гг., интенсивный рост которой (0,37 °C за 10 лет) происходит с конца 1970-х годов. Выделены два холодных (1900–1929 и 1963–1988 гг.) и два тёплых (1930–1962 и 1989–2023 гг.) периода, современное потепление оказалось более сильным. Построены уравнения множественной линейной регрессии для прогноза температуры воды Баренцева моря с заблаговременностью 2 года и 6 лет. Для использования на практике выбрана наиболее адекватная регрессионная модель, включающая в себя зимний индекс Северо-Атлантического колебания (вклад 11%), индекс Атлантического мультидекадного колебания (28%), солнечную активность (5%) и X-координату полюса Земли (11%). Составлены экспериментальные прогнозы температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» на 2024–2029 гг., согласно которым в ближайшие годы она сохранится на высоком уровне.

Практическая значимость: полученные результаты позволят лучше понимать причины межгодовой изменчивости температуры воды в Баренцевом море и могут использоваться для её долгосрочного прогнозирования.

Ключевые слова: Баренцево море, разрез «Кольский меридиан», глобальные климатические индексы, астрогеофизические факторы, гармоники, прогнозирование температуры воды.

Forecasting of water temperature in the Kola section based on the analysis of secular variability of hydrometeorological and astrogeophysical factors

Alexander G. Trofimov

Polar branch of VNIRO (N.M. Knipovich «PINRO»), 6, Academician Knipovich St., Murmansk, 183038, Russia

The aim of the paper is to characterize the long-term variability of Atlantic water temperature in the Barents Sea in 1900–2023 and to assess the possibility of its forecasting using hydrometeorological and astrogeophysical factors.

The material for the study was water temperature in the Kola section, climate indices (global surface temperature index for the Northern Hemisphere, indices of the North Atlantic, North Pacific and Atlantic Multidecadal oscillations) and astrogeophysical parameters (solar activity, total solar irradiance, pole coordinates and rotation axis nutation of the Earth) for 1900–2023.

Methods of descriptive statistics as well as comparative, correlation, regression and harmonic analyses were applied.

Results: The year-to-year changes in Atlantic water temperature in the Barents Sea in 1900–2023 were characterized, with an intensive increase (0.37 °C per 10 years) occurring since the late 1970s. Two cold (1900–1929, 1963–1988) and two warm (1930–1962, 1989–2023) periods were distinguished, with the modern warming being stronger. Multiple linear regression equations were constructed to forecast Barents Sea water temperature for 2 and 6 years ahead. The most adequate regression model was selected for practical use. It includes the winter North Atlantic Oscillation index (contribution of 11%), the Atlantic Multidecadal Oscillation index (28%), solar activity (5%), and the X-coordinate of the Earth's pole (11%). Experimental forecasts of water temperature in the Kola section have been compiled for 2024–2029, according to which it will remain at a high level in the coming years.

Practical significance: The obtained results are useful for a better understanding of the causes of interannual variability of water temperature in the Barents Sea and can be used for its long-term forecasting.

Keywords: Barents Sea, Kola section, global climate indices, astrogeophysical factors, harmonics, forecasting water temperature.

ВВЕДЕНИЕ

Баренцево море – это окраинное шельфовое море Северного Ледовитого океана, которое в силу своего географического положения играет важную роль в водообмене между Северной Атлантикой и Арктическим бассейном [Ingvaldsen et al., 2004; Maslowski et al., 2004; Voitsov et al., 2012; Ожигин и др., 2016]. Тёплые и солёные атлантические воды, поступающие в Арктический бассейн через

Баренцево море и пролив Фрама (рис. 1), формируют океанографические условия не только этого моря, но и Северного Ледовитого океана в целом. Баренцево море является также важным рыбопромысловым бассейном, чья высокая биопродуктивность во многом определяется его океанографическими условиями [Ижевский, 1961; Гершанович, Муромцев, 1983; Ожигин и др., 1999; Шевченко, 2000; Loeng, Drinkwater, 2007; Jakobsen, Ozhigin, 2011; Dalpadado et al., 2014].

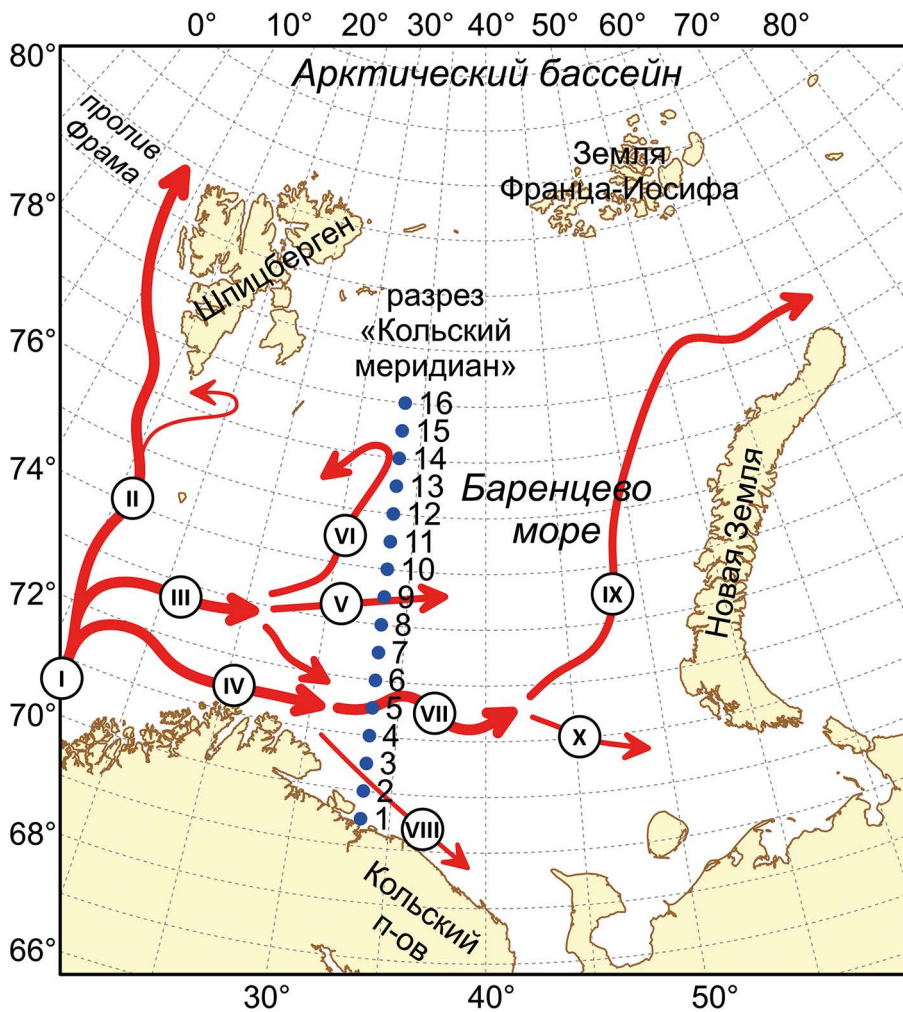


Рис. 1. Положение разреза «Кольский меридиан» (станции 1–16) и схема тёплых течений в Баренцевом море: Норвежское (I), Шпицбергенское (II), Нордкапское (III) и его Южная (IV), Центральная (V) и Северная (VI) ветви, Основная (VII) и Прибрежная (VIII) ветви Мурманского, Новоземельское (IX), Колгуево-Печорское (X) (по [Трофимов и др., 2025])

Fig. 1. Location of the Kola section (stations 1–16) and warm current schematic in the Barents Sea: Norwegian Current (I), Spitsbergen Current (II), North Cape Current (III) and its Southern (IV), Central (V) and Northern (VI) branches, Murman Current (VII), Murman Coastal Current (VIII), Novaya Zemlya Current (IX), Kolguev-Pechora Current (X) (after [Trofimov et al., 2025])

В промысловой океанографии, которая занимается изучением влияния среды обитания на воспроизводство, численность, распределение и поведение промысловых гидробионтов, наиболее часто используемым океанографическим параметром является температура воды. С одной стороны, её легко измерить, а с другой – она выступает в роли одного из основных индикаторов климата и оказывает в разной степени влияние на все биологические процессы в море [Гершанович, Муромцев, 1983; Boitsov et al., 2012]. Исследования сезонных и межгодовых изменений океанографических, в том числе термических, условий и успешное решение задач промысловой океанографии, включая вопросы прогнозирования, невозможны без наличия продолжительных рядов данных, основной источник которых – наблюдения на стандартных океанографических разрезах. Самым широко известным и востребованным разрезом в Баренцевом море является «Кольский меридиан», уникальный как по продолжительности, так и по частоте выполнений, – наблюдения на нём ведутся с 1900 г. [Карсаков и др., 2022]. Этот разрез пересекает основной поток атлантических вод, следующих через Баренцево море, и поэтому данные с него позволяют судить о тепловом состоянии вод всего моря в целом [Ottersen et al., 2005; Бочков, 2005].

В настоящее время всё ещё остаётся актуальной проблема долгосрочного прогнозирования температуры воды Баренцева моря, так как такие прогнозы позволяют иметь представление об ожидаемых изменениях климата и условий среды обитания водных биологических ресурсов и, соответственно, предвидеть возможные последствия этих изменений для промысловых гидробионтов, что служит научной основой для управленческих решений по их рациональной эксплуатации. К сожалению, прогнозирование температуры воды затрудняется большим количеством влияющих на неё факторов и сложными, не всегда полностью понятными, механизмами такого влияния, что обуславливает необходимость продолжения исследований в этом направлении.

Прогнозированию температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» посвящено большое количество работ, значительная часть которых вышла в свет в ПИНРО, где этим вопросом наиболее активно стали заниматься с 1960-х годов. При разработке прогнозов в основном использовали внутреннюю структуру ряда температуры и различные физико-статистические модели, привлекая в качестве предикторов широкий ряд параметров, в том числе космогеофизические [Максимов, Смирнов, 1967; Смирнов и др., 1967; Бочков и др., 1968; Кисляков, 1968; Сустанов, 1978; Бочков,

1978, 1979; Методические рекомендации..., 1979, 1989, 1997; Карпова и др., 1989; Ottersen et al., 2000; Аверкиев и др., 2005; Бочков, 2005]. Однако использование в качестве объясняющих переменных одновременно гидрометеорологических и астрогеофизических факторов предпринималось главным образом в последние годы и лишь при изучении изменчивости ледовитости арктических морей [Тимохов и др., 2019; Вязигина и др., 2021; Лис и др., 2023]. Поэтому, учитывая происходящие в последние десятилетия существенные изменения климата в арктических морях [Ingvaldsen et al., 2003; Boitsov et al., 2012; Трофимов и др., 2018; González-Pola et al., 2020, Карсаков и др., 2022], представляется практически полезным проанализировать роль в межгодовых изменениях температуры воды Баренцева моря гидрометеорологических и астрогеофизических факторов, ответственных за изменение климата на планете в целом, и рассмотреть возможность их использования для её долгосрочного прогнозирования.

Цель данной работы – охарактеризовать долгопериодную изменчивость температуры атлантических вод в Баренцевом море на основе материалов, собранных на разрезе «Кольский меридиан» за весь 124-летний период инструментальных наблюдений на нём (1900–2023 гг.), оценить вклад в её межгодовые изменения, а также прогностическую способность глобальных климатических индексов и астрогеофизических параметров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа долгопериодной изменчивости температуры воды Баренцева моря и оценки влияния на неё гидрометеорологических и астрогеофизических факторов использовались следующие данные за 1900–2023 гг. (среднегодовые, если не сказано иного): температура атлантических вод на разрезе «Кольский меридиан» (слой 0–200 м, ст. 3–7: 70°30′–72°30′ с.ш. 33°30′ в.д., **T_w**) [Карсаков и др., 2022; собственные данные ПИНРО], глобальный индекс приземной температуры для Северного полушария (**TI**)¹, зимний (декабрь–март) индекс Северо-Атлантического колебания (**wNAO**)², зимний (ноябрь–март) Северо-Тихоокеанский индекс (**wNPI**)³, индекс Атлантиче-

¹ GISS Surface Temperature Analysis (v4). NASA GISS. https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v4/. 28.03.2025.

² Hurrell North Atlantic Oscillation (NAO) Index (PC-based). NCAR. <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-pc-based>. 28.03.2025.

³ North Pacific (NP) Index by Trenberth and Hurrell; monthly and winter. NCAR. <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/north-pacific-np-index-trenberth-and-hurrell-monthly-and-winter>. 28.03.2025.

ского мультидекадного колебания (AMO)⁴, солнечная активность (число солнечных пятен, SN)⁵, интенсивность солнечного излучения (TSI)⁶, X- и Y-координаты полюса Земли (Xp, Yp), а также нутация оси вращения Земли в долготу и наклоне (dPsi, dEps)⁷. Аномалии рассчитывались относительно среднесреднеголетних (1901–2020 гг.) значений, их нормирование выполнялось с помощью стандартного отклонения (σ) за тот же период.

В работе применялись методы описательной статистики, а также сравнительный, корреляционный, регрессионный и гармонический анализы [Елисеева, Юзбашев, 2004; Протасов, Юров, 2016; Малинин, 2020]. Статистическая обработка данных и построение графиков выполнялись в программе Microsoft Excel 2016.

Достоверность трендов в изменениях температуры воды оценивалась с помощью критерия Стьюдента и соответствующего ему уровня значимости p-value. Если p-value был меньше 0,05, тренд считался статистически значимым с вероятностью 95%, а если меньше 0,01, то, соответственно, с вероятностью 99% [Коросов, Горбач, 2007]. Аналогичный подход использовался при оценке значимости рассчитанных в работе коэффициентов корреляции.

В ходе гармонического анализа из исходных данных вначале исключался линейный или квадратичный тренд, и только после этого они раскладывались в ряд Фурье для выделения отдельных гармоник. Отделение значимых гармоник от незначимых выполнялось следующим способом [Малинин, 2008]: поскольку вклад гармоник интерпретируется как коэффициент детерминации (т.е. та часть дисперсии исходного ряда, которая описывается этой гармоникой), извлекая из него квадратный корень, получаем коэффициент корреляции между рассматриваемой гармоникой и зависимой переменной, значимость которого и, соответственно, значимость гармоники, оценивается по критерию Стьюдента и соответствующему ему p-value.

Расчёт вклада независимых переменных (предикторов) в изменчивость зависимой переменной (функции отклика) в уравнениях регрессии выполнялся по формуле:

$$\Delta_j = 100 \times r(x_j, y) \times \beta_j,$$

где Δ_j – вклад (%) j-го предиктора, $r(x_j, y)$ – коэффициент парной корреляции между j-м предиктором и функцией отклика, β_j – стандартизованный коэффициент регрессии при j-м предикторе, связанный с обычным коэффициентом регрессии b_j выражением: $\beta_j = b_j \times \sigma(x_j) / \sigma(y)$, где $\sigma(x_j)$ – стандартное отклонение j-й независимой переменной, $\sigma(y)$ – стандартное отклонение зависимой переменной [Малинин, 2008].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 1900–2023 гг. температура атлантических вод в Баренцевом море претерпевала значительные межгодовые изменения, происходившие на фоне статистически значимого положительного тренда ($R^2 = 0,287$, p-value < 0,001), объясняющего 29% её дисперсии и показывающего увеличение среднегодовой температуры на 0,08 °C каждые 10 лет. Наиболее интенсивный её рост (0,37 °C за 10 лет) начался с конца 1970-х годов, линейный тренд ($R^2 = 0,617$, p-value < 0,001) с 1978 по 2023 г. объяснял 62% изменчивости температуры воды в Баренцевом море. Используя нормированные аномалии температуры и их кумулятивную кривую, с 1900 г. по настоящее время выделено два холодных (1900–1929 и 1963–1988 гг.) и два тёплых (1930–1962 и 1989–2023 гг.) периода. Аномально холодными годами (со среднегодовой температурой 2,8–3,1 °C, что ниже нормы на 1,5 σ и более) были 1902, 1903, 1912, 1917, 1966, 1978, 1979 и 1981, а аномально тёплыми годами (4,9–5,4 °C, выше нормы на 1,5 σ и более) – 2006, 2007, 2012, 2013, 2015–2018 и 2023 (рис. 2).

Практически такие же периоды были выделены ранее В.Д. Бойцовым для 1900–2009 гг. на основе разработанного им климатического индекса [Boitsov et al., 2012]. Отличие состоит в том, что в настоящей работе выделение периодов выполнено на основе более продолжительного ряда данных (по 2023 г.). Также 1962 г. по температуре атлантических вод отнесён к тёплому периоду, тогда как по климатическому индексу – к холодному, хотя это спорный момент, так как нормированная аномалия температуры в этот год фактически была равна нулю, хотя при этом формально оставалась положительной (+0,001 °C).

Холодные периоды оказались близки по статистическим характеристикам температуры воды (рис. 3). Её среднее значение в 1900–1929 и 1963–1988 гг. составляло 3,7 °C, а размах колебаний – 1,6 и 1,7 °C соответственно. При этом изменчивость температуры в 1963–1988 гг. ($\sigma = 0,45$ °C) превышала такую в 1900–1929 гг. ($\sigma = 0,36$ °C). Тёплые периоды

⁴ AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation) Index. NOAA NCDC. <https://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/cmb/ersst/v5/index/>. 28.03.2025.

⁵ Total Sunspot Number. SIDC. <https://www.sidc.be/SILSO/datafiles>. 28.03.2025.

⁶ Total Solar Irradiance. LASP. https://lasp.colorado.edu/lisird/data/nrl2_tsi_P1Y. 28.03.2025.

⁷ Earth Orientation Data. IERS. <https://www.iers.org/IERS/EN/DataProducts/EarthOrientationData/eop.html>. 28.03.2025.

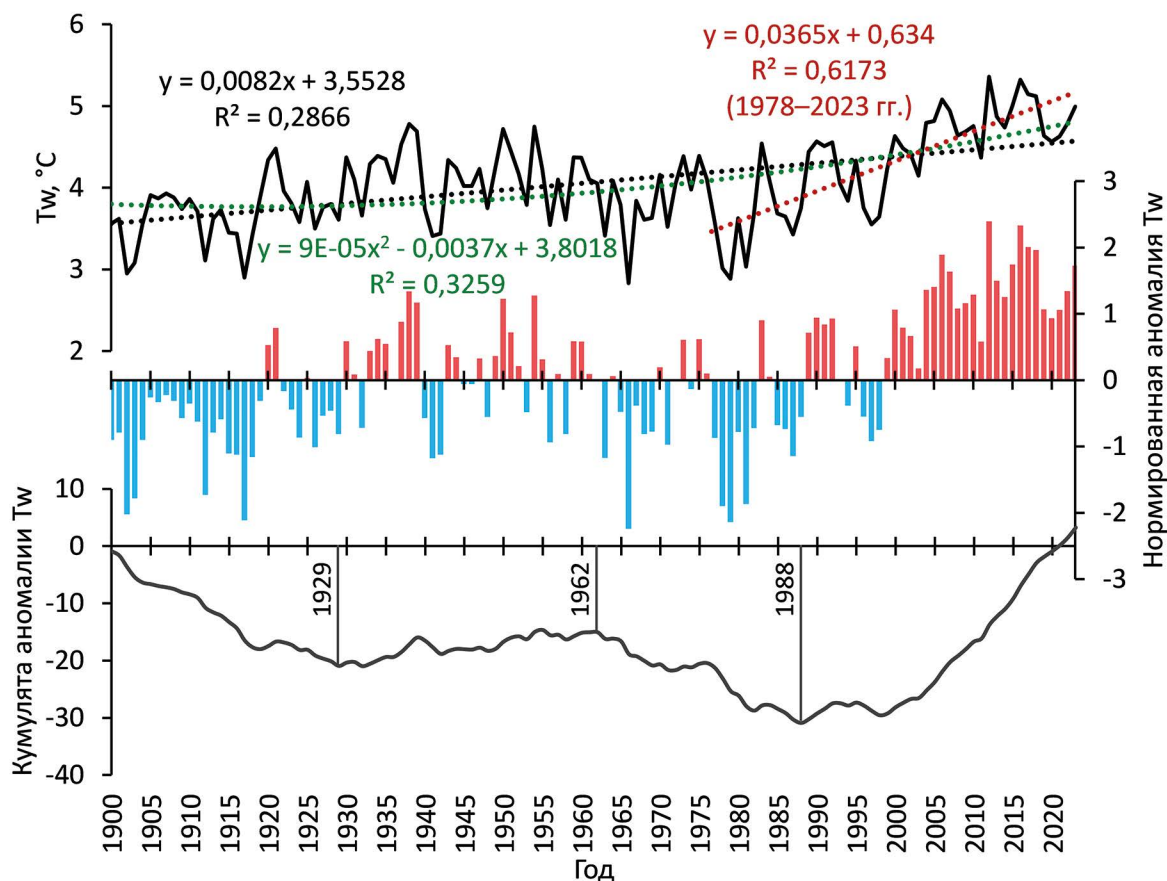


Рис. 2. Температура воды (T_w) в слое 0–200 м на разрезе «Кольский меридиан» (Основная ветвь Мурманского течения) в Баренцевом море, её нормированные аномалии и их кумулятивная кривая в 1900–2023 гг. Пунктирными линиями показаны тренды

Fig. 2. Water temperature (T_w) in the 0–200 m layer in the Kola section (the Murman Current) in the Barents Sea, its normalized anomalies and their cumulative curve in 1900–2023. Dashed lines show trends

отличались друг от друга по всем трём характеристикам: средняя температура (4,6 °C), её размах (1,8 °C) и стандартное отклонение (0,44 °C) в 1989–2023 гг. были выше, чем в 1930–1962 гг. (4,2, 1,4 и 0,37 °C соответственно). Таким образом, современное потепление характеризуется большей интенсивностью, чем предыдущее, тогда как холодные периоды в этом отношении были похожи.

Если взглянуть на статистические характеристики температуры воды за разные десятилетия (см. рис. 3), то видно, что наибольшая её изменчивость ($\sigma = 0,51...0,52$, размах 1,5 °C) наблюдалась в преддверии современного потепления, в 1970-е и 1980-е гг., затем она стала уменьшаться, достигнув в 2000-е гг. минимума ($\sigma = 0,27$, размах 0,9 °C). Современное потепление характеризуется постоянным ростом среднедекадной температуры, которая в течение последних четырёх десятилетий непрерывно увеличивалась от 3,8 °C в 1970-е гг. до рекордных 4,9 °C в 2010-е годы.

На рис. 3 также показано, насколько сильно меняются климатические нормы, рассчитанные согласно рекомендациями Всемирной метеорологической организации за скользящие 30-летние периоды. Так, норма за 1991–2020 гг. (4,6 °C) на 0,8 °C (т.е. на 1,6 σ) превышает норму за 1961–1990 гг. (3,8 °C). Таким образом, при расчёте аномалий температуры воды и определении на их основе тёплых и холодных лет крайне важен выбор нормы (точнее периода, за который она рассчитывается), так как это скажется не только на величине аномалий, но и на их знаке. В результате годы, определённые как тёплые по одной норме, могут оказаться холодными в соответствии с другой. Именно поэтому в данной работе во избежание подобной ситуации и для большей объективности норма рассчитывалась практически за весь рассматриваемый период (1901–2020 гг.).

В изменениях температуры атлантических вод в Баренцевом море, кроме трендовой составляющей,

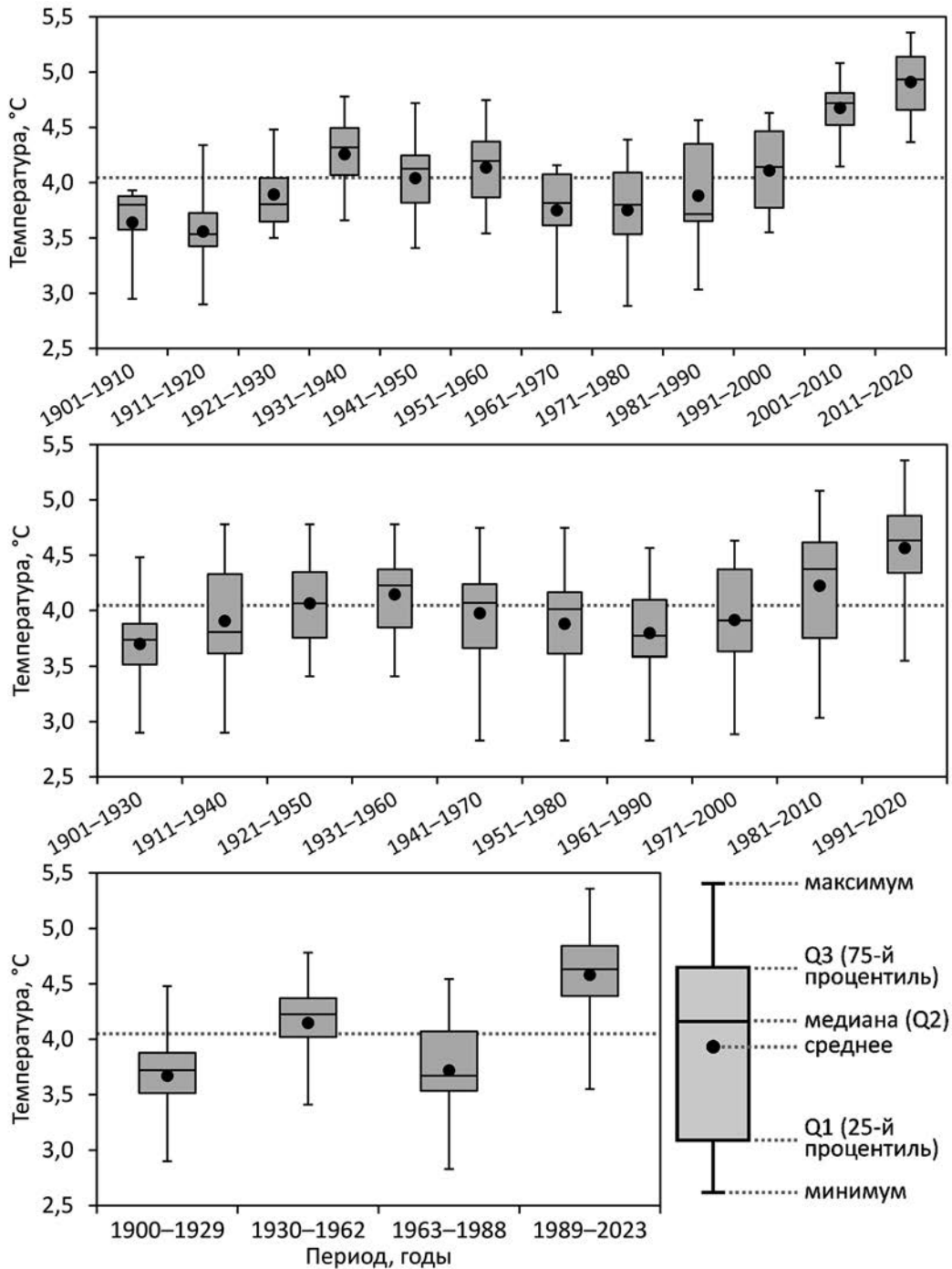


Рис. 3. Диаграммы размаха температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» для разных периодов (10-летних, 30-летних, а также холодных 1900–1929, 1963–1988 гг. и тёплых 1930–1962, 1989–2023 гг.) в 1900–2023 гг. Пунктирной линией показана норма за 1901–2020 гг.

Fig. 3. Boxplots of water temperature in the Kola section for different periods (10-year, 30-year, as well as cold 1900–1929, 1963–1988 and warm 1930–1962, 1989–2023) in 1900–2023. Dashed line shows the 1901–2020 average

присутствуют циклические компоненты. Прежде чем анализировать их, ряд температуры был детрендирован путём удаления из него квадратичного тренда ($R^2 = 0,326$, $p\text{-value} < 0,001$), который лучше описывает общую тенденцию ряда, нежели линейный тренд

(см. рис. 2). Гармонический анализ позволил выявить гармоники с периодами 5; 5,6; 7,8; 10,3; 13,8; 17,7 и 62 года, вклад которых в дисперсию детрендированного ряда составил 3,1; 4,6; 9,5; 3,2; 9,1; 3,1 и 19,9% соответственно (рис. 4). Таким образом, наи-

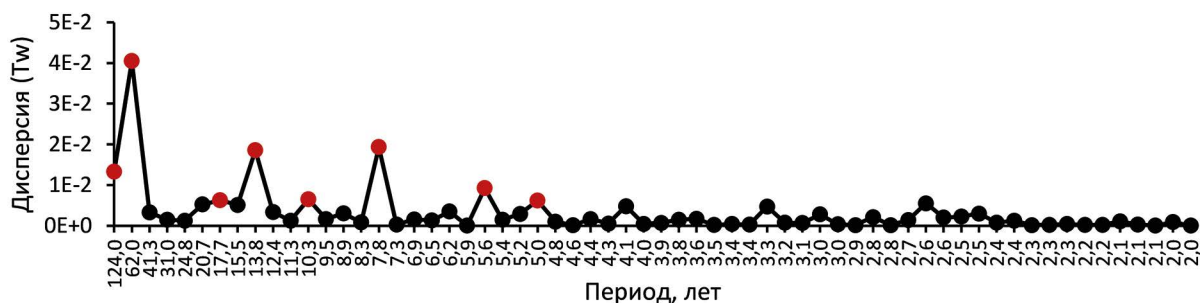


Рис. 4. Периодограмма температуры воды (Tw) на разрезе «Кольский меридиан» для 1900–2023 гг. Красными кружочками показаны статистически значимые гармоники

Fig. 4. Periodogram of water temperature (Tw) in the Kola section for 1900–2023. Red circles indicate statistically significant harmonics

большой вклад в изменчивость температуры воды Баренцева моря вносят квадратичный тренд (32,6%) и низкочастотная циклическая компонента с периодом 62 года (13,4% дисперсии исходного недетрендированного ряда), которая как раз и определяет наблюдаемые периоды похолодания и потепления.

В других работах [Ижевский, 1961; Бочков, 1982; Loeng et al., 1992; Ottersen et al., 2000; Бойцов, 2007; Бойцов и др., 2010; Бойцов, Гузенко, 2021] на более коротких рядах температуры воды Баренцева моря выделяли гармоники с периодами 2,5–2,6, 3,1–3,3, 5–6, 7–8, 8,9, 10–11, 13, 15–18 и 18,6 года. Отличия в выявленных периодах могут быть обусловлены не только характером самих рядов (анализировалась температура разных слоёв (0–50, 50–200, 0–200 м) на разрезе «Кольский меридиан», ряды отличались по длине и охватываемому периоду), но и методологическими причинами (разные способы анализа и их особенности).

Среди глобальных климатических индексов больше всего статистически значимых гармоник обнаружено в рядах wNAO (10) и wNPI (9), объясняющих в сумме 50,5 и 41,3% изменчивости ряда соответственно, а по отдельности – от 3,3 до 8,1% (рис. 5). В рядах TI и АМО наиболее ярко выраженной была 62-летняя гармоника, описывающая 46,8 и 35,6% дисперсии ряда соответственно (см. рис. 5). Физическая суть этих индексов заключается в следующем. Зимний индекс Северо-Атлантического колебания (wNAO) отражает изменения в силе двух центров действия атмосферы (циклона вблизи Исландии и антициклона вблизи Азорских островов) в декабре–марте, т.е. характеризует атмосферную циркуляцию в средних широтах Северной Атлантики зимой. Зимний Северо-Тихоокеанский индекс (wNPI) показывает изменения атмосферы в северной части Тихого океана, включая интенсивность Алеутского минимума, в ноябре–марте. Глобальный индекс приземной температуры Северно-

го полушария (TI) представляет собой осреднённые аномалии температуры у поверхности земли: приземной температуры воздуха над континентами и температуры поверхности океана. Индекс Атлантического мультideкадного колебания (АМО) отражает долгопериодные изменения среднегодовой температуры поверхности океана в Северной Атлантике и позволяет учесть влияние адвективного переноса тепла, поступающего в высокие широты с Северо-Атлантическим течением.

Среди астрогеофизических факторов наибольшую часть дисперсии рядов SN (число солнечных пятен) и TSI (интенсивность солнечного излучения) описывают гармоники с периодами 10,3 и 11,3 года (в сумме 75,0 и 65,6% соответственно), рядов dPsi и dEps (нута́ция оси вращения Земли в долготе и наклоне) – гармоники с периодами 17,7 и 20,7 года (в сумме 82,9 и 60,8%), а рядов Xp и Yp (координаты полюса Земли) – квази-шестилетняя (21,4 и 25,1%), 31-летняя (21,2% для Xp) и 62-летняя (13,6 и 21,4%) гармоники (рис. 6).

В других работах [Гудкович и др., 2009; Тимохов и др., 2019; Вязигина и др., 2021; Лис и др., 2023] в гидрометеорологических и астрогеофизических параметрах на основе рядов различной продолжительности выделялся широкий набор гармоник с периодами 2,3–2,8, 3,3–5,7, 6–8, 9–14, 16–20, 22, 32, 39, 50–60 и 180–200 лет, что хорошо согласуется с результатами данной работы с учётом описанной выше особенности использовавшегося гармонического анализа.

Таким образом, в результате гармонического анализа выявлено, что ряды глобальных климатических индексов и астрогеофизических факторов содержат циклические компоненты, присутствующие также в температуре атлантических вод на разрезе «Кольский меридиан», что указывает на существование связи между этими переменными и позволяет использо-

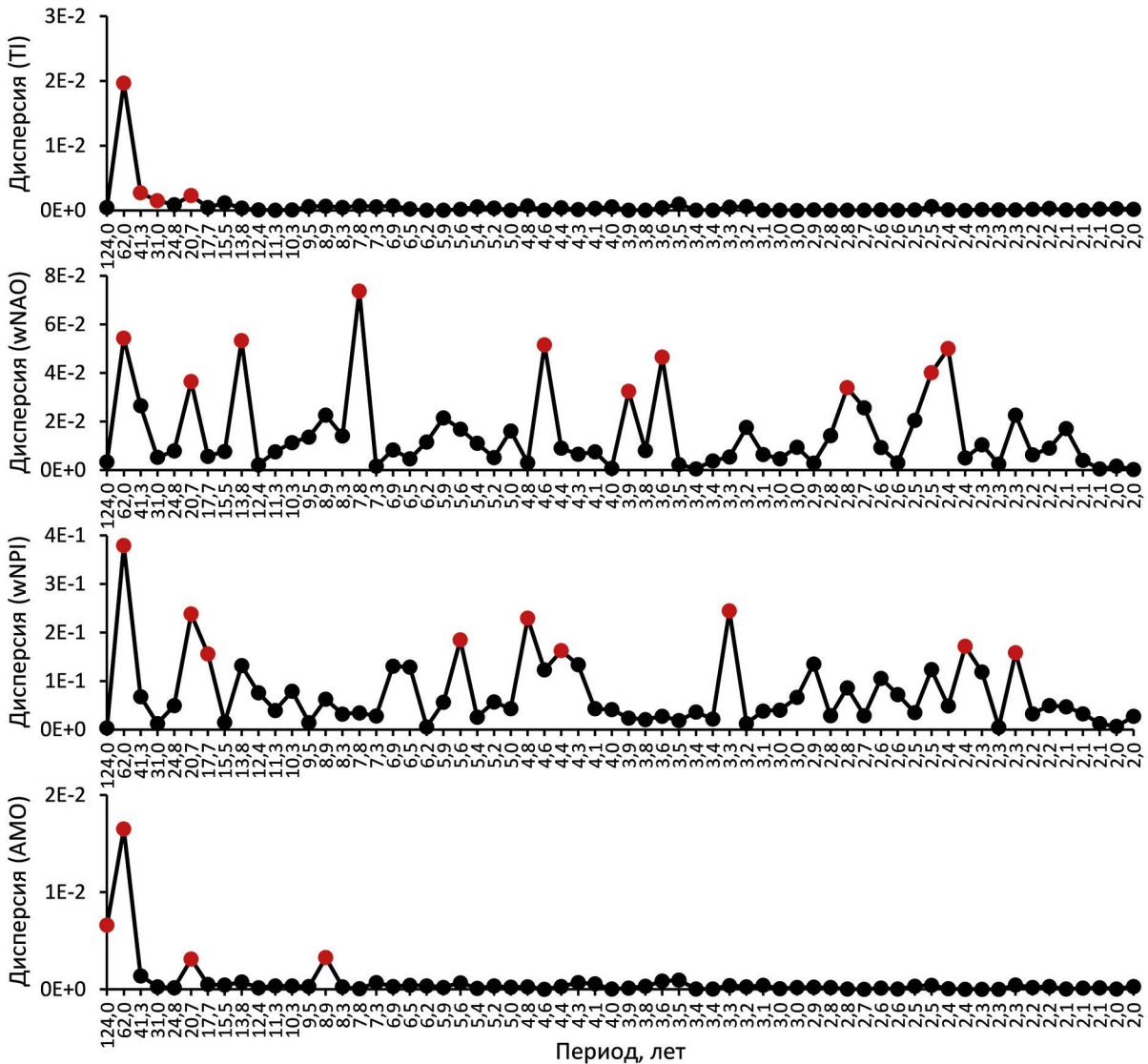


Рис. 5. Периодограммы глобальных климатических индексов (TI, wNAO, wNPI, AMO) для 1900–2023 гг. Красными кружочками показаны статистически значимые гармоники

Fig. 5. Periodograms of global climate indices (TI, wNAO, wNPI, AMO) for 1900–2023. Red circles indicate statistically significant harmonics

вать гидрометеорологические и астрогеофизические параметры для объяснения долгопериодных изменений в температуре воды Баренцева моря. Периоды совпадающих гармоник составили 5,6; 7,8; 10,3; 13,8; 17,7 и 62 года (табл. 1). Гармоники с периодами около 6–8 лет соответствуют циклу колебаний положения полюса Земли (её мгновенной оси вращения) – нутации, под влиянием которых центробежная сила планеты не остаётся постоянной, что, в результате, приводит к явлению, получившему название «полюсной прилив», который вызывает изменения уровня Мирового океана и может влиять на атмосферную и океаническую циркуляцию [Бойцов, 2007]. Гармоника с периодом 10,3 года соответствует 11-летнему солнечно-

му циклу (цикл Швабе или Швабе-Вольфа) – наиболее заметно выраженный цикл солнечной активности, длящийся примерно 11 лет (его длина в XVIII–XX веках изменялась от 8 до 14 лет, а в XX веке в среднем была ближе к 10,5 годам) и характеризующийся довольно быстрым (в течение примерно 4 лет) ростом числа солнечных пятен и последующим, более медленным (около 7 лет), его уменьшением [Герман, Голдберг, 1981]. Гармоника с периодом 17,7 года близка к многолетнему (18,6 года) лунному нодальному (деклинационному) приливу в Мировом океане, вызванному циклическими изменениями склонения Луны и влияющему как на изменения уровня моря и течения, так и на формирование многолетней

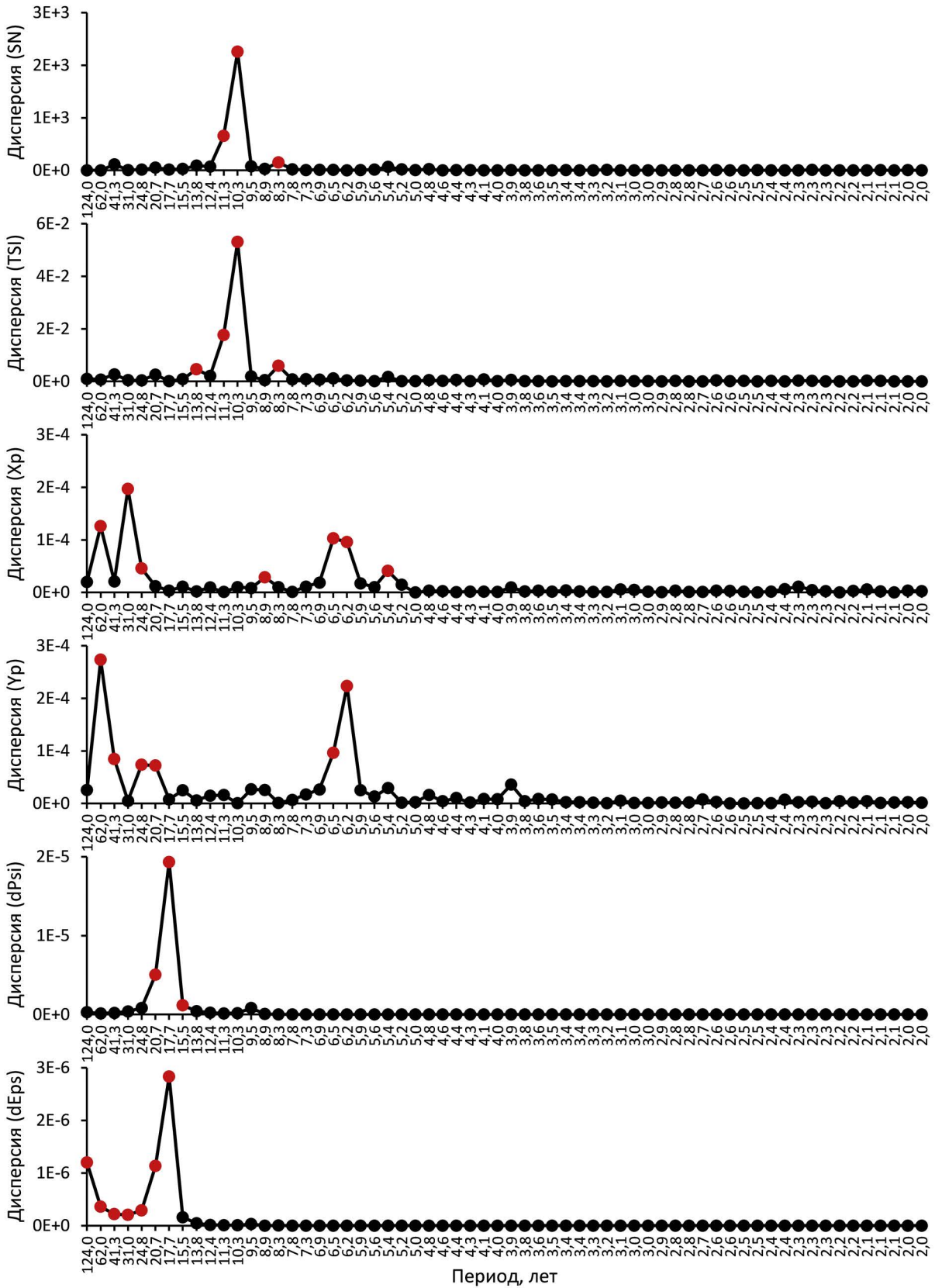


Рис. 6. Периодограммы астрогеофизических параметров (SN, TSI, Xp, Yp, dPsi, dEps) для 1900–2023 гг. Красными кружочками показаны статистически значимые гармоники

Fig. 6. Periodograms of astrogeophysical parameters (SN, TSI, Xp, Yp, dPsi, dEps) for 1900–2023. Red circles indicate statistically significant harmonics

Таблица 1. Периоды циклических колебаний температуры воды на разрезе «Кольский меридиан», глобальных климатических индексов и астрогеофизических параметров, выделенные с помощью гармонического анализа за 1900–2023 гг.

Table 1. Periods of cyclic fluctuations in water temperature in the Kola section, global climate indices and astrogeophysical parameters, identified using harmonic analysis for 1900–2023

Индекс/ параметр	Периоды циклических колебаний, лет				
	<4	4–8	9–13	14–24	>24
Tw	–	5; 5,6; 7,8	10,3	13,8; 17,7	62
TI	–	–	–	20,7	31; 41,3; 62
wNAO	2,4; 2,5; 2,8; 3,6; 3,9	4,6; 7,8	–	13,8; 20,7	62
wNPI	2,3; 2,4; 3,3	4,4; 4,8; 5,6	–	17,7; 20,7	62
AMO	–	–	8,9	20,7	62
SN	–	8,3	10,3; 11,3	–	–
TSI	–	8,3	10,3; 11,3	13,8	–
Xp	–	5,4; 6,2; 6,5	8,9	–	24,8; 31; 62
Yp	–	6,2; 6,5	–	20,7	24,8; 41,3; 62
dPsi	–	–	–	15,5; 17,7; 20,7	–
dEps	–	–	–	17,7; 20,7	24,8; 31; 41,3; 62

Примечание: жирным выделены периоды, совпадающие с циклами температуры воды; все представленные гармоники статистически значимы с вероятностью 95%

изменчивости циркуляции атмосферы [Воробьев и др., 2006]. Гармоника с периодом 62 года соответствует 60-летнему солнечному циклу Фритца, который связан с изменением расстояния между Землёй и Солнцем из-за диссимметрии Солнечной системы – смещения центра Солнца относительно центра масс (барицентра) Солнечной системы под влиянием планет, главным образом, Юпитера и Сатурна, в результате

чего формируется циклическое (с периодом около 60 лет) колебание притока солнечной радиации, поскольку он обратно пропорционален квадрату расстояния между Землёй и Солнцем, что отражается в изменениях состояния атмосферы и океана [Гудкович и др., 2009].

В ходе корреляционного анализа (табл. 2) выявлены статистически значимые (p -value < 0,001) прямые

Таблица 2. Коэффициенты корреляции Пирсона (r) между температурой воды на разрезе «Кольский меридиан» (T_w , °C) и влияющими на неё факторами, взятыми с временными лагами (в годах), на которых отмечена наиболее тесная связь. Статистическая значимость коэффициентов корреляции оценена с помощью уровня значимости p -value

Table 2. Pearson correlation coefficients (r) between water temperature in the Kola section (T_w , °C) and the factors influencing it, taken with time lags (in years) showing the strongest correlation. The statistical significance of the correlation coefficients was assessed using p -value

Влияющий фактор	R	P-value	Лag
Глобальный индекс приземной температуры для Северного полушария (TI , °C)	0,65	<0,001	0
	0,65	<0,001	2
	0,65	<0,001	7
Зимний (декабрь–март) индекс Северо-Атлантического колебания ($wNAO$)	0,36	<0,001	0
	0,38	<0,001	16
Зимний (ноябрь–март) Северо-Тихоокеанский индекс ($wNPI$, гПа)	–0,29	0,002	9
Индекс Атлантического мультидекадного колебания (AMO)	0,62	<0,001	2
	0,63	<0,001	6
Солнечная активность (число солнечных пятен) (SN)	–0,19	0,039	7
Интенсивность солнечного излучения (TSI , Вт/м ²)	0,30	0,001	2
X-координата полюса Земли (Xp , угловая секунда)	0,59	<0,001	0
	0,51	<0,001	6
Y-координата полюса Земли (Yp , угловая секунда)	0,53	<0,001	2
Нутация оси вращения Земли в долготу ($dPsi$, угловая секунда)	–0,53	<0,001	0
Нутация оси вращения Земли в наклоне ($dEps$, угловая секунда)	–0,52	<0,001	0

связи между температурой атлантических вод Баренцева моря и такими факторами, как глобальный индекс приземной температуры (без лага и с лагами 2 и 7 лет), зимний индекс Северо-Атлантического колебания (без лага и с лагом 16 лет), индекс Атлантического мультидекадного колебания (с лагами 2 и 6 лет), интенсивность солнечного излучения (с лагом 2 года) и положение полюса Земли (без лага и с лагами 2 и 6 лет), а также значимые (p -value < 0,040) обратные связи между температурой воды и зимним Северо-Тихоокеанским индексом (с лагом 9 лет), солнечной активностью (с лагом 7 лет) и нутацией оси вращения Земли в долготе и наклоне (без лага). Наиболее тесная связь (p -value < $1 \cdot 10^{-12}$) отмечена с глобальным индексом приземной температуры Северного полушария ($r = 0,65$, без лага и с лагами 2 и 7 лет), индексом Атлантического мультидекадного колебания ($r = 0,62 \dots 0,63$, с лагами 2 и 6 лет) и X-координатой полюса Земли ($r = 0,59$, без лага).

В ходе регрессионного анализа всех переменных из раздела «Материалы и методы» построены уравнения множественной линейной регрессии для температуры атлантических вод на разрезе «Кольский меридиан», включающие в себя все возможные комбинации объясняющих переменных, взятых с лагами, на которых связь с температурой была наилучшей (см. табл. 2). При этом из всех построенных уравнений в дальнейшем имеет смысл использовать лишь те, что включают не более пяти предикторов, так как последующее увеличение их количества практически не улучшает информационную способность модели: рост R^2 составляет всего 0,01, что соответствует 1% объяснённой дисперсии. В итоге для дальнейшего анализа выбраны три уравнения, по одному наилучшему (с наибольшим R^2) из наборов с тремя, четырьмя и пятью предикторами:

$$T_w = 4,157 + 0,1856 \cdot wNAO + 0,1594 \cdot wNAO_{-16} + 0,9621 \cdot AMO_{-6}, \quad (1)$$

$$T_w = 4,288 + 0,1737 \cdot wNAO + 0,1559 \cdot wNAO_{-16} + 0,9740 \cdot AMO_{-6} - 0,001460 \cdot SN_{-7}, \quad (2)$$

$$T_w = 4,267 + 0,1698 \cdot wNAO + 0,1429 \cdot wNAO_{-16} + 0,3985 \cdot AMO_{-2} + 0,6730 \cdot AMO_{-6} - 0,001415 \cdot SN_{-7}. \quad (3)$$

Все коэффициенты регрессии в уравнениях 1–3 статистически значимые (p -value < 0,020), а R^2 составил 0,590, 0,623 и 0,643 соответственно (p -value << 0,001), т.е. эти уравнения объясняют 59, 62 и 64% изменчивости температуры воды Баренцева моря. Вклад отдельных предикторов в дисперсию зависимой переменной представлен в табл. 3, из которой видно, что наибольший вклад в межгодовые изменения температуры атлантических вод на разрезе

«Кольский меридиан» вносит Атлантическое мультидекадное колебание (34–38%), следом идёт Северо-Атлантическое колебание (23–25%), а на солнечную активность приходится всего 4%. При этом добавление в качестве предиктора АМО с лагом 2 года снижает вклад АМО с лагом 6 лет примерно на 10%, но несколько увеличивает общий вклад индекса Атлантического мультидекадного колебания (на 4% – до 38%).

Регрессионные уравнения для прогностических целей отбирались среди тех, что включали лишь предикторы, опережающие зависимую переменную. В итоге были выбраны четыре уравнения, включающие в себя от трёх до пяти факторов: зимний индекс Северо-Атлантического колебания с лагом 16 лет, зимний Северо-Тихоокеанский индекс с лагом 9 лет, индекс Атлантического мультидекадного колебания с лагами 2 и 6 лет, солнечную активность с лагом 7 лет и X-координату полюса Земли с лагом 6 лет, которые позволяют составлять сверхдолгосрочные прогнозы температуры атлантических вод в Баренцевом море с заблаговременностью 2 года (уравнение 6) и 6 лет (уравнения 4, 5 и 7):

$$T_w = 4,314 + 0,1613 \cdot wNAO_{-16} + 1,0229 \cdot AMO_{-6} - 0,001783 \cdot SN_{-7}, \quad (4)$$

$$T_w = 4,250 + 0,1679 \cdot wNAO_{-16} + 0,7807 \cdot AMO_{-6} - 0,001908 \cdot SN_{-7} + 3,217 \cdot Xp_{-6}, \quad (5)$$

$$T_w = 4,290 + 0,1467 \cdot wNAO_{-16} + 0,4434 \cdot AMO_{-2} + 0,6866 \cdot AMO_{-6} - 0,001724 \cdot SN_{-7}, \quad (6)$$

$$T_w = 38,985 + 0,1696 \cdot wNAO_{-16} - 0,03441 \cdot wNPI_{-9} + 0,7185 \cdot AMO_{-6} - 0,001966 \cdot SN_{-7} + 3,225 \cdot Xp_{-6}. \quad (7)$$

В уравнениях 4–7 все коэффициенты регрессии статистически значимые (p -value < 0,040), а R^2 составил 0,518, 0,551, 0,543 и 0,569 соответственно (p -value << 0,001), т.е. эти уравнения объясняют 52, 55, 54 и 57% изменчивости температуры воды в Баренцевом море. Вклад отдельных предикторов, взятых с лагами, в дисперсию прогнозируемой переменной представлен в табл. 4, из которой видно, что в прогностических уравнениях регрессии наибольший вклад в межгодовые изменения температуры атлантических вод на разрезе «Кольский меридиан» вносит Атлантическое мультидекадное колебание (25–40%), за ним следуют Северо-Атлантическое колебание (10–11%) и X-координата полюса Земли (11%), а на Северо-Тихоокеанский индекс и солнечную активность приходится всего 4 и 5% соответственно. При этом добавление в уравнение 6 (относительно уравнения 4) в качестве предиктора АМО с лагом 2 года снижает на 12% вклад АМО с лагом 6 лет, одновременно увеличивая на 4% общий вклад индекса Атлантического мультидекадного колебания, который достигает

Таблица 3. Вклад (%) влияющих факторов в изменчивость температуры атлантических вод в Баренцевом море в уравнениях 1–3 (индекс указывает на лаг предиктора в годах)**Table 3.** Contribution (%) of influencing factors to the variability of Atlantic water temperature in the Barents Sea in equations 1–3 (the index indicates the lag of the predictor in years)

Уравнение регрессии	Влияющий фактор				
	wNAO	wNAO ₋₁₆	AMO ₋₂	AMO ₋₆	SN ₋₇
Уравнение 1	14,4	10,6		34,0	
Уравнение 2	13,4	10,4	–	34,4	4,0
Уравнение 3	13,1	9,5	14,0	23,8	3,9

Таблица 4. Вклад (%) влияющих факторов в изменчивость температуры атлантических вод в Баренцевом море в уравнениях 4–7 (индекс указывает на лаг предиктора в годах)**Table 4.** Contribution (%) of influencing factors to the variability of Atlantic water temperature in the Barents Sea in equations 4–7 (the index indicates the lag of the predictor in years)

Уравнение регрессии	Влияющий фактор					
	wNAO ₋₁₆	wNPI ₋₉	AMO ₋₂	AMO ₋₆	SN ₋₇	Xp ₋₆
Уравнение 4	10,7	–	–	36,2	4,9	–
Уравнение 5	11,2	–	–	27,6	5,2	11,1
Уравнение 6	9,8	–	15,5	24,3	4,7	–
Уравнение 7	11,3	3,7	–	25,4	5,4	11,1

40%. Тогда как включение в уравнения 5 и 7 X-координаты полюса Земли, а в уравнение 7 дополнительно Северо-Тихоокеанского индекса уменьшает вклад АМО (относительно уравнения 4) на 9 и 11% соответственно. Поскольку X-координата полюса Земли определяет наклон её оси вращения, от чего зависит степень нагрева поверхности Земли и воздуха вследствие инсоляции, очевидно, что этот фактор должен оказывать влияние на изменения температуры воды как в Баренцевом море, так и в Северной Атлантике. Поэтому, после его введения в уравнение регрессии в качестве предиктора, он, возможно, «перетянул» на себя ту часть объяснённой моделью дисперсии функции отклика, что ранее объяснял опосредованно через индекс Атлантического мультидекадного колебания, отражающий изменчивость температуры поверхности Северной Атлантики.

Известно [Бородич, 2000], что статистическая значимость коэффициентов (параметров) регрессии и близкий к единице коэффициент детерминации R^2 не гарантируют высокое качество уравнения регрессии. Согласно теореме Гаусса-Маркова, оценки параметров регрессионной модели являются несмещёнными, состоятельными и эффективными, а сама модель адекватной и надёжной лишь при выполнении предпосылок использования метода наименьших квадратов – ряда предположений относительно её остатков (разностей между фактическими и рассчитанными

по уравнению регрессии значениями зависимой переменной), а именно: (1) математическое ожидание, т.е. среднее арифметическое, остатков равно нулю, (2) остатки независимы от объясняющих переменных, (3) дисперсия остатков постоянна (условие гомоскедастичности), (4) автокорреляция остатков отсутствует, а (5) их распределение подчиняется нормальному закону [Малинин, 2008].

Для проверки оптимальности выбранных для прогноза температуры воды уравнений регрессии (далее в качестве синонима также будет использоваться термин «регрессионная модель») выполнен подробный анализ их остатков. На рис. 7 видно, что во всех случаях среднее арифметическое остатков равно нулю, что указывает на отсутствие систематической ошибки в определении положения линии регрессии, т.е. оценки коэффициентов регрессии являются несмещёнными. Тренд (нестационарность по математическому ожиданию) в распределении остатков отсутствует, распределение не зависит от времени – наблюдается равномерно заполненная полоса рассеяния, параллельная оси абсцисс, т.е. в функции отклика нет неучтённого тренда. Коэффициенты линейной корреляции Пирсона между остатками регрессионных моделей 4–7 и включёнными в них предикторами оказались статистически незначимыми (p -value = 0,986...0,999), точно так же как и коэффициенты ранговой корреляции Спирмена

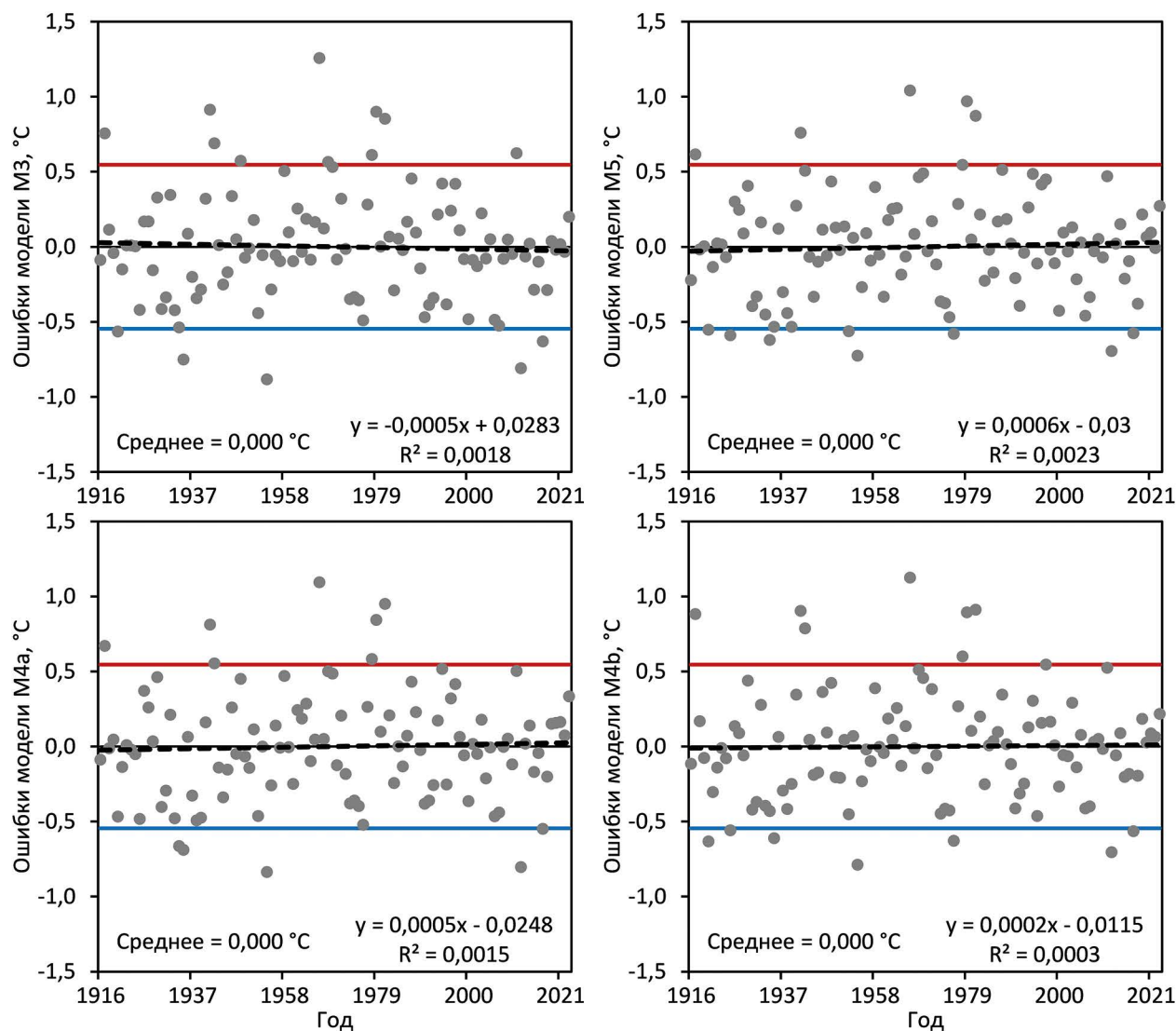


Рис. 7. Ошибки регрессионных моделей М3, М4а, М4б и М5 (уравнения 4–7). Цифры в названиях моделей указывают на количество предикторов. Пунктирной линией показан линейный тренд (также приведены уравнение и коэффициент детерминации тренда), красной и синей сплошными линиями – предельно допустимые ошибки ($\pm 1\sigma$)

Fig. 7. Errors of regression models M3, M4a, M4b and M5 (equations 4–7). The numbers in model names indicate the number of predictors. The dashed line shows a linear trend (the equation and the coefficient of determination of the trend are also given), the red and blue solid lines show maximum permissible errors ($\pm 1\sigma$)

(p -value = 0,513...0,994), что свидетельствует о независимости остатков от объясняющих переменных, т.е. о несмещённости и состоятельности оценок параметров этих моделей, и подтверждает корректность выбора линейного вида регрессии.

Проверка остатков на гомоскедастичность (стационарность по дисперсии) выполнена путём расчёта коэффициента ранговой корреляции Спирмена между абсолютными величинами (модулями) остатков и отдельными предикторами, а также их линейной комбинацией, т.е. зависимой переменной, рассчитанной по уравнению регрессии [Бородич, 2000]. Для всех четырёх моделей (4–7) данные коэффициенты оказались

статистически незначимыми (p -value = 0,073...0,963), свидетельствуя в пользу гомоскедастичности (постоянства дисперсии остатков) и, соответственно, эффективности (надёжности) оценок параметров регрессии. Значимым оказался лишь коэффициент корреляции Спирмена между модулями остатков модели 7 и индексом Северо-Атлантического колебания (p -value = 0,028), а также между ними и рассчитанной по этой модели функцией отклика (p -value = 0,033), что может указывать на наличие гетероскедастичности в модели 7 по отношению к wNAO и на возможную неэффективность (малую надёжность) оценки коэффициента регрессии при этом предикторе, на что в дальнейшем

следует обратить внимание. Дополнительно, соблюдение условия гомоскедастичности проверено графическим методом: построены графики, на которых по оси ординат отложены остатки, а по оси абсцисс – время (см. рис. 7), предикторы и рассчитанная по модели зависимая переменная (графики для последних двух вариантов построены, но не показаны в целях экономии места). Судя по рис. 7, для всех четырёх моделей дисперсия их остатков постоянна – они распределены в виде равномерной полосы, параллельной оси абсцисс.

Отсутствие автокорреляции остатков проверялось с помощью критерия Дарбина-Уотсона, значения которого для моделей 4–7 изменялись от 1,51 до 1,54, что согласно [Малинин, 2008] свидетельствует о неопределённости в этом вопросе, т.е. гипотеза об отсутствии автокорреляции не может быть ни принята, ни отклонена. Поэтому для дополнительной проверки был использован Q-тест Льюнга-Бокса с количеством лагов, равным 5 (определённым как $\ln(n)$, где $n = 108$). P-value этого теста для рассматриваемых моделей варьировал от 0,051 до 0,110, т.е. во всех случаях превышал 0,050, что не позволяет отклонить нулевую гипотезу об отсутствии автокорреляции на 5%-ном уровне значимости. Таким образом, четвёртая предпосылка метода наименьших квадратов соблюдена, что также подтверждает эффективность и состоятельность оценок коэффициентов выбранных прогностических уравнений.

Остатки всех четырёх моделей (4–7) в целом подчиняются нормальному закону распределения, что было оценено с помощью критерия Шапиро-Уилка (p -value = 0,058...0,397) и критерия согласия Колмогорова-Смирнова (p -value = 0,447...0,875). Лишь в модели 6 критерий Шапиро-Уилка указал на возможное отклонение распределения остатков от

нормального закона (p -value = 0,023). Тем не менее, учитывая оценки, полученные с помощью непараметрического критерия Колмогорова-Смирнова, можно говорить о допустимости применения t-критерия Стьюдента и F-критерия Фишера для проверки статистических гипотез о значимости уравнений регрессии и их параметров [Малинин, 2008].

Также выполнена необходимая для множественной регрессии проверка независимых переменных на отсутствие мультиколлинеарности. Критерий VIF (фактор инфляции дисперсии – мера оценки степени мультиколлинеарности в множественной регрессии) для разных предикторов в моделях 4–7 составил 1,0; 1,0–1,6; 1,0–2,6 и 1,0–1,7 соответственно, что говорит об отсутствии или слабой мультиколлинеарности, не требующей вмешательства, поскольку $VIF < 5$.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в целом распределение остатков рассмотренных прогностических моделей носит случайный характер, а сами модели являются адекватными и надёжными.

Результаты оценки обеспеченности и эффективности выбранных моделей показаны в табл. 5. Для проверки оправдываемости моделей на независимой выборке период с 1916 по 2023 гг. (не с 1900 г., так как максимальный лаг одного из предикторов 16 лет) был разбит на рабочую (1916–2003 гг.) и независимую (2004–2023 гг.) выборки. Вначале на основе рабочей выборки пересчитывались коэффициенты регрессии в уравнениях 4–7, по которым затем рассчитывались прогнозы на 2004–2023 гг. с последующей проверкой их оправдываемости (см. табл. 5, рис. 8).

Обеспеченность регрессионных моделей 4–7, обозначенных в табл. 5 как M3, M4a, M4b и M5 (по количеству предикторов), при допустимой ошибке 1σ , используемой при оценке качества сверхдолгосрочных прогнозов, оказалась на 19–22% выше обеспе-

Таблица 5. Оценка качества регрессионных моделей при допустимой ошибке 1σ
Table 5. Quality assessment of regression models at an acceptable error of 1σ

Модель	Показатели качества модели									
	R ²	p-value	Pm, %	Pn, %	ΔP, %	SE, °C	MAE, °C	MAPE, %	Pf, %	ΔF, °C
M3	0,518	<0,001	86	67	19	0,384	0,281	7,2	75	0,338
M4a	0,551	<0,001	89	67	22	0,373	0,279	7,1	80	0,243
M4b	0,543	<0,001	87	67	20	0,376	0,278	7,1	80	0,274
M5	0,569	<0,001	87	67	20	0,367	0,275	7,0	80	0,280

Примечание: M3, M4a, M4b и M5 – регрессионные модели, основанные на уравнениях 4, 5, 6 и 7 соответственно, включающие 3, 4 или 5 предикторов, R² – коэффициент детерминации, p-value – уровень значимости, Pm – обеспеченность модели в сравнении с обеспеченностью по норме (Pn), ΔP – эффективность модели (превышение Pm над Pn), SE – стандартная (среднеквадратическая) ошибка, MAE – средняя абсолютная ошибка, MAPE – средняя абсолютная процентная ошибка, Pf – оправдываемость прогноза на независимой выборке (2004–2023 гг., коэффициенты регрессии в этом случае пересчитывались для 1916–2003 гг.), ΔF – средняя абсолютная ошибка прогноза.

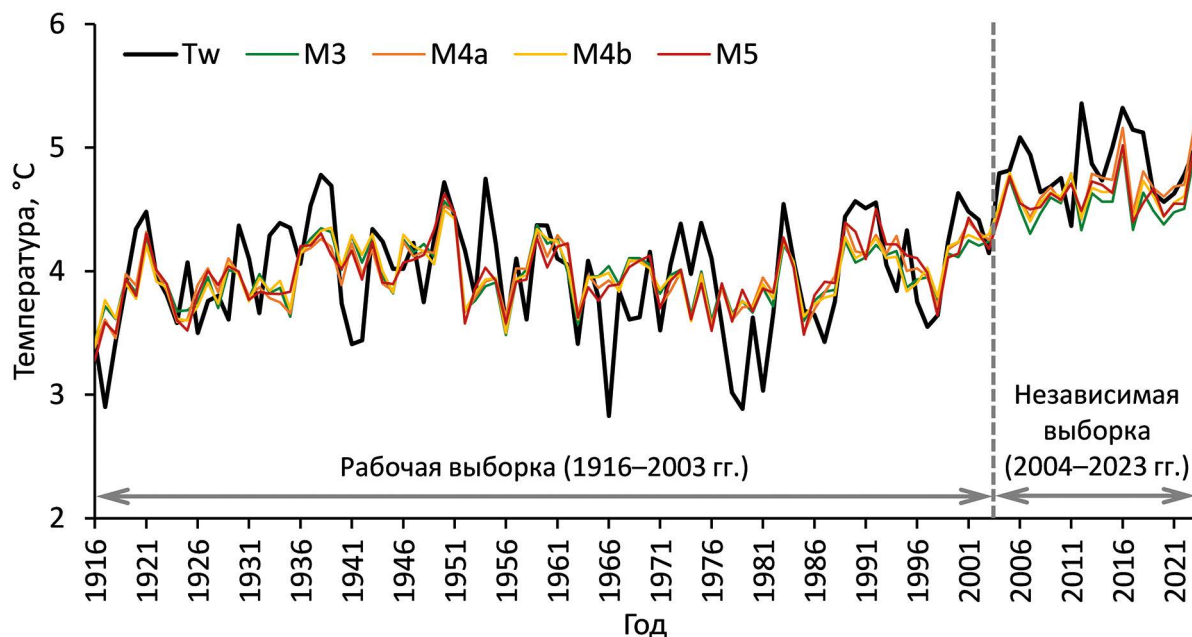


Рис. 8. Наблюдённая (T_w) и рассчитанная по регрессионным моделям (M3, M4a, M4b, M5) температура воды на разрезе «Кольский меридиан» в 1916–2023 гг.

Fig. 8. Observed (T_w) and calculated using regression models (M3, M4a, M4b, M5) water temperature in the Kola section in 1916–2023

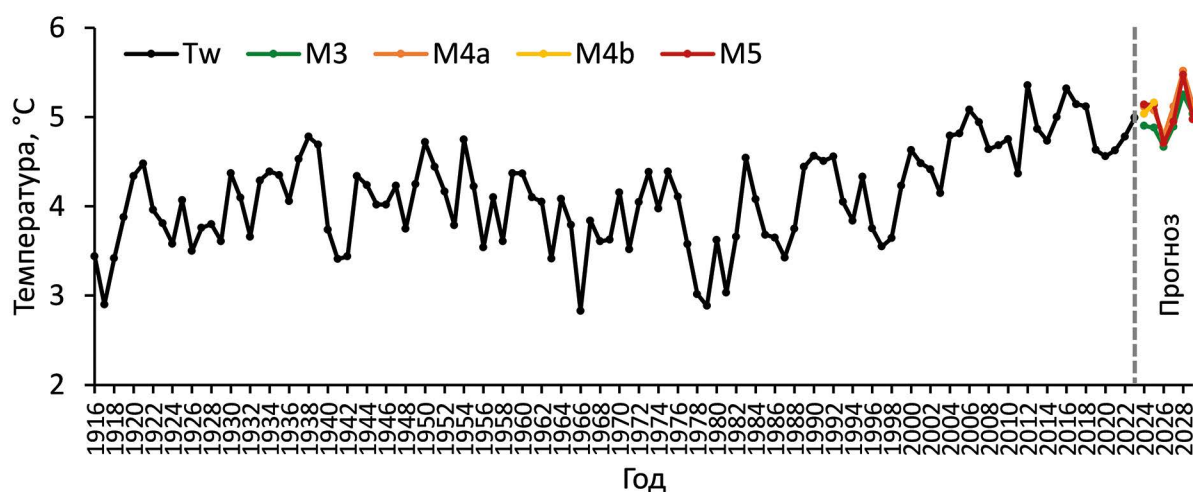
ченности прогноза по норме, что свидетельствует об их эффективности и возможности применения на практике. Среднеквадратическая ошибка составила 0,367–0,384 °C, что в 1,5 раза меньше среднеквадратического отклонения зависимой переменной (0,546 °C), т.е. указанные модели обладают предсказательной силой, поскольку лучше описывают функцию отклика, чем её среднее арифметическое значение. Средняя абсолютная ошибка варьировала незначительно (от 0,275 °C для модели M5 до 0,281 °C для модели M3), как и средняя абсолютная процентная ошибка (7,0–7,2%), величина которой говорит о хорошем качестве построенных уравнений. Лучшую оправдываемость (80%) показали модели M4a, M4b и M5, включающие в себя от 4 до 5 предикторов, с наименьшей средней абсолютной ошибкой прогноза (0,243 °C) у модели M4a, которая при описании межгодовой изменчивости температуры воды Баренцева моря учитывает адвекцию тепла течениями из Северной Атлантики (через индекс Атлантического мультideкадного колебания), интенсивность западного переноса воздушных масс в Баренцево море и атмосферную циркуляцию над ним (через зимний индекс Северо-Атлантического колебания), изменчивость инсоляции – степени нагрева за счёт солнечной радиации поверхности Земли и воздуха (через солнечную активность и широтную координату полюса Земли, связанную с наклоном оси вращения планеты).

С помощью регрессионных моделей 4–7 составлены экспериментальные прогнозы температуры атлантических вод на разрезе «Кольский меридиан» на 2024–2029 гг. (табл. 6, рис. 9). Результаты по всем четырём моделям показали хорошую согласованность. Среднее абсолютное отклонение между прогнозами по моделям M4a, M4b и M5 составило около 0,1 °C. Лишь модель M3 выдала по сравнению с каждой из них заниженную (в среднем на 0,2 °C) прогнозируемую температуру. Таким образом, ориентируясь на прогнозы моделей с четырьмя и пятью предикторами, следует ожидать понижение температуры воды на разрезе до 4,7–4,8 °C в 2026 г., а затем её рост до 5,5 °C в 2028 г. (что может стать новым историческим максимумом) с последующим уменьшением в 2029 г. до уровня 2024, 2025 и 2027 гг. (около 5,0–5,1 °C). Следует особо подчеркнуть, что представленные в этом абзаце прогнозируемые значения температуры имеют допустимую погрешность 1σ , т.е., по сути, прогноз – это не одно единственное значение, а диапазон значений (см. табл. 6).

Согласно имеющимся в нашем распоряжении сведениям о фактической температуре воды на разрезе «Кольский меридиан» за 2024 и 2025 гг., можно сказать, что её прогнозы на эти два года оправдались по всем четырём моделям (см. табл. 6), поскольку их абсолютные ошибки (0,01–0,42 °C) оказались ниже допустимой ошибки 1σ (0,55 °C), используемой для

Таблица 6. Прогноз температуры воды (°C) на разрезе «Кольский меридиан» на 2024–2029 гг. по регрессионным моделям M3, M4a, M4b и M5**Table 6.** Forecast of water temperature (°C) in the Kola section for 2024–2029 using regression models M3, M4a, M4b and M5

Модель	Год					
	2024	2025	2026	2027	2028	2029
M3	4,90±0,55	4,88±0,55	4,67±0,55	4,89±0,55	5,25±0,55	5,04±0,55
M4a	5,12±0,55	5,08±0,55	4,79±0,55	5,12±0,55	5,52±0,55	5,13±0,55
M4b	5,03±0,55	5,16±0,55	–	–	–	–
M5	5,14±0,55	5,14±0,55	4,71±0,55	4,95±0,55	5,48±0,55	4,98±0,55
Факт	4,72	5,15	–	–	–	–

**Рис. 9.** Температура воды на разрезе «Кольский меридиан»: наблюденная в 1916–2023 гг. (Tw) и спрогнозированная на 2024–2029 гг. по регрессионным моделям (M3, M4a, M4b, M5)**Fig. 9.** Water temperature in the Kola section: observed in 1916–2023 (Tw) and predicted for 2024–2029 using regression models (M3, M4a, M4b, M5)

оценки оправдываемости морских гидрологических прогнозов с заблаговременностью более 6 месяцев⁸.

Обобщив результаты анализа остатков регрессионных моделей M3, M4a, M4b, M5 и проверки их качества, эффективности, оправдываемости и ошибок (табл. 7), для долгосрочного прогнозирования температуры атлантических вод в Баренцевом море рекомендуется использовать модель M4a (как наилучшую): $T_w = 4,250 + 0,1679 \cdot wNAO_{-16} + 0,7807 \cdot AMO_{-6} - 0,001908 \cdot SN_{-7} + 3,217 \cdot Xp_{-6}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изменениях температуры атлантических вод в Баренцевом море с 1900 г. по настоящее время имеется значимый положительный тренд (0,08 °C за

10 лет, $R^2 = 0,287$). Наиболее интенсивный её рост начался с конца 1970-х годов (0,37 °C за 10 лет, $R^2 = 0,617$). Выделены четыре крупных периода: два холодных (1900–1929 и 1963–1988 гг.) и два тёплых (1930–1962 и 1989–2023 гг.). Холодные периоды были близки по статистическим показателям температуры воды, тёплые отличались – современное потепление стало более сильным, чем предыдущее.

Наибольший вклад в межгодовые изменения температуры воды Баренцева моря вносят квадратичный тренд (32,6%) и 62-летняя гармоника (13,4%), которая отвечает за чередование тёплых и холодных периодов. Найдена значимая связь температуры как с глобальными климатическими индексами ($|r| = 0,29 - 0,65$), так и с астрогоефизическими факторами ($|r| = 0,19 - 0,59$).

Построены четыре регрессионные модели для прогноза температуры воды Баренцева моря с заблаговременностью 2 года и 6 лет. Для использова-

⁸ РД 52.27.759-2011. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3. Часть III. Служба морских гидрологических прогнозов (введён в действие Приказом Росгидромета от 24.02.2012 № 112).

Таблица 7. Ранги регрессионных моделей М3, М4а, М4б и М5 по результатам проверки их качества (1 – лучшая модель, 4 – худшая модель)

Table 7. Ranks of regression models М3, М4а, М4б and М5 based on the results of their quality testing (1 – best model, 4 – worst model)

Критерий проверки качества модели	Модель			
	М3	М4а	М4б	М5
1-я предпосылка метода наименьших квадратов (МНК)	2,5	2,5	2,5	2,5
2-я предпосылка МНК (на основе коэффициентов корреляции Пирсона и Спирмена)	3	3	3	1
3-я предпосылка МНК	1	2	3	4*
4-я предпосылка МНК (на основе критерия Дарбина-Уотсона и Q-теста Льюнга-Бокса)	3,5	1,5	3,5	1,5
5-я предпосылка МНК (на основе критериев Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова)	3	1,5	4**	1,5
Проверка предикторов на мультиколлинеарность (на основе критерия VIF)	1	2	4	3
Коэффициент детерминации модели (с учётом числа степеней свободы)	4	2	3	1
Значимость коэффициентов регрессии (для выборок за 1916–2003 и 1916–2023 гг.)	1	2	3,5***	3,5***
Эффективность модели (ΔP)	4	1	2,5	2,5
Ошибки модели (SE, MAE, MAPE)	4	2,5	2,5	1
Оправдываемость модели на независимой выборке (Pf)	4	2	2	2
Ошибка прогноза на независимой выборке (ΔF)	4	1	2	3
Среднее значение	2,9	1,9	3,0	2,2
Итоговый ранг	3	1	4	2

Примечание: * – тест на соблюдение условия гомоскедастичности провален, ** – тест на нормальность распределения остатков модели по критерию Шапиро-Уилка провален, *** – для выборки за 1916–2003 гг. отдельные коэффициенты регрессии оказались незначимыми.

ния на практике выбрана наиболее адекватная и надёжная модель, включающая зимний индекс Северо-Атлантического колебания (вклад в изменчивость температуры 11%), индекс Атлантического мультискального колебания (28%), солнечную активность (5%) и X-координату полюса Земли (11%).

Согласно составленным экспериментальным прогнозам температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» на 2024–2029 гг., ожидается её понижение до 4,8 °С в 2026 г., затем рост до 5,5 °С в 2028 г. с последующим уменьшением в 2029 г. до уровня 2024, 2025 и 2027 гг. (5,1 °С) при допустимой ошибке 0,55 °С.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания Полярного филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М.Книповича).

ЛИТЕРАТУРА

- Аверкиев А. С., Густов Д. В., Карпова И. П., Серяков Е. И. 2005. Исследование и долгосрочное прогнозирование тепловых процессов на разрезе «Кольский меридиан» // 100 лет океанографических наблюдений на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море: сборник докладов международного симпозиума. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 15–31.
- Бойцов В. Д. 2007. Космогеофизические факторы и межгодовые колебания температуры воды Баренцева моря // Рыбное хозяйство. № 1. С. 57–60.
- Бойцов В. Д., Гузенко В. В. 2021. Сравнительный анализ межгодовой изменчивости температуры воды поверхности юго-западной части Баренцева моря и на разрезе «Кольский меридиан» // Труды ВНИРО. Т. 186. № 4. С. 119–131. DOI: 10.36038/2307-3497-2021-186-119-131.

- Бойцов В.Д., Карсаков А.Л., Аверкиев А.А., Густоев Д.В., Карпова И.П. 2010. Исследование изменчивости гидрофизических характеристик по наблюдениям на разрезе «Кольский меридиан» // Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. № 15. С. 135–149.
- Бородич С.А. 2000. Вводный курс эконометрики. Минск: БГУ. 354 с.
- Бочков Ю.А. 1978. Учёт 11-летних колебаний солнечной активности в фоновых прогнозах температуры воды Баренцева моря // Труды ПИНРО. Вып. 40. С. 33–43.
- Бочков Ю.А. 1979. Сверхдолгосрочные прогнозы температуры воды разреза «Кольский меридиан» // Методические рекомендации по прогнозированию температуры воды в Северном рыбопромысловом бассейне. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 125–164.
- Бочков Ю.А. 1982. Ретроспектива температуры воды в слое 0–200 м на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море (1900–1981 гг.) // Труды ПИНРО. Вып. 46. С. 113–122.
- Бочков Ю.А. 2005. Крупномасштабные колебания температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» и их прогнозирование // 100 лет океанографических наблюдений на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море: сборник докладов международного симпозиума. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 47–64.
- Бочков Ю.А., Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. 1968. Основные закономерности многолетних колебаний температуры воды Баренцева моря и их связь с геофизическими процессами // Труды ПИНРО. Вып. 23. С. 104–115.
- Воробьев В.Н., Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. 2006. Лунный нодальный (деклинационный) прилив и его возможное влияние на циркуляцию атмосферы // Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета. № 2. С. 7–19.
- Вязигина Н.А., Тимохов Л.А., Егорова Е.С., Юлин А.В. 2021. Информативность гидрометеорологических и астрогеофизических факторов в задаче описания межгодовых колебаний ледовитости Гренландского моря // Лёд и Снег. Т. 61. № 3. С. 431–444. DOI: 10.31857/S2076673421030099.
- Герман Дж.Р., Голдберг Р.А. 1981. Солнце, погода и климат. Пер. с англ. Л.: Гидрометеиздат. 319 с.
- Гершанович Д.Е., Муромцев А.М. 1983. Океанологические основы биологической продуктивности Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат. 320 с.
- Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М., Фролов И.Е. 2009. О характере и причинах изменений климата Земли // Проблемы Арктики и Антарктики. № 81. С. 15–23.
- Елисеева И.И., Юзбашев М.М. 2004. Общая теория статистики. М.: Финансы и статистика. 656 с.
- Ижевский Г.К. 1961. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. М.: Пищепромиздат. 215 с.
- Карпова И.П., Сустанов Ю.В., Николаев Д.Л. 1989. Использование приёмов экстраполяции временных рядов в методах сверхдолгосрочного прогнозирования // Методы расчёта и прогноза гидрометеорологических процессов в промысловых районах. Л.: ЛГМИ. Вып. 112. С. 22–35.
- Карсаков А.Л., Трофимов А.Г., Анциферов М.Ю., Ившин В.А., Губанищев М.А. 2022. 120 лет океанографических наблюдений на разрезе «Кольский меридиан». Мурманск: ПИНРО им. Н.М.Книповича. 145 с.
- Кисляков А.Г. 1968. О связи термики вод Норвежского и Нордкапского течений // Труды ПИНРО. Вып. 23. С. 143–156.
- Коросов А.В., Горбач В.В. 2007. Компьютерная обработка биологических данных. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. 76 с.
- Лис Н.А., Чернявская Е.А., Миронов Е.У., Тимохов Л.А., Егорова Е.С. 2023. Информативность факторов, формирующих долгопериодные колебания ледовитости отдельных районов Баренцева моря // Российская Арктика. Т. 5. № 2. С. 17–32. DOI: 10.24412/2658-4255-2023-2-17-32.
- Максимов И.В., Смирнов Н.П. 1967. Генетический метод прогноза многолетних колебаний климатических характеристик в океане // Труды ПИНРО. Вып. 20. С. 323–335.
- Малинин В.Н. 2008. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. СПб.: РГГМУ. 408 с.
- Малинин В.Н. 2020. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. Том 2. Анализ временных рядов и случайных полей. СПб.: РГГМУ. 196 с.
- Методические рекомендации по прогнозированию температуры воды в Северном рыбопромысловом бассейне. 1979. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 173 с.
- Методические рекомендации по статистико-вероятностному прогнозированию океанологических характеристик. 1989. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 90 с.
- Методические рекомендации по использованию метода сверхдолгосрочного прогнозирования гидрометеорологических элементов (МСПГЭ) и программного комплекса «Призма». 1997. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 40 с.
- Ожигин В.К., Ившин В.А., Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Анциферов М.Ю. 2016. Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 260 с.
- Ожигин В.К., Третьяк В.Л., Ярагина Н.А., Ившин В.А. 1999. Океанографические условия Баренцева моря и их влияние на выживание и развитие молоди северо-восточной арктической трески. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 88 с.
- Протасов Ю.М., Юров В.М. 2016. Гармонический анализ периодических колебаний объёмов продаж компании на основе инструмента «регрессия» MS EXCEL // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. № 2. С. 115–121. DOI: 10.18384/2310-6646-2016-2-115-121.
- Смирнов Н.П., Саруханян Э.И., Бочков Ю.А. 1967. Многолетние колебания гидрологического режима Баренцева и Норвежского морей и возможности их прогнозирования // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. Вып. 8. С. 111–121.
- Сустанов Ю.В. 1978. Физико-статистическая модель изменчивости температуры воды Баренцева моря и метод

- расчёта и прогноза её компонент // Труды ГОИН. Вып. 147. С. 34–44.
- Тимохов Л.А., Вязигина Н.А., Миронов Е.У., Юлин А.В. 2019. Климатические изменения сезонных и долгопериодных колебаний ледовитости Гренландского и Баренцева морей // Проблемы Арктики и Антарктики. Т. 65. № 2. С. 148–168. DOI: 10.30758/0555-2648-2019-65-2-148-168.
- Трофимов А. Г., Губанищев М.А., Анциферов М.Ю., Прокопчук И.П., Манушин И.Е., Стрелкова Н.А., Брыкина А.С., Вязникова В.С., Новиков М.А., Горбачева Е.А. 2025. Гидрохимические, гидробиологические и экотоксикологические исследования на разрезе «Кольский меридиан». Мурманск: «ПИНРО» им. Н.М.Книповича. 204 с.
- Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Ившин В.А. 2018. Изменения климата в Баренцевом море на протяжении последнего полувека // Труды ВНИРО. Т. 173. С. 79–91. DOI: 10.36038/2307-3497-2018-173-79-91.
- Шевченко А.В. 2000. Океанологические условия формирования промысловой продуктивности в морях Северо-Европейского бассейна. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 100 с.
- Boitsov V.D., Karsakov A.L., Trofimov A.G. 2012. Atlantic water temperature and climate in the Barents Sea, 2000–2009 // ICES Journal of Marine Science. V. 69. № 5. P. 833–840. DOI: 10.1093/icesjms/fss075.
- Dalpadado P., Arrigo K.R., Hjøllø S.S., Rey F., Ingvaldsen R.B., Sperfeld E., van Dijken G.L., Stige L.C., Olsen A., Ottersen G. 2014. Productivity in the Barents Sea – response to recent climate variability // PLoS ONE. V. 9. № 5. Art. e95273. DOI: 10.1371/journal.pone.0095273.
- González-Pola C., Larsen K.M.H., Fratantoni P., Beszczynska-Möller A. (Eds.). 2020. ICES Report on Ocean Climate 2019 // ICES Cooperative Research Report. № 350. 136 pp. DOI: 10.17895/ices.pub.7537.
- Ingvaldsen R., Loeng H., Ottersen G., Ådlandsvik B. 2003. Climate variability in the Barents Sea during the 20th century with a focus on the 1990s // ICES Marine Science Symposia. V. 219. P. 160–168.
- Ingvaldsen R.B., Asplin L., Loeng H. 2004. The seasonal cycle in the Atlantic transport to the Barents Sea during the years 1997–2001 // Continental Shelf Research. V. 24. № 9. P. 1015–1032. DOI: 10.1016/j.csr.2004.02.011.
- Jakobsen T., Ozhigin V.K. (Eds.). 2011. The Barents Sea: ecosystem, resources, management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation. Trondheim: Tapir Academic Press. 825 pp.
- Loeng H., Blindheim J., Ådlandsvik B., Ottersen G. 1992. Climatic variability in the Norwegian and Barents Seas // ICES Marine Science Symposium. V. 195. P. 52–61.
- Loeng H., Drinkwater K. 2007. An overview of the ecosystems of the Barents and Norwegian Seas and their response to climate variability // Deep-Sea Research II. V. 54. № 23–26. P. 2478–2500. DOI: 10.1016/j.dsr2.2007.08.013.
- Maslowski W., Marble D., Walczowski W., Schauer U., Clement J.L., Semtner A.J. 2004. On climatological mass, heat, and salt transports through the Barents Sea and Fram Strait from a pan-Arctic coupled ice-ocean model simulation // Journal of Geophysical Research. V. 109. Art. C03032. DOI: 10.1029/2001JC001039.
- Ottersen G., Ådlandsvik B., Loeng H. 2000. Predicting the temperature of the Barents Sea // Fisheries Oceanography. V. 9. Iss. 2. P. 121–135. DOI: 10.1046/j.1365-2419.2000.0127.x.
- Ottersen G., Ådlandsvik B., Loeng H. 2005. The Kola section – an indicator of Barents Sea climate // 100 years of oceanographic observations along the Kola section in the Barents Sea. Papers of the intern.l symp. Murmansk: PINRO Press. P. 236–251.

REFERENCES

- Averkiev A.S., Gustoev D.V., Karpova I.P., Seryakov E.I. 2005. Investigations and forecasting of long-term temperature variations in the Kola section // 100 years of oceanographic observations along the Kola section in the Barents Sea: Papers of the intern. symp. Murmansk: PINRO Publish. P. 15–31. (In Russ.).
- Boitsov V.D. 2007. Cosmogeophysic factors and year-to-year variations in the Barents Sea temperature // Fisheries Journal. № 1. P. 57–60. (In Russ.).
- Boitsov V.D., Guzenko V.V. 2021. Comparative analysis of interannual variability of water temperature on the surface of the southwestern part of the Barents Sea and on the Kola Section // Trudy VNIRO. V. 186. № 4. P. 119–131. DOI: 10.36038/2307-3497-2021-186-119-131. (In Russ.).
- Boitsov V.D., Karsakov A.L., Averkiev A.S., Gustoev D.V., Karpova I.P. 2010. Study of hydrophysical characteristic variability based on observations from the Kola section // Proc. of the Russian State Hydrometeorological University. № 15. P. 135–149. (In Russ.).
- Borodich S.A. 2000. Introductory course in econometrics. Minsk: BSU. 354 pp. (In Russ.).
- Bochkov Yu.A. 1978. Allowance for 11-year variations of solar activity in forecasting of the Barents Sea water temperature // Trudy PINRO. № 40. P. 33–43. (In Russ.).
- Bochkov Yu.A. 1979. Ultra-long-term forecasts of water temperature in the Kola section // Methodological recommendations on forecasting water temperature in the Northern Fisheries Basin. Murmansk: PINRO Publish. P. 125–164. (In Russ.).
- Bochkov Yu.A. 1982. Water temperature in the 0–200 m layer in the Kola section in the Barents Sea, 1900–1981 // Trudy PINRO. № 46. P. 113–122. (In Russ.).
- Bochkov Yu.A. 2005. Large-scale variations in water temperature in the Kola section and their forecasting // 100 years of oceanographic observations along the Kola section in the Barents Sea: Papers of the intern. symp. Murmansk: PINRO Publish. P. 47–64. (In Russ.).
- Bochkov Yu.A., Sarukhanyan E.I., Smirnov N.P. 1968. Major regularities of long-term variations in water temperature of the Barents Sea and their link with geophysical processes // Trudy PINRO. № 23. P. 104–115. (In Russ.).
- Vorobyev V.N., Sarukhanyan E.I., Smirnov N.P. 2006. The Moon nodal (declination) tide and its possible effect on the

- atmospheric circulation // Proc. of the Russian State Hydrometeorological University. № 2. P. 7–19. (In Russ.).
- Viazigina N.A., Timokhov L.A., Egorova E.S., Yulin A.V. 2021. Informativeness (information-bearing) of hydrometeorological and astrogeophysical factors in the problem of describing interannual fluctuations of the Greenland Sea ice coverage // Ice and Snow. V. 61. № 3. P. 431–444. doi:10.31857/S2076673421030099. (In Russ.).
- Herman J.R., Goldberg R.A. 1981. Sun, weather, and climate. Leningrad: Gidrometeoizdat. 319 pp. (In Russ.).
- Gershanovich D.E., Muromtsev A.M. 1983. Oceanological bases of biological productivity of the World Ocean. Leningrad: Gidrometeoizdat. 320 pp. (In Russ.).
- Gudkovich Z.M., Karklin V.P., Smolyanitsky V.M., Frolov I.E. 2009. On the character and causes of the Earth's climate changes // Arctic and Antarctic Research. № 81. P. 15–23. (In Russ.).
- Eliseeva I.I., Yuzbashev M.M. 2004. General theory of statistics. Moscow: Finansy i Statistika. 656 pp. (In Russ.).
- Izhevsky G.K. 1961. Oceanological bases of forming commercial productivity of the seas. Moscow: Pishchepromizdat. 215 pp. (In Russ.).
- Karpova I.P., Sustavov Yu.V., Nikolaev D.L. 1989. The use of time series extrapolation technique in methods of super long-term forecast // Methods of calculation and forecast of hydrometeorological processes in the fishing areas. Leningrad: LSML. № 112. P. 22–35. (In Russ.).
- Karsakov A.L., Trofimov A.G., Antsiferov M.Yu., Ivshin V.A., Gubanishchev M.A. 2022. 120 years of oceanographic observations along the Kola Section. Murmansk: PINRO Publish. 145 pp. (In Russ.).
- Kislyakov A.G. 1968. On relationship between temperatures of Norwegian and North Cape currents // Trudy PINRO. № 23. P. 143–156. (In Russ.).
- Korosov A.V., Gorbach V.V. 2007. Computer processing of biological data. Petrozavodsk: PetrGU Press. 76 pp. (In Russ.).
- Lis N.A., Cherniavskaya E.A., Mironov E.U., Timokhov L.A., Egorova E.S. 2023. Informativeness (information-bearing) of factors forming interannual variability of the Barents Sea and its individual areas ice cover // Russian Arctic. V. 5. № 2. P. 17–32. DOI: 10.24412/2658-4255-2023-2-17-32. (In Russ.).
- Maximov I.V., Smirnov N.P. 1967. Genetic method for predicting the long-term variations of climatic properties in the ocean // Trudy PINRO. № 20. P. 323–335. (In Russ.).
- Malinin V.N. 2008. Statistical methods for analyzing hydrometeorological information. Saint Petersburg: RSGMU. 408 pp. (In Russ.).
- Malinin V.N. 2020. Statistical methods for analyzing hydrometeorological information. Volume 2. Analysis of temporal series and random fields. Saint Petersburg: RSGMU. 196 pp. (In Russ.).
- Methodical recommendations on forecasting of water temperature in the Northern Fisheries Basin. 1979. Murmansk: PINRO Publish. 173 pp. (In Russ.).
- Methodical recommendations on statistical forecasting of oceanographic characteristics. 1989. Murmansk: PINRO Publish. 90 pp. (In Russ.).
- Methodical recommendations on the use of a super long forecasting method of hydrometeorological parameters (SLFMHP) and a software package «Prizma». 1997. Murmansk: PINRO Publish. 40 pp. (In Russ.).
- Ozhigin V.K., Ivshin V.A., Trofimov A.G., Karsakov A.L., Antsiferov M.Yu. 2016. The Barents Sea waters: structure, circulation, variability. Murmansk: PINRO Publish. 260 pp. (In Russ.).
- Ozhigin V.K., Tretyak V.L., Yaragina N.A., Ivshin V.A. 1999. The Barents Sea oceanographic conditions and their impact on the survival and development of juvenile Northeast Arctic cod. Murmansk: PINRO Publish. 88 pp. (In Russ.).
- Protasov Yu.M., Yurov V.M. 2016. The harmonic analysis of periodic fluctuations in sales volumes of the company by means of «Regression» MS Excel tool // Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Economics. № 2. P. 115–121. DOI: 10.18384/2310-6646-2016-2-115-121. (In Russ.).
- Smirnov N.P., Sarukhanyan E.I., Bochkov Yu.A. 1967. Long-term variations in hydrographic regime of the Barents and Norwegian seas and possibilities of their forecasting // Materials of fisheries investigations in the Northern Basin. № 8. P. 111–121. (In Russ.).
- Sustavov Yu.V. 1978. Physical and statistical model of water temperature variability in the Barents Sea and a method of calculation and prediction of its components // Trudy GOIN. № 147. P. 34–44. (In Russ.).
- Timokhov L.A., Vyazigina N.A., Mironov E.U., Yulin A.V. 2019. Climatic changes of seasonal and inter-annual variability of the ice cover of the Greenland and Barents Seas // Arctic and Antarctic Research. V. 65. № 2. P. 148–168. DOI: 10.30758/0555-2648-2019-65-2-148-168. (In Russ.).
- Trofimov A.G., Gubanishchev M.A., Antsiferov M.Yu., Prokopchuk I.P., Manushin I.E., Strelkova N.A., Brykina A.S., Vyaznikova V.S., Novikov M.A., Gorbacheva E.A. 2025. Hydrochemical, hydrobiological and ecotoxicological studies in the Kola Section. Murmansk: PINRO Publish. 204 pp. (In Russ.).
- Trofimov A.G., Karsakov A.L., Ivshin V.A. 2018. Climate changes in the Barents Sea over the last half century // Trudy VNIRO. V. 173. P. 79–91. DOI: 10.36038/2307-3497-2018-173-79-91. (In Russ.).
- Shevchenko A.V. 2000. Oceanological conditions for forming commercial productivity in the seas of the North European basin. Murmansk: PINRO Publish. 100 pp. (In Russ.).
- Boitsov V.D., Karsakov A.L., Trofimov A.G. 2012. Atlantic water temperature and climate in the Barents Sea, 2000–2009 // ICES Journal of Marine Science. V. 69. № 5. P. 833–840. DOI: 10.1093/icesjms/fss075.
- Dalpadado P., Arrigo K.R., Hjøllø S.S., Rey F., Ingvaldsen R.B., Sperfeld E., van Dijken G.L., Stige L.C., Olsen A., Ottersen G. 2014. Productivity in the Barents Sea – response to recent

- climate variability // PLoS ONE. V. 9. № 5. Art. e95273. DOI: 10.1371/journal.pone.0095273.
- González-Pola C., Larsen K. M. H., Fratantoni P., Beszczynska-Möller A. (Eds.). 2020. ICES Report on Ocean Climate 2019 // ICES Cooperative Research Report. № 350. 136 pp. DOI: 10.17895/ices.pub.7537.
- Ingvaldsen R., Loeng H., Ottersen G., Ådlandsvik B. 2003. Climate variability in the Barents Sea during the 20th century with a focus on the 1990s // ICES Marine Science Symposia. V. 219. P. 160–168.
- Ingvaldsen R. B., Asplin L., Loeng H. 2004. The seasonal cycle in the Atlantic transport to the Barents Sea during the years 1997–2001 // Continental Shelf Research. V. 24. № 9. P. 1015–1032. DOI: 10.1016/j.csr.2004.02.011.
- Jakobsen T., Ozhigin V. K. (Eds.). 2011. The Barents Sea: ecosystem, resources, management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation. Trondheim: Tapir Academic Press. 825 pp.
- Loeng H., Blindheim J., Ådlandsvik B., Ottersen G. 1992. Climatic variability in the Norwegian and Barents Seas // ICES Marine Science Symposium. V. 195. P. 52–61.
- Loeng H., Drinkwater K. 2007. An overview of the ecosystems of the Barents and Norwegian Seas and their response to climate variability // Deep-Sea Research II. V. 54. № 23–26. P. 2478–2500. DOI: 10.1016/j.dsr2.2007.08.013.
- Maslowski W., Marble D., Walczowski W., Schauer U., Clement J. L., Semtner A. J. 2004. On climatological mass, heat, and salt transports through the Barents Sea and Fram Strait from a pan-Arctic coupled ice-ocean model simulation // Journal of Geophysical Research. V. 109. Art. C03032. DOI: 10.1029/2001JC001039.
- Ottersen G., Ådlandsvik B., Loeng H. 2000. Predicting the temperature of the Barents Sea // Fisheries Oceanography. V. 9. Iss. 2. P. 121–135. DOI: 10.1046/j.1365-2419.2000.00127.x.
- Ottersen G., Ådlandsvik B., Loeng H. 2005. The Kola section – an indicator of Barents Sea climate // 100 years of oceanographic observations along the Kola section in the Barents Sea. Papers of the intern.l symp. Murmansk: PINRO Press. P. 236–251.

Поступила в редакцию 17.02.2026 г.
Принята после рецензий 31.03.2026 г.



УДК 595.3:549.25 (268.45)

Среда обитания водных биологических ресурсов

Содержание свинца в промысловых ракообразных Баренцева моря (по многолетним данным)

М. А. Новиков^{1,2}, Е. А. Горбачева¹, М. Н. Харламова²

¹Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ ВНИРО («ПИНРО» им. Н.М.Книповича), ул. Академика Книповича, 6, Мурманск, 183038 Россия

²Мурманский арктический университет (ФГАОУ ВО «МАУ»), ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, 183010

E-mail: mnovik@pinro.vniro.ru

SPIN-код: М.А.Новиков – 2063–5426; Е.А.Горбачева – 3135–1411; М.Н.Харламова – 5482–4673

Цель работы: исследовать и оценить уровень содержания свинца в мышцах и гепатопанкреасе основных промысловых ракообразных Баренцева моря.

Материалом исследования послужили образцы камчатского краба *Paralithodes camtschaticus*, краба-стригуна *Chionoecetes opilio* и северной креветки *Pandalus borealis*, выловленных в ходе экспедиций «ПИНРО» им. Н.М.Книповича в период 2014–2024 гг. Изучены пробы мышц, а также гепатопанкреаса крабов.

Новизна: впервые на большом объеме материала выполнен сравнительный анализ содержания Pb в камчатском крабе, крабе-стригуне опилио и северной креветке Баренцева моря. Предложены уровни естественного природного содержания Pb в мышцах исследованных крабов и северной креветки из Баренцева моря, которые следует рассматривать в качестве регионального фона.

Используемые методы: свинец в пробах определяли методом пламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии на спектрофотометре фирмы «Shimadzu» (Япония). Статистическую обработку данных и построение диаграмм осуществляли в среде MS Excel 2016 и прикладном пакете Statistica 13.

Результаты: показано, что среднее содержание Pb в мышцах и гепатопанкреасе исследованных гидробионтов не превышало установленный норматив допустимого содержания 10 мг/кг сырой массы. Отмечено более высокое среднее содержание Pb в мышцах креветки по сравнению с крабами. Содержание Pb в гепатопанкреасе изученных крабов в 2,6 и 8,5 раза превышает таковое в мышцах. Сделано предположение о выраженной видоспецифичности уровня содержания Pb в мышцах краба-стригуна опилио. Предложены расчётные фоновые уровни содержания Pb в мышцах камчатского краба, краба-стригуна и северной креветке Баренцева моря, которые могут быть использованы для выявления антропогенного воздействия.

Практическая значимость: полученные результаты использованы для установления соответствия безопасности промысловых беспозвоночных принятым в России требованиям технического регламента Таможенного союза (ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»).

Ключевые слова: Арктика, токсичные металлы, крабы, креветка, мышцы, гепатопанкреас.

Lead content in commercial crustaceans of the Barents Sea

Mikhail A. Novikov^{1,2}, Elena A. Gorbacheva¹, Marina N. Kharlamova²

¹Polar branch of VNIRO (N.M. Knipovich «PINRO»), 6, Academician Knipovich St., Murmansk, 183038, Russia

²Murmansk Arctic University («MAU»), 13, Sportivnaya St., Murmansk, 183010, Russia

This study aims to identify the lead content in the muscle and hepatopancreas of the main commercial crustaceans from the Barents Sea.

The material for this study was the samples of red king crab *Paralithodes camtschaticus*, snow crab *Chionoecetes opilio* and northern shrimp *Pandalus borealis* caught during the research cruises conducted by «PINRO» from 2014 to 2024. This study examines the samples of muscles collected from crustaceans, as well as the samples of hepatopancreas collected crabs.

Novelty: for the first time, a comparative analysis of Pb content in Kamchatka crab, snow crab, and northern shrimp from the Barents Sea was performed using a large volume of material. Natural Pb levels in the muscles of the studied crabs and northern shrimp from the Barents Sea were proposed, which should be considered as a regional background.

Methods used: the lead in samples was detected by flame atomic absorption spectrophotometry using Shimadzu (Japan) spectrophotometer. Processing of statistical data and diagram plotting were performed in MS Excel and Statistica 13 application package.

Results: It was shown that the average Pb content in the muscle and hepatopancreas of the studied aquatic organisms did not exceed the established permissible content standard of 10 mg/kg wet weight. A higher average Pb content was noted in shrimp muscle compared to crabs. The Pb content in the hepatopancreas of the studied crabs was 2.6 and 8.5 times higher than that in muscle. An assumption was made about pronounced species-specific Pb levels in the muscle of the snow crab *opilio*. Estimated background levels of Pb content in the muscles of the red king crab, snow crab, and northern shrimp of the Barents Sea are proposed, which can be used to identify anthropogenic impacts.

Practical relevance: the obtained results were used to estimate the compliance with safety standards for commercial invertebrates established by the technical regulations of the Customs Union accepted in Russia (TP CU 021/2011 «On food safety»).

Keywords: Arctic, toxic metals, crabs, shrimps, muscle, hepatopancreas.

ВВЕДЕНИЕ

Свинец является одним из наиболее токсичных металлов, он способен к аккумуляции в живых организмах и не имеет, как принято считать, известной полезной биологической функции, т.е. является неэссенциальным элементом [Stankovic et al., 2012]. По этой причине его накопление в организме при употреблении пищевой продукции с высоким содержанием Pb может представлять серьёзный риск для здоровья человека. В частности, у детей Pb может вызывать снижение интеллектуальных способностей и когнитивного развития, а у взрослых – повышение артериального давления и сердечно-сосудистые заболевания¹.

Свинец попадает в прибрежные воды посредством сброса промышленных сточных вод химических, металлургических, покрасочных, красильных, аккумуляторных производств, нефтеперерабатывающих заводов и т.д. Противообрастающие краски, используемые для предотвращения роста морских организмов на днищах морских судов, также содержат Pb в качестве важного компонента. Эти краски способны к постоянному выщелачиванию токсичных металлов в воду, чтобы оказывать токсическое воздействие на организмы-обрастатели (ракообразные, моллюски и др.) [Филенко, Михеева, 2007; Израэль, Цыбань, 2009].

Свинец попадает в Мировой океан и прибрежные воды не только из наземных источников, но также и из атмосферы с аэрозолем и осадками. Атмосферное поступление свинцовых аэрозолей может быть весьма значительным. Важнейшим источником поступления Pb в атмосферу является автомобильный транспорт. В этилированном бензине содержится органическое соединение Pb – триэтилсвинец, которое

более токсично для живых организмов, чем неорганический Pb [Clark, 2011; Kumar et al., 2020].

Достаточно много Pb может находиться в морской рыбе, моллюсках и ракообразных. Наибольшее содержание Pb обнаружено в мягких тканях моллюсков. В то же время, признаков повышения содержания Pb на более высоких трофических уровнях не выявлено; скорее просматривается обратное [Dietz et al., 1996]. Этот вывод согласуется с результатами исследований D. Muir с соавт. [1992], которые представили коэффициент биоаккумуляции 0,2 от рыбы к тюленям и 0,07 от рыбы к китообразным.

Согласно TP TC 021/2011², в нерыбных объектах промысла (моллюски, ракообразные и другие беспозвоночные) и продуктах их переработки допускается содержание свинца не более 10,0 мг/кг.

Цель работы – исследовать и оценить уровень содержания свинца в мышцах и гепатопанкреасе камчатского краба и краба-стригуна *опилио*, а также в мышцах северной креветки Баренцева моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал для исследований – пробы камчатского краба, краба-стригуна *опилио* и северной креветки собиравшиеся в рамках комплексных научных экспедиций, главным образом, на судах «ПИНРО» им. Н.М.Книповича «Вильнюс», «Фритюф Нансен», «Профессор Бойко», «Смоленск», «Протей» и др. в рамках выполнения программ государственного мониторинга водных биологических ресурсов.

Камчатский краб, *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) – ценный промысловый вид. Интродуцент. Промысел камчатского краба в Баренцевом море ведётся с 2004 г. Среднегодовой вылов в ИЭЗ России в последние годы составляет около 12,5 тыс. т

¹ OJEC. Official Journal of the European Communities. 2001. Commission Regulation N° 466/2001 of 8 March 2001. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. L77: 1–13. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC034471>

² Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (TP TC - 021-2011). М.: Росстандарт, 2011. 242 с. <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/technicalregulationses>

[Амелькина и др., 2024]. Мясо камчатского краба является сырьём для приготовления деликатесной продукции, обладает хорошими вкусовыми качествами и высокой пищевой ценностью. В пищу употребляется мясо (белого цвета), находящееся в ногах, клешнях и в месте сочленения ног с карапаксом. Сырое мясо краба содержит много влаги и мало жира (0,18–0,91%), в гепатопанкреасе, напротив, содержание жира достигает 13–20% [Стесько и др., 2021; Лебская и др., 1998; Акулин и др., 2005].

Краб-стригун опилио, *Chionoecetes opilio* (Fabricius, 1788) – бореально-арктический вид. В отличие от камчатского краба, процесс интродукции которого детально документирован, время появления краба-стригуна опилио в Баренцевом море неизвестно. Ширина карапаксов крабов-стригунов Баренцева моря достигает 166 мм. Спектр пищевых объектов включает представителей практически всех основных групп баренцевоморского бентоса [Соколов и др., 2016]. Промысел краба-стригуна в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) России в Баренцевом море был

открыт в апреле 2016 г. В период с 2017 по 2019 гг. в Баренцевом море в ИЭЗ РФ успешно велся промысел краба-стригуна со среднесуточной производительностью от 9,2 до 11,4 т. На конец 2024 г. промысловая биомасса оценивалась на уровне 396 тыс. т [Александров и др., 2021; Анциферов и др., 2025].

Северная креветка, *Pandalus borealis* Krøyer, 1838 – также важный промысловый объект. Промысел северной креветки в Баренцевом море и в районе архипелага Шпицберген имел место с середины прошлого столетия. В 2003–2012 гг. промысел креветки был фактически прекращён. С 2013 г. наблюдается возобновление промысловой активности российских креветколовов. С 2017 г. отечественный вылов значительно увеличился, с 4 до 30 тыс. т, достигнув рекордных показателей в 2019 г. Согласно прогнозу, вылов северной креветки в пределах ИЭЗ России в Баренцевом море в 2025 г. может составить 26,5 тыс. т [Баканев, 2020; Александров и др., 2021; Анциферов и др., 2025]. Основное направление использования креветки – производство деликатесной

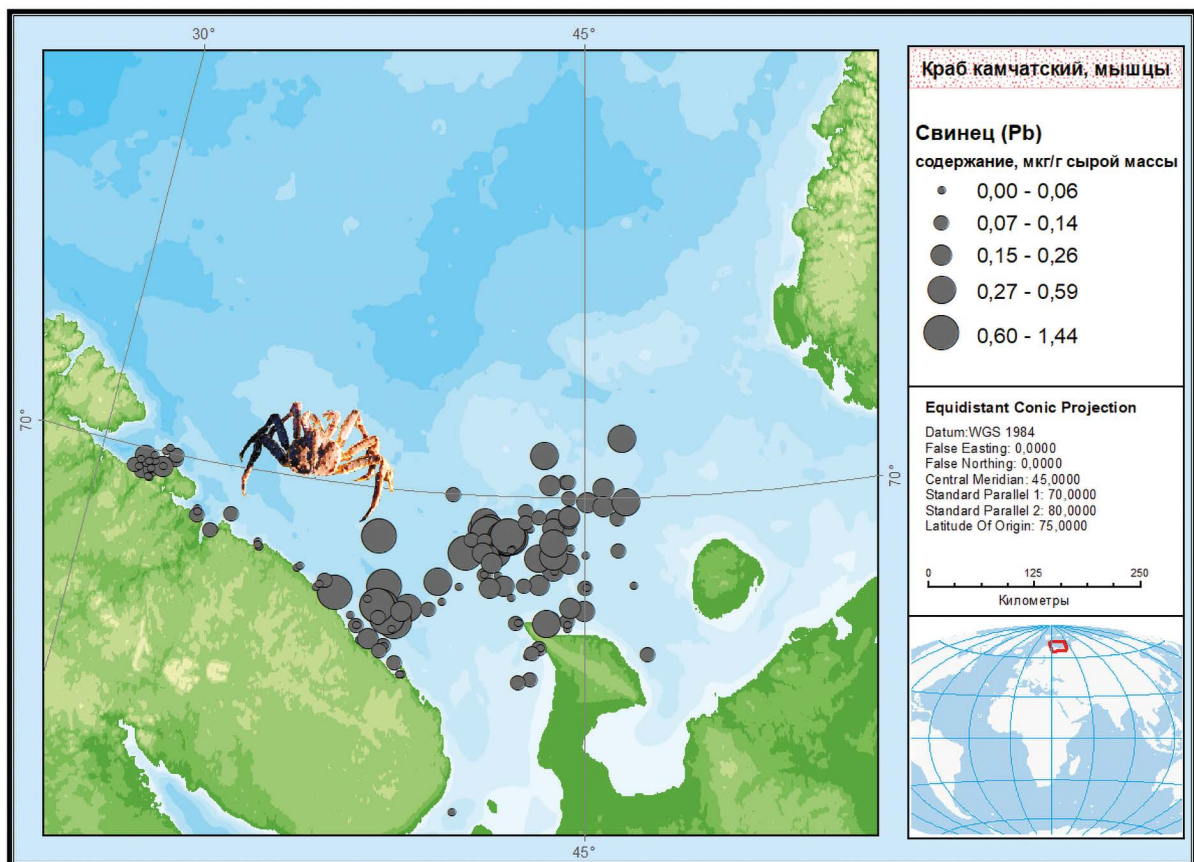


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб и содержание свинца в мышцах краба *P. camtschaticus* Баренцева моря (по данным 2014–2024 гг.)

Fig. 1. The map of sampling and lead content in the muscle of *P. camtschaticus* of the Barents Sea, mg/kg w.w. (according to 2014–2024 data)

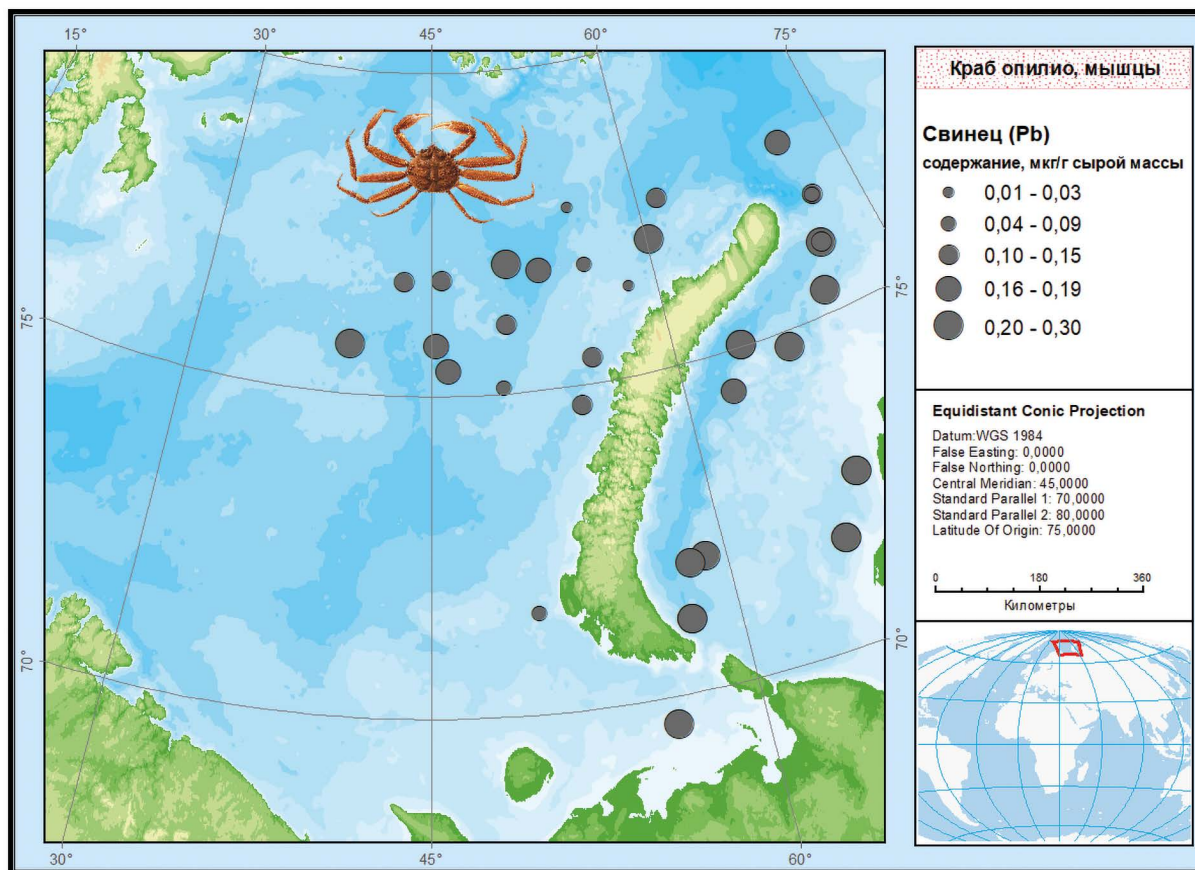


Рис. 2. Карта-схема расположения станций отбора проб и содержание свинца в мышцах краба *Ch. opilio* Баренцева моря (по данным 2019–2024 гг.)

Fig. 2. The map of sampling and lead content in the muscle of *Ch. opilio* of the Barents Sea, mg/kg w.w. (according to 2019–2024 data)

пищевой продукции, в том числе варено-мороженой, консервов, кулинарных изделий. Средний выход мяса креветки – 39–40%; содержание жира в мясе до 1,2%, белка – 18,3–19,7% [Лебская и др., 1998; Химический состав..., 2002].

В настоящей работе представлены результаты анализа проб мышечной ткани камчатского краба (самцы, $n = 167$ экз., отобраны в 2014–2024 гг.), краба-стригуна (самцы, $n = 47$ экз., период отбора 2019–2024 гг.) и северной креветки ($n = 206$ проб, собраны в 2019–2024 гг.). Практически все пробы были отобраны во время учётных ловов донным тралом и крабовыми ловушками на акватории Баренцева моря (рис. 1–3). Как следует из рис. 1, отдельные экземпляры камчатского краба были пойманы в Воронке Белого моря. Исследование содержания Pb в гепатопанкреасе крабов выполнялось на меньшем объёме материала, чем мышцы: для камчатского краба $n = 142$ проб, для краба-стригуна $n = 46$ проб. Одна проба камчатского краба соответствовала 1 экземпляру размером не менее 100 мм, для чего измеряли

ширину карапакса. Одна проба краба-стригуна, как правило, была объединённой и включала в себя 2–4 экз. размером от 61 до 134 мм. Из-за малых размеров особей северной креветки одна проба мышц включала материал из 12–30 экземпляров этого вида, отобранных случайным образом из 1 кг.

Отбор проб гидробионтов и их хранение осуществляли в соответствии с методическими указаниями ВНИРО [Изучение экосистем..., 2004]. По завершению отбора пробы были помещены в специальные пакеты, снабжённые бирками, и заморожены при -20 °C для доставки в стационарную лабораторию.

Подготовка и химический анализ проб выполнены в «ПИНРО» им. Н. М. Книповича на основе известной методики³. Подготовка проб проводили методом «мокрой» минерализации. Предварительно образцы тканей ракообразных тщательно измельчали и размешивали до пастообразного состояния. К навеске

³ ГОСТ 30178-96. Сырьё и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М.: Стандартинформ, 2010. 32 с. <http://gost.gtsever.ru/Data/91/9123.pdf>

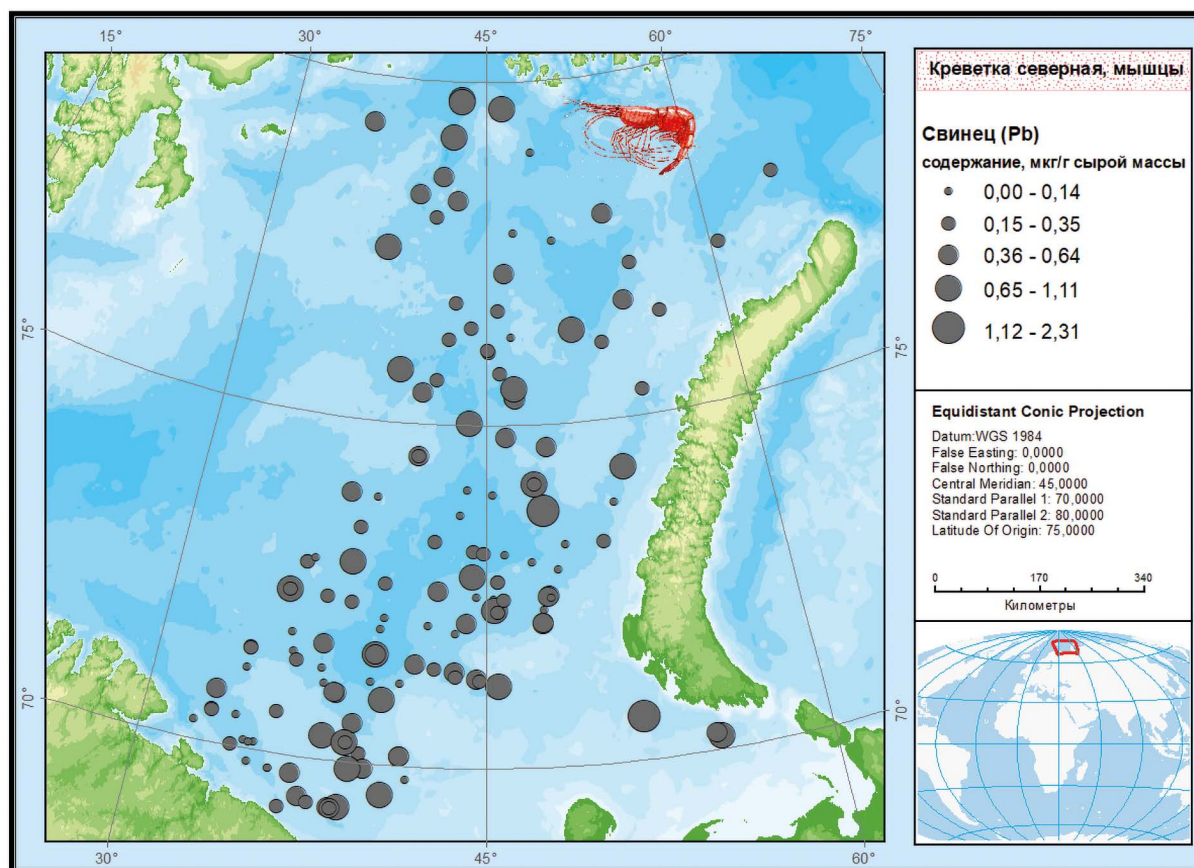


Рис. 3. Карта-схема расположения станций отбора проб и содержание свинца в мышцах креветки *P. borealis* Баренцева моря (по данным 2019–2024 гг.)

Fig. 3. The map of sampling and lead content in the muscle of *P. borealis* of the Barents Sea, mg/kg w.w. (according to 2019–2024 data)

мышц или гепатопанкреаса добавляли смесь 70% особо чистой HNO_3 и концентрированной H_2O_2 (4:1), выдерживали в течение 24 ч при комнатной температуре, затем помещали в микроволновую систему пробоподготовки МС-6 (НТФ «Вольта», г. Санкт Петербург, Россия). После охлаждения минерализат разбавляли деионизированной водой до объема 60 мл.

Свинец в пробах ракообразных определяли методом пламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы Shimadzu, модель AA 6800 (Япония). Условия проведения измерений на приборе следующие: длина волны 217 нм, ширина щели 0,5/0,7 нм, система коррекции фона D2. Тип пламени воздух/ацетилен. Для градуировки использовали Государственные стандартные образцы (ГСО) состава водных растворов ионов Pb. Каждая аналитическая серия включала «холостую» пробу, что позволяло контролировать возможное загрязнение образцов в процессе анализа. Содержание Pb в промышленных ракообразных указывали в мг/кг сырой массы. Статистическую обработку

данных и построение диаграмм осуществляли в среде MS Excel и программе Statistica 13. Карты выполняли в среде настольного ГИС-приложения ArcMap 10.2.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Данные по содержанию свинца в мышцах исследованных ракообразных, представлены на рис. 1–3 и в табл. 1.

Характер распределения величин содержания Pb в мышцах камчатского краба и северной креветки отличался от нормального по критерию Колмогорова-Смирнова ($p < 0,01$). Содержание Pb в мышцах краба-стригуна опилио, согласно тому же критерию, соответствует нормальному распределению ($p > 0,2$). Наибольшая вариабельность данных по содержанию Pb в мышцах рыб отмечена у камчатского краба – $\text{CV} = 146,6\%$. Относительно высокая вариабельность выявлена в пробах мышц северной креветки – $\text{CV} = 91,5\%$. Для краба-стригуна опилио вариабельность уровней содержания Pb в мышцах была заметно ниже – $\text{CV} = 64,2\%$.

Как видно из рис. 1–3 распределение содержания Pb в мышцах камчатского краба, краба-стригуна опилио и северной креветки на исследованной акватории относительно равномерное. Выявить географические районы низкого или, наоборот, повышенного содержания Pb не представляется возможным. В то же время, для северной креветки была предпринята попытка выполнить корреляционный анализ (по Спирмену) связи содержания Pb в мышцах с широтой и долготой расположения станций отбора проб. Проведённый статистический анализ не выявил заметной связи уровней содержания Pb в креветке ни широтой ($r_s = -0,017$, $p > 0,05$), ни с долготой ($r_s = 0,027$, $p > 0,05$).

Приведённые в табл. 1 уровни фонового содержания свинца в мышцах исследованных ракообразных Баренцева моря значительно ниже установленного норматива 10 мг/кг сырой массы. Величины фоновых уровней рассчитаны нами на основе подхода, предложенного ранее [Новиков и др., 2021, 2023].

В предшествующих исследованиях нами было показано отсутствие связи содержания Pb с массой (размером) трески и пикши Баренцева моря [Новиков и др., 2025]. Несколько иная картина наблюдается в случае камчатского краба. Из рис. 4 и статистического анализа следует, что содержание Pb в мышцах особей камчатского краба слабо коррелирует с шириной карапакса при $r_s = 0,33$ и $p < 0,05$ (по Спирмену). Следует учитывать, что при выполнении научной съёмки отбирались крабы преимущественно одного «стандартного» размера, в результате чего размерный состав крабов не отличался большим разнообразием и имел распределение, отличное от нормального по критерию Колмогорова-Смирнова ($p < 0,01$). Средняя ширина карапакса изученных камчатских крабов составила $157,5 \pm 1,34$ см.

Статистическая обработка представленных нами данных показала, что согласно однофакторному кри-

терию Краскела-Уоллиса ($p = 0,000$) имеют место значимые различия содержания Pb в мышцах исследованных ракообразных. Для выявления различий в отношении отдельных видов были выполнены межвидовые попарные сравнения с помощью *U*-критерия Манна-Уитни. В результате было показано, что содержание Pb в мышцах двух исследованных видов крабов достоверно различается ($p = 0,013$). Также достоверно отличается содержание свинца в мышцах камчатского краба и креветки ($p = 0,000$), краба-стригуна и креветки ($p = 0,003$).

Сказанное выше, а также сравнительно низкие величины стандартного отклонения и уровня 95 перцентиля для значений содержания Pb в мышцах краба-стригуна указывают на видоспецифичный характер его загрязнения этим металлом. Распространение этого вида в северных частях Баренцева и Карского морей, по-видимому, не имеет решающего значения, т.к. здесь широко встречается и северная креветка (см. рис. 2, 3).

В ходе анализа полученных данных нами предпринята попытка выявить зависимость между содержанием Pb и жира в мышцах камчатского краба. Как и ожидалось, достоверная корреляция этих параметров не обнаружена ($r_s = 0,17$; $p > 0,05$). Среднее содержание жира в мышцах исследованных крабов составляло 0,40%. Отмечено также, что изменчивость уровня содержания жира в мышцах особей камчатского краба отлична от нормального распределения.

Среднее содержание жира в мышцах исследованных крабов-стригунов составило 0,55% ($n = 15$), а в мышцах северной креветки – 0,85% ($n = 95$). Достоверная корреляция между содержанием Pb и жира в мышцах краба-стригуна ($r_s = 0,13$) и креветки ($r_s = 0,19$) также не выявлена.

В Баренцевом море выделяют несколько относительно изолированных пространственных группиро-

Таблица 1. Содержание свинца в мышцах промысловых ракообразных Баренцева моря

Table 1. Lead content in the muscle of commercial crustaceans of the Barents Sea

Вид гидробионта	Диапазон содержания, мг/кг	Среднее содержание $\pm m$ / медиана, мг/кг сырой массы	Стандартное отклонение	Фоновый уровень, 95 перцентиль
Камчатский краб, ♂	0,002–1,44	$\frac{0,20 \pm 0,02}{0,08}$	0,29	0,7
Краб-стригун опилио, ♀	0,01–0,64	$\frac{0,20 \pm 0,02}{0,20}$	0,12	0,4
Северная креветка	<0,001–2,31	$\frac{0,35 \pm 0,02}{0,27}$	0,31	0,9

Примечание: m – стандартная ошибка среднего арифметического; < 0,001 – значения ниже предела обнаружения применяемого метода анализа.

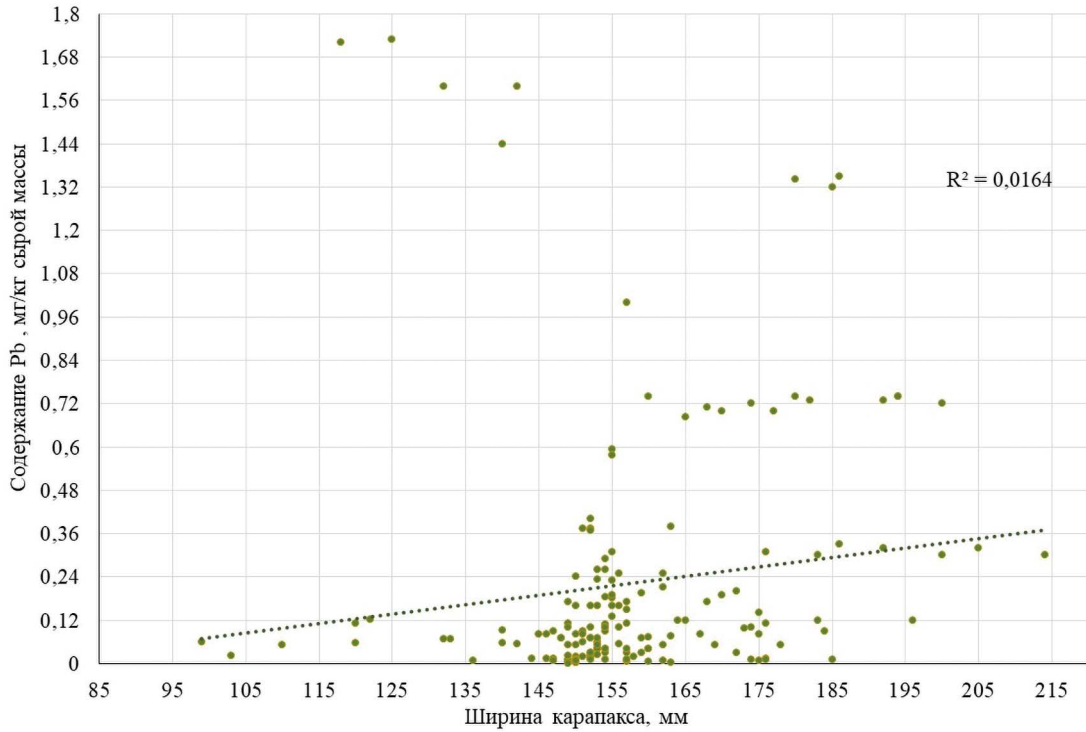


Рис. 4. Связь содержания свинца в мышцах краба *P. camtschaticus* Баренцева моря с шириной карапакса. Приведена линия тренда и коэффициент детерминации

Fig. 4. Correlation between lead content in the muscle of the crab *P. camtschaticus* from the Barents Sea and carapace width. Trend line and determination coefficient are shown

вок камчатского краба с собственным воспроизводством. Так относительно изолированными являются поселения крабов в Варангер-фьорде, Мотовском заливе, губе Западная Зеленецкая и в районе, распо-

ложенном восточнее 36° в.д., включая прибрежную зону и шельф [Стесько и др., 2021]. Мы сравнили содержание Pb в тканях крабов, обитающих в западном (к западу от 36° в.д., $n = 40$) и восточном (к востоку

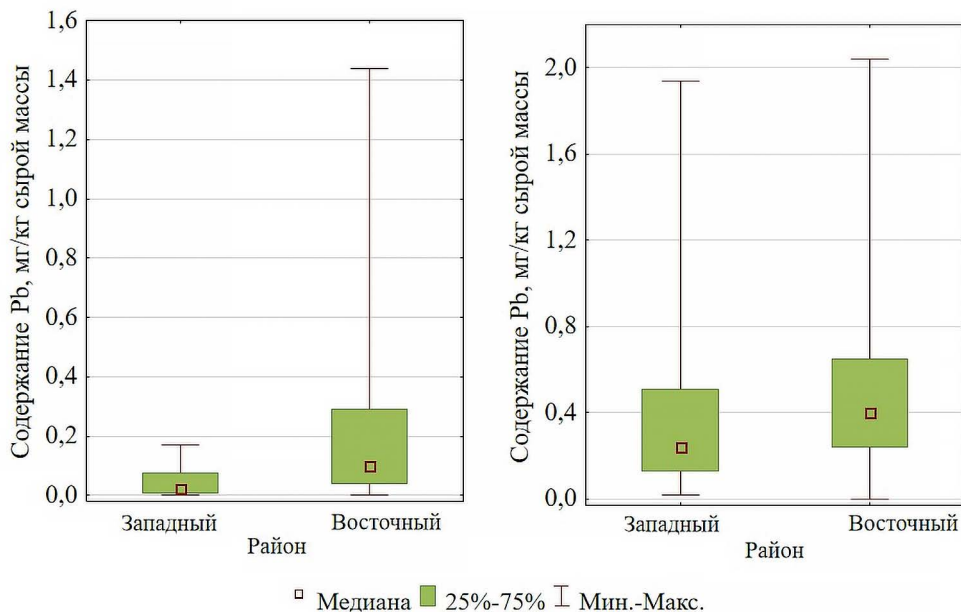


Рис. 5. Содержание свинца в *P. camtschaticus* из разных районов Баренцева моря: А - мышцы, В - гепатопанкреас

Fig. 5. Lead content in *P. camtschaticus* from different areas of the Barents Sea: А - the muscle, В - the hepatopancreas

от 36° в.д., $n = 125$) районах моря с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни. По данным проведённого анализа в крабах восточного района, по сравнению с крабами, выловленными на западе, статистически значимо выше содержание Pb в мышцах ($p = 0,000$) и гепатопанкреасе ($p = 0,04$). Так, в крабах из восточного района среднее содержание Pb составляло в мышцах 0,22 мг/кг, в гепатопанкреасе – 0,52 мг/кг, в крабах западного района - в мыш-

цах 0,05 мг/кг, а в гепатопанкреасе – 0,44 мг/кг сырой массы (рис. 5).

Данные по содержанию Pb в гепатопанкреасе камчатского краба и краба-стригуна представлены в табл. 2 и на рис. 6.

Распределение содержания Pb в гепатопанкреасе камчатского краба и краба-стригуна опилио отличалось от нормального по критерию Колмогорова-Смирнова ($p < 0,01$). Выполненный корреляционный

Таблица 2. Содержание свинца в гепатопанкреасе промысловых крабов Баренцева моря

Table 2. Lead content in the hepatopancreas of commercial crabs of the Barents Sea

Вид гидробионта	Диапазон содержания, мг/кг	Среднее содержание $\pm m$ / медиана, мг/кг сырой массы	Стандартное отклонение	Превышение содержания в мышцах, разы
Камчатский краб, ♂	0,02–2,0	$\frac{0,52 \pm 0,04}{0,37}$	0,45	2,6
Краб-стригун опилио, ♀	0,02–9,8	$\frac{1,70 \pm 0,33}{0,95}$	2,14	8,5

Примечание: m – стандартная ошибка среднего арифметического

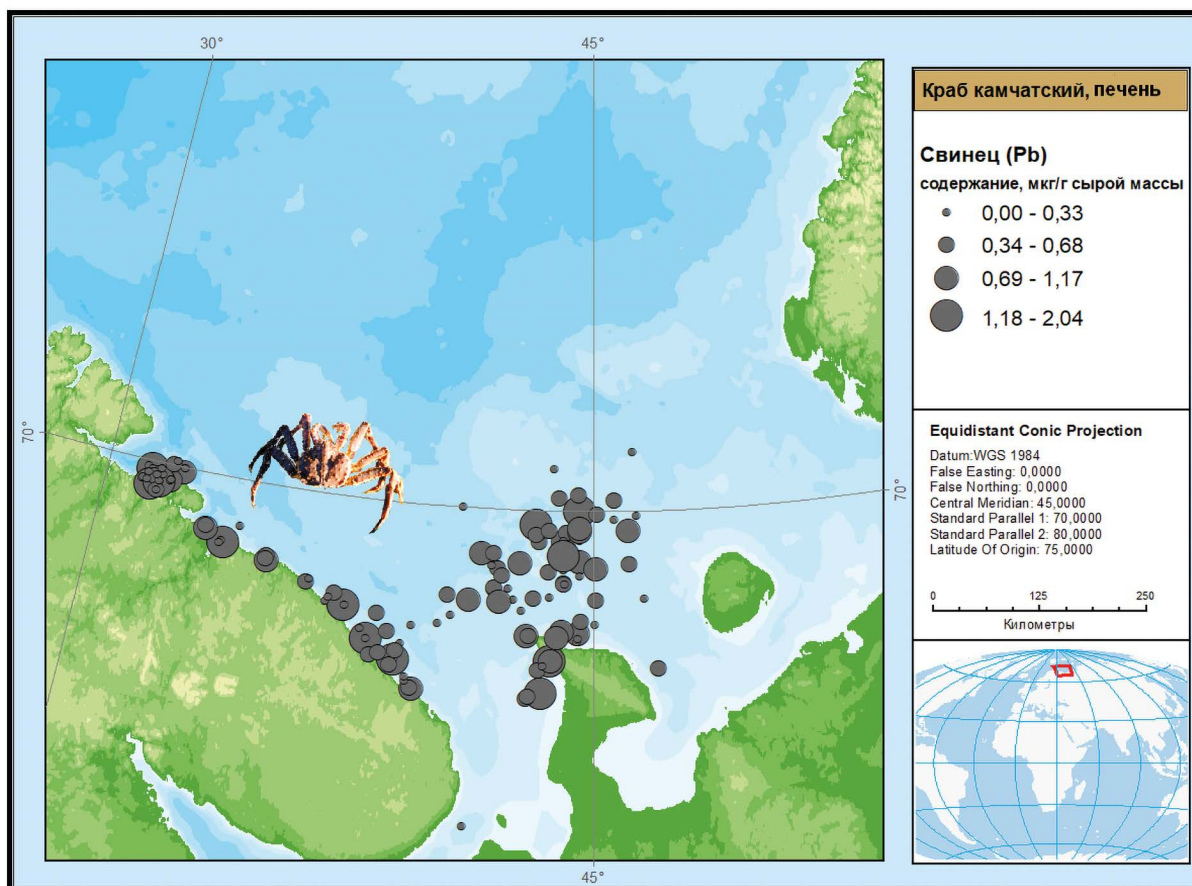


Рис. 6. Содержание свинца в гепатопанкреасе *P. camtschaticus* Баренцева моря (по данным 2014–2024 гг.)

Fig. 6. Lead content in the hepatopancreas of *P. camtschaticus* of the Barents Sea, mg/kg w.w. (according to 2014–2024 data)

анализ выявил слабую значимую связь между содержанием Pb в мышцах и гепатопанкреасе камчатского краба ($r_s = 0,25$; $p < 0,05$). Аналогичная низкая корреляция сравниваемых показателей отмечена и для краба-стригуна ($r_s = 0,33$; $p < 0,05$).

Содержание свинца в гепатопанкреасе исследованных крабов Баренцева моря было в среднем значительно выше, чем в мышцах (см. табл. 2). Максимальное содержание Pb в гепатопанкреасе исследованных крабов не превышало предельного допустимого уровня, установленного ТР ТС 021/2011 – 10 мг/кг сырой массы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно результатам исследований, проведённых ранее норвежскими учёными в западных прибрежных районах Баренцева моря, содержание Pb в мышцах камчатского краба не отличалось разнообразием и всегда было ниже предела обнаружения 0,01 применяемого метода анализа мг/кг сырой массы ($n = 184$) [Julshamn et al., 2015]. Это очень низкие значения, кажущиеся тем более труднообъяснимыми, принимая во внимание то, что норвежские учёные в целях контроля измерений использовали стандартный референтный образец гепатопанкреаса омара (CRM TORT-2 – «lobster hepatopancreas»), где сертифицированное содержание составляло 0,35 мг/кг сырой массы.

По другим данным содержание Pb в мышцах камчатского краба из Японского моря в 2014–2016 гг. изменялось в широком диапазоне от 0,001 до 0,05 мг/кг сырой массы со средним значением 0,045 мг/кг [Наревич, Ковековдова, 2017], а в мае 2019 г. – от 0,023 до 0,026 мг/кг со средним 0,024 мг/кг сырой массы [Ковековдова и др., 2022].

Приведённые выше данные вполне согласуются с полученными нами результатами по камчатскому крабу из Западного района исследований, где среднее содержание Pb в мышцах составило 0,046 мг/кг сырой массы (медиана – 0,021 мг/кг), а минимальное измеренное – 0,002 мг/кг.

В мышцах небольших особей камчатских крабов с шириной карапакса в среднем $105 \pm 1,4$ мм ($n = 146$), выловленных у западного побережья Аляски (северо-восточная часть Берингова моря) в конце 1980-х гг. среднее содержание Pb составляло 0,537 мг/кг сырой массы [Jewett, Naidu, 2000]. Эти значения ближе к таковым, полученным нами для камчатских крабов восточного района обитания. Напомним, что полученные нами значения содержания Pb в мышцах камчатских крабов из Восточного района области исследований были в 4,8 выше, чем из Западного и в среднем со-

ставляли 0,22 мг/кг. По всей видимости, эти различия отражают разницу в экологической ситуации, характерной для районов обитания сравниваемых группировок камчатского краба. Восточный район находится под сильным влиянием Беломорского стокового течения.

В клешнях и фалангах краба-стригуна опилио из Японского моря, согласно данным И.С. Наревич и Л.Т. Ковековдовой [2017], содержание Pb в 2014–2016 гг. составляло 0,01–0,05 мг/кг со средним значением 0,025 мг/кг сырой массы. Среднее содержание Pb в мышцах краба-стригуна опилио из Охотского моря было немного выше, чем Японского – 0,039 мг/кг сырой массы [Ковековдова и др., 2022]. Приведённые значения значительно ниже полученных нами данных по содержанию Pb в мышцах краба-стригуна опилио баренцевоморской популяции. Таким образом, отмеченные различия в содержании Pb в мышцах крабов-стригунов опилио также могут быть весьма значительными между различными популяциями и группировками.

С целью выявить причины большой изменчивости содержания Pb в мышцах крабов мы привлекли данные из более южных и загрязнённых морских районов. Среднее содержание Pb в мышцах 60 экз. чёрного краба *Grapsus adscensionis* (Osbeck, 1765) из прибрежной зоны о. Тенерифе (Восточная Атлантика) в 2014–2015 гг. составляло 1,09 мг/кг, а максимальное – 3,0 мг/кг сырой массы. Это сравнительно высокие значения, особенно принимая во внимание норматив 0,5 мг/кг, установленный Еврокомиссией (ЕС)⁴ для морских беспозвоночных. В то же время отмечено, что среднее содержание Pb в мышцах чёрных крабов ($n = 30$), пойманных на относительно чистых, мало урбанизированных участках прибрежной зоны о. Тенерифе было заметно ниже и составляло 0,12–0,16 мг/кг сырой массы [Gutierrez et al., 2017]. Последние значения даже ниже полученных нами для крабов из Баренцева моря, что, несомненно, показывает вклад антропогенного фактора в уровень загрязнения крабов свинцом. Так, согласно данным упомянутых выше авторов из Испании, на северо-западном участке прибрежной зоны о. Тенерифе, где расположена столица о-ва г. Санта-Крус-де-Тенерифе и нефтеперегонный завод, среднее содержание Pb в чёрном крабе возрастало до 1,25 мг/кг сырой массы ($n = 30$).

Согласно данным, представленным L. Vat с соавт. [2020], содержание Pb в мышцах бородавчатого

⁴ EC (European Commission), Commission Regulation (EU) No. 488/2014 amending Regulation (EC) No. 1881/2006 as regards maximum levels of cadmium in foodstuffs, Off. J. Eur. Union 2014. L138. P. 75–79.

краба *Eriphia verrucosa* (Forskål, 1775) у берегов Синопского п-ова (Чёрное море) варьировало от 0,15 до 0,24 мг/кг сырой массы ($n = 40$: 20♂ и 20♀), причём, содержание Pb у самцов всегда было немного выше, чем у самок. Среднее содержание Pb в мышцах самцов бородавчатого краба составляло 0,2 мг/кг сырой массы. Это совпадает с нашими данными по крабам. Для бородавчатого краба из Чёрного моря также показано монотонное нарастание содержания Pb в мышцах каждый месяц с мая по август.

Для синего краба-плавунца *Portunus pelagicus* L., 1758 из залива Бантен (Тихий океан, Индонезия) показано, что в незагрязнённых водах мангровых зарослей биоконцентрация (BCF) Pb в его мышцах была сравнительно невысока, изменяясь по месяцам от 2,50 (апрель) до 34,25 (август). Содержание Pb в мясе краба-плавунца из залива варьировало от 0,005 до 0,071 мг/кг сырой массы и не зависело от размеров особей [Febrianessa et al., 2020].

Исследования содержания Pb в мышцах широкого краба (*Episesarma* sp.) на трёх станциях в эстуарии р. Моросари (о. Ява, Индонезия) показали, что оно изменяется в незначительных пределах, от 0,220 до 0,269 мг/кг сырой массы [Saraswati et al., 2022], что очень близко к полученным нами значениям для крабов Баренцева моря (см. табл. 1). Этот краб является важным промысловым объектом в тропических морях Африки и Юго-Восточной Азии. Среднее содержание Pb в мышцах широкого краба из эстуария р. Гоньёл (Gonjol, Нигерия) также было близко к нашим данным и составляло 0,17 мг/кг сырой массы [Cerlyawati, Iswogo, 2021]. По мнению авторов цитируемой статьи, Pb может проникать в клетки и накапливаться в тканях, кроме того, он способен образовывать комплексные соединения с органическими веществами, содержащимися в его организме.

Согласно данным, приведённым N. Saher и N. Kanwal (2018), содержание Pb в мышцах четырёх видов коммерческих крабов *Portunus pelagicus*, *P. sanguinolentus*, *Charybdis feriata* и *Scylla serrata* (самцы и самки, $n = 60$), выловленных вблизи побережья Пакистана (Аравийское море), варьировало от 3,46 до 8,31 мг/кг сухой массы, что в пересчёте на сырую массу составляет 0,68 и 1,65 мг/кг. Среднее содержание Pb в мышцах перечисленных крабов составляло $4,776 \pm 4,187$ мг/кг сухой массы (0,946 мг/кг сырой массы). При пересчёте масс использовали переводной коэффициент 5,05 [Erviq et al., 2020].

Из приведённых выше данных следует, что содержание Pb в мышцах различных крабов из тропических и субтропических районов хорошо согласуется с нашими результатами. Уровни содержания Pb

в мышцах, представленные в ряде цитируемых работ по камчатскому крабу и крабу-стригуну из умеренных и северных широт, напротив, значительно ниже наших. Известная роль антропогенного влияния на накопление Pb в мышцах ракообразных [Gutierrez et al., 2017; Trivedi et al., 2018] не может быть применена к Баренцеву морю, где уровень присутствия Pb в воде оценён как не высокий, без признаков загрязнения [Новиков, Драганов, 2018]. Отсюда следует, что имеют место региональные особенности содержания Pb у отдельных популяций крабов, вероятно связанные, например, с сезонными градиентами присутствия этого металла в среде обитания.

Относительное постоянство уровня содержания Pb в мышцах краба-стригуна опилио из Баренцева моря с учётом нормального распределения этого показателя позволяет говорить о способности этого вида держать оборот этого металла в организме под гомеостатическим контролем [Гашкина и др., 2022]. Вероятно, это эволюционная адаптация, связанная с относительно высоким присутствием Pb в среде обитания этого вида в прошлые эпохи.

Отмеченная в наших исследованиях высокая вариабельность содержания Pb в мышцах камчатского краба моря, вероятно, обусловлена целым комплексом факторов, среди которых следует отметить возраст, стадию жизненного цикла, спектр и интенсивность питания.

Установленная нами небольшая положительная связь увеличения содержания Pb в мышцах с размерами исследованных камчатских крабов может быть обусловлена особенностями рациона некоторой группы крупных крабов с шириной карапакса более 157 см (см. рис. 3). Содержание Pb может быть выше в тканях взрослых, с большими размерами особей из-за их способности поедать более крупные виды добычи, характеризующиеся более высоким содержанием Pb (рыба, другие крабы).

Содержание Pb в мышцах креветки *Pandalus hypsinotus* Brandt, 1851 из Японского моря в весенне-летний период 2019 г. изменялось в диапазоне 0,015–0,099 мг/кг сырой массы со средним значением 0,037 мг/кг ($n = 25$) [Наревич и др., 2020], что на порядок меньше полученных нами значений. Отсюда можно заключить, что естественное фоновое содержание Pb в мышцах ракообразных Баренцева моря относительно высокое, что, вероятно, связано с региональными особенностями присутствия этого металла в среде обитания.

Гепатопанкреас в организме членистоногих выполняет функции, которые в организме позвоночных выполняют печень и поджелудочная железа. Согласно

полученным нами результатам, содержание Pb в гепатопанкреасе исследованных *P. camtschaticus* Баренцева моря было во много раз выше, чем в мышцах (см. табл. 2), что было абсолютно аналогично соотношению содержания Pb в мышцах и печени баренцево-морских рыб [Новиков и др., 2025]. Вместе с тем, среднее содержание Pb в гепатопанкреасе камчатских крабов, выловленных у западного побережья Аляски в период 1987–1990 гг. – 0,386 мкг/г сухой массы, было ниже его содержания в мышцах – 0,537 мкг/г в 1,4 раза [Jewett, Naidu, 2000].

Содержание Pb в гепатопанкреасе краба *Cancer pagurus* L., 1758 из прибрежной зоны Центральной Норвегии (Норвежское море) в 2016–2018 гг. варьировало в широких пределах от 0,01 до 0,18 мг/кг сырой массы, в среднем составляя незначительную величину 0,03 мг/кг сырой массы ($n = 63$) [Ervik et al., 2020].

Принято считать, что изменчивость уровней содержания металлов в организме особей одного вида или между видами определяется двумя типами факторов: эндогенными – «метаболическими» (возраст, различные механизмы детоксикации, разбавление вследствие роста и т.д.) и экзогенными – воздействие через дыхание, пищу (содержание и биодоступность металла в потребляемой пище, в том числе её трофический уровень) [Chouvelon et al., 2012].

Ракообразные считаются важным ингредиентом здорового сбалансированного питания жителей приморских районов. Рассчитанное Испанским агентством по безопасности пищевых продуктов предполагаемое суточное потребление свинца составляет 1,13 мкг, а его вклад в условно допустимое еженедельное потребление (PTWI) составляет 0,06% (для взрослого человека весом 70 кг). Следовательно, значение предполагаемого потребления Pb было много ниже, чем допустимый уровень PTWI [Gutierrez et al., 2017]. Согласно приведённым данным, токсикологический риск потребления морских ракообразных минимален, если в неделю употреблять менее 1883 мкг содержащегося в них свинца. В нашем случае, это означает безопасное потребление 9415 г мяса любого из изученных крабов в неделю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведённых исследований показано, что среднее содержание Pb в мышцах и гепатопанкреасе исследованных гидробионтов не превышало установленный норматив допустимого содержания 10 мг/кг сырой массы. Каких-либо признаков антропогенного загрязнения камчатского краба, краба-стригуна опилио и северной креветки свинцом не обнаружено.

Отмечено более высокое, в 1,5 раза, среднее содержание Pb в мышцах креветки по сравнению с исследованными крабами.

Сделано предположение о выраженной видоспецифичности уровня содержания Pb в мышцах краба-стригуна опилио.

Содержание Pb в гепатопанкреасе значительно, в 2,6 раза у камчатского краба и 8,5 раз у краба-стригуна, превышает таковое в мышцах. Выявлена слабая корреляционная зависимость между содержанием Pb в гепатопанкреасе и мышцах обоих видов исследованных крабов.

Связь уровня накопления Pb с уровнем содержания жира в мышцах и гепатопанкреасе исследованных крабов не выявлена.

Предложены расчётные фоновые уровни содержания Pb в мышцах камчатского краба, краба-стригуна опилио и северной креветки Баренцева моря: 1,2, 0,4 и 0,9 мг/кг сырой массы соответственно. Фоновое содержание Pb в мышцах ракообразных Баренцева моря по сравнению с аналогичными видами из других северных морей относительно высокое, что, по нашему мнению, связано с региональными особенностями присутствия этого металла в среде обитания и объектах питания.

Фоновые уровни отражают современное естественное природное содержание Pb в промысловых ракообразных Баренцева моря и могут быть использованы для выявления признаков антропогенного воздействия на экосистему.

Благодарности

Авторы благодарят главного специалиста лаборатории химико-аналитических исследований «ПИНРО» им. Н. М. Книповича Лаптеву А. М. за неоценимую помощь в химическом анализе проб ракообразных на содержание свинца.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания Полярного филиала ГНЦ РФ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Акулин В. Н., Касьянов С. П., Рыбин В. Г., Караулов А. Е., Юрьева М. И. 2005. Исследования липидов гидробионтов // Известия ТИНРО. Т. 141. С. 335–347.
- Александров Д. И., Амеликин А. В., Амеликина А. С., Анциферов М. Ю., Бакай Ю. И., Баканев С. В. и др. 2021. Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева, Белого и Карского морей и Северной Атлантики в 2021 г. Мурманск: ПИНРО им. Н. М. Книповича. 146 с.
- Амеликина А. С., Анциферов М. Ю., Бакай Ю. И., Баканев С. В., Балякин Г. Г., Безбородов А. С. и др. 2024. Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева, Белого и Карского морей и Северной Атлантики в 2024 г. Мурманск: ПИНРО им. Н. М. Книповича. 168 с.
- Анциферов М. Ю., Бакай Ю. И., Баканев С. В., Балякин Г. Г., Безбородов А. С., Березина М. О. и др. 2025. Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева, Белого и Карского морей и Северной Атлантики в 2025 г. Мурманск: ПИНРО им. Н. М. Книповича. 183 с.
- Баканев С. В. 2020. Современные проблемы оценки запаса северной креветки в Баренцевом море // Вопросы рыболовства. Т. 21, № 2. С. 218–234.
- Гашкина Н. А., Моисеенко Т. И., Шуман Л. А., Королева И. М. 2022. Роль микроэлементов в адаптации метаболизма рыб к снижению загрязнения (на примере субарктического оз. Имандра) // Геохимия. Т. 67, № 2. С. 119–135. DOI: 10.31857/S0016752522020054
- Израэль Ю. А., Цыбань А. В. 2009. Антропогенная экология океана. М.: Флинта. 532 с.
- Изучение экосистем рыбохозяйственных водоёмов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. 2004. Вып. 1. Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях Европейского Севера и Северной Атлантики. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во ВНИРО. 299 с.
- Ковековдова Л. Т., Симоконь М. В., Наревич И. С. 2022. Особенности формирования элементного состава морскими ракообразными *Paralithodes camchaticus* и *Chionoecetes opilio* // Проблемы региональной экологии. № 5. С. 32–38. DOI: 10.24412/1728-323X-2022-5-32-38
- Лаптева А. М., Плотицына Н. Ф. 2019. Микроэлементы в крабе-стригуне *Chionoecetes opilio* Баренцева моря // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование. Мат. X Нац. (всеросс.) науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 35–39.
- Лебская Т. К., Двинин Ю. Ф., Константинова Л. Л., Кузьмина В. И., Толкачева В. Ф., Мухин В. А., Шаповалова Л. А. 1998. Химический состав и биохимические свойства гидробионтов прибрежной зоны Баренцева и Белого морей. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 150 с.
- Наревич И. С., Ковековдова Л. Т. 2017. Микроэлементы (As, Cd, Pb, Fe, Cu, Zn, Se, Hg) в промысловых ракообразных Японского моря // Известия ТИНРО. Т. 189. С. 147–155.
- Наревич И. С., Ковековдова Л. Т., Симоконь М. В. 2020. Химические элементы в мышцах креветки гребенчатой *Pandalis hypsinotus* из Японского моря // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса. Мат. VIII науч.-практ. конф. молодых учёных с межд. участием. М.: Изд-во ВНИРО. С. 104–105.
- Новиков М. А., Драганов Д. М. 2018. Определение фоновых значений содержания Hg, Zn, Pb и Cr в водных массах Баренцева моря // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. Вып. 37, № 1. С. 72–83.
- Новиков М. А., Горбачева Е. А., Лаптева А. М. 2021. Содержание мышьяка в промысловых рыбах Баренцева моря (по многолетним данным) // Известия ТИНРО. Т. 201, № 4. С. 833–844. DOI:10.26428/1606-9919-2021-201-833-844
- Новиков М. А., Горбачева Е. А., Харламова М. Н. 2023. Содержание ртути в промысловых рыбах Баренцева моря (по многолетним данным) // Труды ВНИРО. Т. 191. С. 112–123. DOI:10.36038/2307-3497-2023-191-112-123
- Новиков М. А., Горбачева Е. А., Харламова М. Н. 2025. Содержание свинца в промысловых рыбах Баренцева моря (по многолетним данным) // Труды ВНИРО. Т. 200. С. 145–157. DOI:10.36038/2307-3497-2025-200-145-157
- Соколов К. М., Павлов В. А., Стрелкова Н. А., Ившин В. А., Балякин Г. Г., Стесько А. В. и др. 2016. Краб-стригун опилио *Chionoecetes opilio* в Баренцевом и Карском морях. Мурманск: ПИНРО. 242 с.
- Стесько А. В., Манушин И. Е., Баканев С. В., Матюшкин В. Б., Жак Ю. Е., Захаров Д. В. и др. 2021. Камчатский краб в Баренцевом море. М.: Изд-во ВНИРО. 712 с.
- Филенко О. Ф., Михеева И. В. 2007. Основы водной токсикологии. М.: Колос. 144 с.
- Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник. 2002. / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян ред. М.: ДеЛипринт, 188 с.
- Bat L., Arici E., Öztekin A., Şahin S. 2020. Toxic metals in the warty crab in the southern Black Sea: Assessment of human health risk // Marine Biological Journal. V. 5, no. 1. P. 3–11. DOI: 10.21072/mbj.2020.05.1.01
- Cerlyawati H., Isworo S. 2021. The Heavy Metal Characteristics (Pb and Cu) in Wideng Crab Tissue from the Gonjol River, Demak // Asian Journal of Biology. V. 13(4). P. 34–51. DOI: 10.9734/AJOB/2021/v13i430194
- Chouvelon T., Spitz J., Caurant F., Mèndez Fernandez P., Autier J., Lassus Débat A., Chappuis A., Bustamante P. 2012. Enhanced bioaccumulation of mercury in deep-sea fauna from the Bay of Biscay (north-east Atlantic) in relation to trophic positions identified by analysis of carbon and nitrogen stable isotopes // Deep Sea Res. Part Oceanogr. Res. Pap. V. 65. P. 113–124. DOI: 10.1016/j.dsr.2012.02.010
- Clark R. B. 2011. Marine pollution. Fifth edition. Oxford University Press, USA. 230 p.
- Dietz R., Riget F., Johansen P. 1996. Lead, cadmium, mercury and selenium in Greenland marine animals // Sci. Tot. Environ. V. 186 (1), P. 67–93.
- Ervik H., Lierhagen S., Asimakopulos A. G. 2020. Elemental content of brown crab (*Cancer pagurus*) – Is it safe for

- human consumption? A recent case study from Mausund, Norway // *Sci. Total Environ.* V. 716. 135175. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135175
- Febrianessa N., Sulistiono, Samosir A. M., Yokota M. 2020. Heavy metal (Pb, Hg) contained in Blue swimming crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) in Cengklok coastal waters, Banten Bay, Indonesia // *Indonesian Journal of Marine Sciences.* V. 25 (4). P. 157–164. DOI: 10.14710/ik.ijms.25.4.157-164
- Gutierrez A.J., Lozano G., Rubio C., Martin V., Hardisson A., Revert C. 2017. Heavy Metals in Black Crabs in the Atlantic Coast (Tenerife, Spain) – Human Risk Assessment // *Clean – Soil, Air, Water.* 45 (1):1600047. DOI: 10.1002/clen.201600047
- Jewett S.C., Naidu A.S. 2000. Assessment of heavy metals in red king crabs following offshore placer gold mining // *Mar. Pollut. Bull.* V. 40 (6). P. 478–490.
- Julshamn K., Valdernes S., Duinker A., Nedreaas K., Sundet J. H., Maage A. 2015. Heavy metals and POPs in red king crab from the Barents Sea // *Food Chemistry.* V. 167. P. 409–417. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.07.003
- Kumar A., Kumar A., Cabral-Pinto M.M.S., Chaturvedi A. K., Shabnam A.A., Subrahmanyam G., Mondal R., Gupta D. K., Malyan S.K., Kumar S.S., Khan A.S., Yadav K.K. 2020. Lead Toxicity: Health Hazards, Influence on Food Chain, and Sustainable Remediation Approaches // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* V. 17(7):2179. DOI: 10.3390/ijerph17072179
- Saher N.U., Kanwal N. 2018. Some biomonitoring studies of heavy metals in commercial species of crustacean along Karachi Coast, Pakistan // *Int. J. Biol. Biotech.* Vol. 15(2). P. 269–275.
- Saraswati S.A., Suryaningtyas E.W., Wijayanti N.P.P. 2022. Heavy Metal Content of Pb and Cu in Wideng Crab (*Episesarma sp.*) in Morosari Water Demak Region // *Advances in Tropical Biodiversity and Environmental Sciences.* V. 6 (1). P. 13–16. DOI: 10.24843/ATBES.2022.v06.i01.p03
- Stankovic S., Jovic M., Stankovic A.R., Katsikas L. 2012. Heavy metals in seafood mussels. Risk for human health. // *Environmental Chemistry for a Sustainable World.* Vol. 1: Nanotechnology and Health Risk / E. Lichtfouse, J.Schwarzbauer, D. Robert (Eds). Netherlands: Springer. P. 311–373.
- Trivedi S., Datta U., Das M., Zaman S., Mitra A. et al. 2018. Spatio-Temporal Variations of Heavy Metals in Edible Crabs Collected From the Lower Gangetic Delta Region // *Petroleum & Petrochemical Engineering Journal.* V. 2 (1): 000141. DOI: 10.23880/ppj-16000141
- Amelkina A. S., Antsiferov M.Yu., Bakai Yu.I., Bakanev S. V., Balyakin G. G., Bezborodov A. S. et al. 2024. Status of the living marine resources in the Barents, White and Kara Seas and the North Atlantic in 2024. Murmansk: PINRO Publish. 168 p. (In Russ.)
- Antsiferov M.Yu., Bakai Yu.I., Bakanev S. V., Balyakin G.G., Bezborodov A. S., Berezina M. O. et al. 2025. Status of the living marine resources in the Barents, White and Kara Seas and the North Atlantic in 2025. Murmansk: PINRO Publish. 183 p. (In Russ.)
- Bakanev S. V. 2020. Modern challenges of the northern shrimp stock assessment in the Barents Sea // *Voprosy rybolovstva.* V. 21, № 2. P. 218–234. (In Russ.)
- Gashkina N.A., Moiseenko T.I., Shuman L.A., Koroleva I.M. 2022. The role of trace elements in the adaptation of fish metabolism under reduced pollution: a case study of the subarctic Lake Imandra // *Geochemistry International.* V. 60. № 2. C. 154–169. DOI: 10.1134/S0016702922020057 (In Russ.)
- Israel Yu.A., Tsyban A.V. 2009. Anthropogenic ecology of the ocean. Moscow: Flinta. 532 p. (In Russ.)
- Study of ecosystems of fishery water reservoirs, collection and processing of data on aquatic biological resources, techniques and technology for their extraction and processing.* 2004. Instructions and guidelines for the collection and processing of data on the seas of the European North and the North Atlantic. Moscow: VNIRO Publish. 299 p. (In Russ.)
- Kovekovdova L. T., Simokon M.V., Narevich I.S. 2022. The features of the elemental composition formation by marine crustaceans *Paralithodes camchaticus* and *Chionoecetes opilio* // *Problemy regional'noi ekologii.* № 5. P. 32–38. DOI: 10.24412/1728-323X-2022-5-32-38. (In Russ.)
- Lapteva A.M., Plotitsyna N.F. 2019. Trace elements in the snow crab *Chionoecetes opilio* of the Barents Sea // *Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use: Proc. of the 10th National (All-Russian) Scient. and Pract. Conf. Petropavlovsk-Kamchatskii: KamchatSTU.* P. 35–39. (In Russ.)
- Lebskaya T.K., Dvinin Yu.F., Konstantinova L.L., Kuz'mina V.I., Tolkacheva V.F., Mukhin V.A., Shapovalova L.A. 1998. Chemical composition and biochemical properties of hydrobionts in the coastal zone of the Barents and White Seas. Murmansk: PINRO Publish. 150 p. (In Russ.)
- Narevich I.S., Kovekovdova L. T. 2017. Microelements (As, Cd, Pb, Fe, Cu, Zn, Se, Hg) in commercial crustaceans in the Japan Sea // *Izvestiya TINRO.* V. 189. P. 147–155. (In Russ.)
- Narevich I.S., Kovekovdova L. T., Simokon M. V. 2020. Chemical elements in the muscle of the Japanese scalloped shrimp *Pandalus hypsinotus* // *Current problems and prospects for the development of the fisheries complex: Proc. of the VIII Scient. and Pract. Conf. of Young Scientists with Intern.Participation.* Moscow: VNIRO Publish. P. 104–105. (In Russ.)
- Novikov M.A., Draganov D.M. 2018. Estimation of background values of the Hg, Zn, Pb and Cr content in the water

REFERENCES

- Akulin V.N., Kasyanov S.P., Rybin V.G., Karaulov A.E., Yurjeva M.I. 2005. Hydrobionts' lipids research // *Izvestiya TINRO.* V. 141. P. 335–347. (In Russ.)
- Alexandrov D.I., Amelkin A.V., Amelkina A. S., Antsiferov M.Yu., Bakai Yu.I., Bakanev S.V. et al. 2021. Status of the living marine resources in the Barents, White and Kara Seas and the North Atlantic in 2021. Murmansk: PINRO Publish. 146 p. (In Russ.)

- masses of the Barents Sea // Bulletin of KRAUNTS. Earth Sciences. Iss. 37, № 1. P. 72–83. (In Russ.)
- Novikov M.A., Gorbacheva E.A., Lapteva A.M. 2021. Arsenic content in commercial fish of the Barents Sea (according to long-term data) // Izveitiya TINRO. V. 201, Iss. 4. P. 833–844. DOI:10.26428/1606-9919-2021-201-833-844 (In Russ.)
- Novikov M.A., Gorbacheva E.A., Kharlamova M.N. 2023. Mercury content in commercial fishes of the Barents Sea (based on long-term data) // Trudy VNIRO. V. 191. P. 112–123. DOI:10.36038/2307-3497-2023-191-112-123 (In Russ.)
- Novikov M.A., Gorbacheva E.A., Kharlamova M.N. 2025. Lead content in commercial fishes of the Barents Sea (based on long-term data) // Trudy VNIRO. V. 200. P. 145–157. DOI:10.36038/2307-3497-2025-200-145-157. (In Russ.)
- Sokolov K.M., Pavlov B.A., Strelkova H.A., Ivshin V.A., Balyakin G.G., Stesko A.V. et al. 2016. Snow crab *Chionoecetes opilio* in the Barents and Kara Sea. Murmansk: PINRO Publish. 242 p. (In Russ.)
- Stresko A.V., Manushin I.E., Bakanev C.V., Matyushkin V.B., Zhak Yu.E., Zakharov D.V. et al. 2021. The red king crab in the Barents Sea. Moscow: VNIRO Publish. 712 p. (In Russ.)
- Filenko O.F., Mikheeva I.V. 2007. Fundamentals of aquatic toxicology. Moscow: Kolos. 144 p. (In Russ.)
- Chemical Composition of Russian Food Products: The Handbook. 2002. / I.M. Skurihin V.A. Tutel'yana eds. Moscow: DeLiprint, 188 p. (In Russ.)
- Bat L., Arici E., Öztekin A., Şahin S. 2020. Toxic metals in the warty crab in the southern Black Sea: Assessment of human health risk // Marine Biological Journal. V. 5, no. 1. P. 3–11. DOI: 10.21072/mbj.2020.05.1.01
- Cerlyawati H., Isworo S. 2021. The Heavy Metal Characteristics (Pb and Cu) in Wideng Crab Tissue from the Gonjol River, Demak // Asian Journal of Biology. V. 13(4). P. 34–51. DOI: 10.9734/AJOB/2021/v13i430194
- Chouvelon T., Spitz J., Caurant F., Mèndez Fernandez P., Autier J., Lassus Débat A., Chappuis A., Bustamante P. 2012. Enhanced bioaccumulation of mercury in deep-sea fauna from the Bay of Biscay (north-east Atlantic) in relation to trophic positions identified by analysis of carbon and nitrogen stable isotopes // Deep Sea Res. Part Oceanogr. Res. Pap. V. 65. P. 113–124. DOI: 10.1016/j.dsr.2012.02.010
- Clark R.B. 2011. Marine pollution. Fifth edition. Oxford University Press, USA. 230 p.
- Dietz R., Riget F., Johansen P. 1996. Lead, cadmium, mercury and selenium in Greenland marine animals // Sci. Tot. Environ. V. 186 (1), P. 67–93.
- Ervik H., Lierhagen S., Asimakopoulou A.G. 2020. Elemental content of brown crab (*Cancer pagurus*) – Is it safe for human consumption? A recent case study from Mausund, Norway // Sci. Total Environ. V. 716. 135175. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135175
- Febrianessa N., Sulistiono, Samosir A.M., Yokota M. 2020. Heavy metal (Pb, Hg) contained in Blue swimming crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) in Cengkong coastal waters, Banten Bay, Indonesia // Indonesian Journal of Marine Sciences. V. 25 (4). P. 157–164. DOI: 10.14710/ik.ijms.25.4.157-164
- Gutierrez A.J., Lozano G., Rubio C., Martin V., Hardisson A., Revert C. 2017. Heavy Metals in Black Crabs in the Atlantic Coast (Tenerife, Spain) – Human Risk Assessment // Clean – Soil, Air, Water. 45 (1):1600047. DOI: 10.1002/clen.201600047
- Jewett S.C., Naidu A.S. 2000. Assessment of heavy metals in red king crabs following offshore placer gold mining // Mar. Pollut. Bull. V. 40 (6). P. 478–490.
- Julshamn K., Valdernes S., Duinker A., Nedreaas K., Sundet J.H., Maage A. 2015. Heavy metals and POPs in red king crab from the Barents Sea // Food Chemistry. V. 167. P. 409–417. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.07.003
- Kumar A., Kumar A., Cabral-Pinto M.M.S., Chaturvedi A.K., Shabnam A.A., Subrahmanyam G., Mondal R., Gupta D.K., Malyan S.K., Kumar S.S., Khan A.S., Yadav K.K. 2020. Lead Toxicity: Health Hazards, Influence on Food Chain, and Sustainable Remediation Approaches // Int. J. Environ. Res. Public Health. V. 17(7):2179. DOI: 10.3390/ijerph17072179
- Saher N.U., Kanwal N. 2018. Some biomonitoring studies of heavy metals in commercial species of crustacean along Karachi Coast, Pakistan // Int. J. Biol. Biotech. Vol. 15(2). P. 269–275.
- Saraswati S.A., Suryaningtyas E.W., Wijayanti N.P.P. 2022. Heavy Metal Content of Pb and Cu in Wideng Crab (*Episesarma* sp.) in Morosari Water Demak Region // Advances in Tropical Biodiversity and Environmental Sciences. V. 6 (1). P. 13–16. DOI: 10.24843/ATBES.2022.v06.i01.p03
- Stankovic S., Jovic M., Stankovic A.R., Katsikas L. 2012. Heavy metals in seafood mussels. Risk for human health. // Environmental Chemistry for a Sustainable World. Vol. 1: Nanotechnology and Health Risk / E. Lichtfouse, J.Schwarzbauer, D. Robert (Eds). Netherlands: Springer. P. 311–373.
- Trivedi S., Datta U., Das M., Zaman S., Mitra A. et al. 2018. Spatio-Temporal Variations of Heavy Metals in Edible Crabs Collected From the Lower Gangetic Delta Region // Petroleum & Petrochemical Engineering Journal. V. 2 (1): 000141. DOI: 10.23880/ppej-16000141

Поступила в редакцию 19.03.2026 г.
Принята после рецензии 06.04.2026 г.



УДК 597.5:549.25 (571.511)

Среда обитания водных биологических ресурсов

Содержание тяжёлых металлов в сиговых рыбах водоёмов Таймырского полуострова

Т. О. Барабашин¹, Ю. В. Косенко², И. В. Кораблина², Л. Г. Горгола²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

² Южный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («Южный»), ул. Береговая, 21в, Ростов-на-Дону, 344002

E-mail: barabashin@vniro.ru

SPIN-код: Т.О. Барабашин – 9638–5175; Ю.В. Косенко – 4638–7175; И.В. Кораблина – 5040–4170; Л.Г. Горгола – 7816–5379

Цель работы: определить современные уровни и закономерности накопления наиболее токсичных тяжёлых металлов в сиговых видах рыб рек и озёр Таймырского полуострова, как индикатора антропогенных загрязнений региона.

Материалом исследования являлись результаты обследования 8 сиговых видов рыб из 10 водных объектов Норило-Пясинской озёрно-речной системы. Всего было проанализировано 148 проб рыб различных видов на содержание кадмия, свинца, никеля и ртути, а также 75 проб на содержание меди.

Новизна: впервые даны оценки и определены возможные закономерности содержания кадмия, свинца, никеля, меди и ртути в мышцах широкого спектра сиговых видов рыб в водных объектах Таймырского полуострова.

Используемые методы: определение тяжёлых металлов в мышцах рыб выполнялось методами атомной абсорбции с электротермической атомизацией и беспламенной атомной абсорбции. Статистическую обработку данных осуществляли в среде MS Excel и прикладном пакете Statistica 14.0.

Результаты: концентрации изучаемых тяжёлых металлов в мышцах сиговых видов рыб в своём большинстве не превышали безопасных пороговых значений как по Техническому регламенту Таможенного Союза, так и по регламенту Европейской комиссии. Распределение кадмия и ртути по видам рыб, водоёмам и экологическим группам имело статистически значимые различия, а по другим металлам – носило случайный характер. При этом следует отметить, что влияние Норильского промышленного района на концентрации тяжёлых металлов в мышцах рыб, очевидно, не прослеживалось и могло быть обусловлено естественными причинами.

Практическая значимость: полученные результаты использованы для установления соответствия безопасности основных ценных промысловых видов рыб региона принятым в России требованиям технического регламента Таможенного союза.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, свинец, кадмий, ртуть, сиговые, водоёмы п-ва Таймыр.

Heavy metal content in whitefish in a number of rivers and lakes of the Taimyr Peninsula

Timofej O. Barabashin¹, Julia V. Kosenko², Irina V. Korablina², Liliya G. Gorgola²

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

² Southern Branch of branch of VNIRO («Southern»), 21 v, Beregovaya st., Rostov-on-Don, 344002, Russia

The objective of this study was to determine current levels and patterns of accumulation of the most toxic heavy metals in whitefish species in rivers and lakes of the Taimyr Peninsula, as an indicator of anthropogenic pollution in the region.

The study was based on the results of a survey of eight whitefish species from 10 water bodies in the Norilo-Pyasinskaya lake-river system. A total of 148 fish samples of various species were analyzed for cadmium, lead, nickel, and mercury, as well as 75 samples for copper.

Novelty: For the first time, estimates have been provided and possible patterns of cadmium, lead, nickel, copper, and mercury concentrations in the muscles of a wide range of whitefish species in water bodies of the Taimyr Peninsula have been determined.

Methods used: Heavy metals in fish muscles were determined using atomic absorption with electrothermal atomization and flameless atomic absorption. Statistical data processing was performed in MS Excel and the Statistica 14.0 application package.

Results: The concentrations of the studied heavy metals in the muscles of whitefish species generally did not exceed the safe thresholds set by both the Technical Regulations of the Customs Union and the European Commission regulations. The distribution of cadmium and mercury by fish species, water bodies, and ecological groups showed statistically significant differences, while for other metals, it was random. It should be noted that the influence of the Norilsk industrial region on heavy metal concentrations in fish muscles was apparently not observed and could have been due to natural causes.

Practical significance: The obtained results were used to establish the compliance of the main valuable commercial fish species in the region with the requirements of the Technical Regulations of the Customs Union adopted in Russia.

Keywords: heavy metals, lead, cadmium, mercury, whitefish, water bodies of the Taimyr peninsula.

ВВЕДЕНИЕ

Содержание тяжёлых металлов всегда являлось и является важным аспектом изучения самых различных водных экосистем. Аккумуляция этой группы элементов в рыбах, особенно тех, которые активно используются в промысле и употребляются в пищу, представляет собой серьёзную экологическую и токсикологическую проблему современности в разных регионах мира [Saidon et al., 2024]. Такие элементы, как кадмий, свинец, ртуть обладают высокой токсичностью даже в следовых количествах, способны накапливаться в тканях организмов и передаваться по пищевым цепям, представляя угрозу как для водных экосистем, так и для здоровья человека. Рыбы, занимая ключевые позиции в водных трофических сетях, служат важными биоиндикаторами загрязнения окружающей среды, а также потенциальным источником поступления токсичных элементов в организм человека через потребляемую продукцию.

Исследованный район Таймырского полуострова, в частности участок Норило-Пясинской озёрно-речной системы, находится под непосредственным и интенсивным влиянием Норильского промышленного района, который относится к одним из самых экологически неблагополучных в стране, и где были выявлены очень высокие концентрации тяжёлых металлов, в первую очередь – меди и никеля, в целом ряде компонентов экосистем, в том числе и в водной среде [Zhulidov et al., 2011]. В условиях антропогенного воздействия Норильского металлургического комбината на водные экосистемы, мониторинг содержания тяжёлых металлов в рыбе приобретает особую актуальность. Согласно ряду исследований [Znad et al., 2022], металлы в промышленных сточных водах обладают высокой токсичностью и медленно разлагаются, что представляет угрозу здоровью человека и других живых организмов, поэтому они считаются одними из самых опасных элементов. Изучение их концентраций в различных видах рыб позволяет не только оценить степень загрязнения водоёмов, но и выявить виды-аккумуляторы, представляющие наибольший риск для потребителей. Кроме того, подобные исследования необходимы для разработки научно обоснованных рекомендаций по безопасному потреблению рыбной продукции и оценки её

безопасности в качестве промыслового ресурса, а также для характеристики продуктивной части популяций, как ресурса для естественного и искусственного воспроизводства рыбных запасов.

Целью данного исследования было определить современные уровни и закономерности накопления наиболее токсичных тяжёлых металлов в сиговых видах рыб рек и озёр Таймырского полуострова, как индикатора антропогенных загрязнений региона. Впервые даны оценки и определены возможные закономерности содержания кадмия, свинца, никеля, меди и ртути в мышцах широкого спектра сиговых видов рыб в водных объектах Таймырского полуострова, полученные на значительном материале в рамках исследований ихтиофауны подсемейства Сиговых (Coregoninae). Кроме того, именно Сиговые в Красноярском крае являются наиболее ценной и эксплуатируемой группой водных биоресурсов [Перепелин и др., 2012] и активно вылавливаются при промысле. В этом случае контроль концентраций токсикантов в мышцах данной группы рыб является особо важной задачей в рамках продовольственной безопасности.

Отдельное внимание мы уделили статистической оценке межвидовых различий, различий бионакопления в разных экологических группах, а также распределения по разным водоёмам. Полученные данные вносят вклад в понимание биоаккумуляционных процессов тяжёлых металлов в арктической зоне и могут быть использованы для оценки экологических рисков и обеспечения пищевой безопасности, а также для характеристики потенциальных производителей ценных и особо ценных видов рыб Таймыра.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Отлов рыбы для исследований проводился типовыми орудиями лова (невода, ставные, плавные и кольцевые сети, спиннинг) в водных объектах полуострова Таймыр – в частности: реках Амбарная, Норильская, озере Пясино, реке Пясино и устьевых участках основных притоков реки Пясино – р. Дудыпта, Агапа, Янгода, Таря, Пура и Озёрная в 2023–25 гг. (рис. 1).

Для оценки уровня накопления тяжёлых металлов были обследованы 8 видов сиговых рыб из 10 водных объектов Таймырского полуострова (табл. 1). Всего

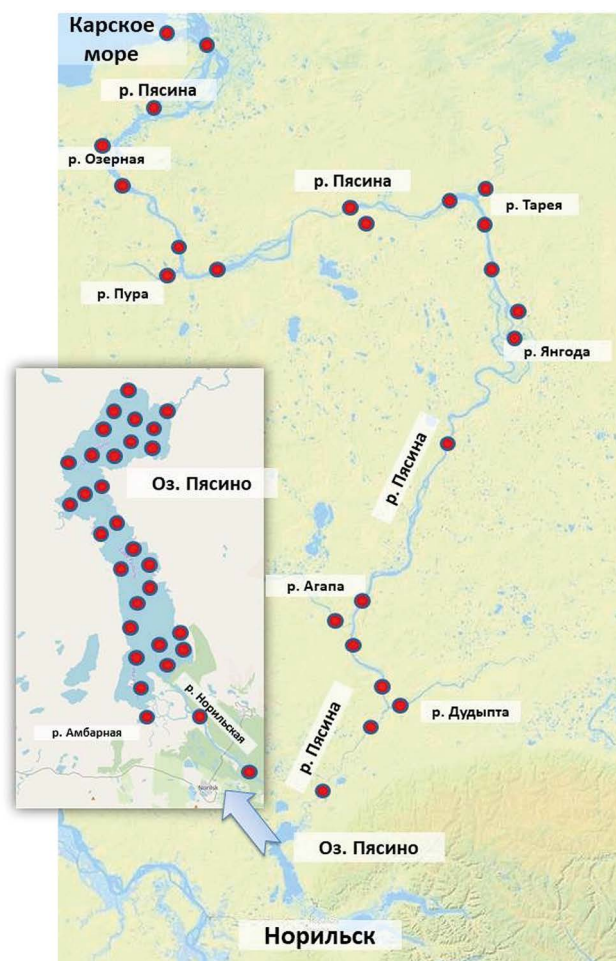


Рис. 1. Места отбора проб рыбы на содержание тяжёлых металлов в водоёмах полуострова Таймыр (2023–2025 гг.)
 Fig. 1. Fish sampling sites for heavy metal content in water bodies of the Taimyr Peninsula (2023–2025)

Таблица 1. Количество проанализированных проб различных видов рыб из водных объектов полуострова Таймыр (2023–2025 гг.)

Table 1. Number of analyzed samples of various fish species from water bodies of the Taimyr Peninsula (2023–2025)

Вид	р. Норильская	р. Амбарная	оз. Пясино	р. Пясина	р. Дудыпта	р. Агала	р. Тарейя	р. Янгода	р. Пура	р. Озерная	Всего
Нельма <i>Stenodusleuc ichthys</i> (Güldenstädt, 1772)	0	0	1	5	0	0	0	0	0	1	7
Ряпушка <i>Coregonus sardinella</i> , Valenciennes, 1848	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	6
Тугун <i>C. tugun</i> (Pallas, 1814)	3	4	13	2	0	0	0	1	0	0	23
Пелядь <i>C. peled</i> (Gmelin, 1789)	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	5
Муксун <i>C. clupeaformis</i> (Mitchill, 1818)	0	0	2	12	0	1	0	0	0	0	15
Чир <i>C. nasus</i> (Pallas, 1776)	0	0	7	12	0	0	0	0	1	1	21
Сиг-пыжьян <i>C. pidschian</i> (Gmelin, 1789)	0	1	36	24	1	2	2	1	2	1	70
Валёк (<i>Prosopium cylindarceum</i> (Pennant, 1784))	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Итого	4	5	62	63	1	3	2	2	3	3	148

было проанализировано 148 проб рыб различных видов на содержание кадмия, свинца, никеля и ртути, а также из них 75 проб на содержание меди.

Отбор проб рыб проводился из уловов в соответствии с ГОСТ 31339-2006¹, хранение — в соответствии с используемыми методиками анализа (ФР.ФР.1.31.2019.32870², ФР.1.31.2015.21649³). Исследования проб водных биологических ресурсов на содержание тяжёлых металлов были выполнены сотрудниками аккредитованного аналитического испытательного центра Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (номер записи в реестре аккредитованных лиц № RA.RU.510217) методиками, соответствующими для мониторинга загрязнения водных объектов [Барабашин и др., 2018].

Определение **общей ртути** в водных биологических ресурсах проводилось в соответствии с методикой «Массовая доля ртути в пробах гидробионтов. Методика измерений методом беспламенной атомной абсорбции». Выполнение измерений массовой доли ртути основано на восстановлении ионов ртути до элементного состояния оловом двухлористым, переводением её в газовую фазу продуванием анализируемой аликвоты пробы воздухом и измерении концентрации ртути в газовой фазе по величине поглощения ее паров при длине волны 253,7 нм. Анализ проводился с использованием ртутного анализатора типа РА-915М с приставкой РП-92 (НПО «ЛЮМЭКС», Россия).

Определение **кадмия, меди, никеля и свинца** в пробах водных биологических ресурсов проводилось в соответствии с Методикой измерений массовых долей железа, марганца, мышьяка, никеля и хрома в пробах гидробионтов методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией. Методы основаны на измерении величины абсорбции атомного пара определяемого элемента в абсорбционной графитовой трубке. Аликвота (10–20 мкл) подкисленного водного раствора, полученного после кислотной минерализации проб гидробионтов, дозировалась в полость трубки. Затем абсорбционная трубка нагревалась электротокком по программе, включающей три стадии: выпаривание пробы до сухого остатка, озонирование и импульсный нагрев до температуры атоми-

зации. В момент атомизации проводилось измерение величины абсорбции атомного пара определяемого элемента. Измеряемая абсорбционность атомного пара металла связана с концентрацией ионов этого металла в анализируемой пробе градуировочной зависимостью. Анализ проб гидробионтов на содержание кадмия, меди, никеля и свинца проводился на атомно-абсорбционных спектрофотометрах АА-860 («NIPPON JARRELL ASH», Япония) и МГА-915МД (НПО «ЛЮМЭКС», Россия).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Statistica 14.0. Проверка на нормальность выполнялась с использованием теста Шапиро-Уилка. Влияние видовой и экологической специфичности, локализации места отбора определялось с применением критерия Краскела-Уоллиса. Взаимосвязи оценивались с помощью ранговой корреляции Спирмена.

Исследования проводились в рамках реализации Мирового соглашения между Енисейским территориальным управлением Росрыболовства, ГНЦ ФГБНУ «ВНИРО» и АО «НТЭК».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные значения концентраций исследуемых тяжёлых металлов в различных видах рыб приводятся в табл. 2. Следует отметить, что концентрации **никеля** в пробах мышечной ткани в основном были ниже значений пределов обнаружения, которые есть в используемой методике определения. Было отмечено лишь 12 образцов, где были получены значимые результаты — в основном для сига, а также единично для чира, муксуна и нельмы. Согласно Регламенту Commission Regulation (EC) 2023/915 от 25 апреля 2023 г. «О максимально допустимых уровнях некоторых загрязняющих веществ в пищевых продуктах» (далее — европейский регламент (ЕР))⁴, и Техническому регламенту Таможенного Союза ТР ТС 021/2011 (далее — ДУ)⁵ для никеля не разработаны допустимые пороги концентраций в рыбе. Для **кадмия** количество значимых концентраций составило 62 пробы (в основном в сиге и тугуне), но превышения допустимого ДУ не отмечено. Максимальные уровни ЕР для этого металла были незначительно превышены в 8 пробах таких видов, как тугун, сиг и нельма. **Свинец** отмечен в 65 пробах, но нигде концентрации не превышали ДУ. Самые высокие концентрации этого металла,

¹ https://rosgosts.ru/file/gost/67/120/gost_31339-2006.pdf

² Методика измерений массовых долей железа, марганца, мышьяка, никеля и хрома в пробах гидробионтов методом атомной абсорбции с электротермической атомизацией. 2018. Ростов-на-Дону: Вираз. 16 с.

³ Методика выполнения измерений массовой доли ртути в пробах гидробионтов методом беспламенной атомной абсорбции. 2014. Ростов-на-Дону: Вираз. 14 с.

⁴ <https://fvsvps.gov.ru/files/reglament-komissii-es-2023-915-ot-25-aprelja-2023-goda-o-maksimalnyh-urovnjah-nekotoryh-zagrnjznjajushhih-veshhestv-v-pishhevyh-produktah-otmenjajushhih-reglament-es-1881-2006/>

⁵ <https://docs.cntd.ru/document/902320560>

близкие к порогу ДУ, отмечены в тугуне на оз. Пясино (0,81 мг/кг) и чире на р. Пясино (0,91 мг/кг). Максимальные уровни ЕР по содержанию свинца были превышены в 11 пробах рыб, главным образом – сига, чира, тугуна и нельмы. Причем превышение не превышало 3-кратных значений от пороговых уровней.

Таблица 2. Диапазон концентраций тяжёлых металлов в тканях основных видов рыб из водных объектов Норило-Пясинской озёрно-речной системы (2023–2025 гг.)

Table 2. Range of heavy metal concentrations in tissues of the main fish species from water bodies of the Norilo-Pyasinsky lake-river system (2023–2025)

Вид	Кадмий, мг/кг	Свинец, мг/кг	Никель, мг/кг	Ртуть, мг/кг	Медь, мг/кг	
Нельма	Мин.	н/п	н/п	н/п	0,01	0,20
	Макс.	0,07	0,52	5,08	0,10	1,00
	Сред.	0,01	0,09	0,73	0,04	0,55
	Мед.	н/п	н/п	н/п	0,03	0,57
Ряпушка	Мин.	н/п	н/п	н/п	0,01	0,47
	Макс.	0,04	0,46	н/п	0,02	0,60
	Сред.	0,01	0,16	н/п	0,01	0,54
	Мед.	0,01	0,13	н/п	0,01	0,54
Тугун	Мин.	н/п	н/п	н/п	н/п	0,45
	Макс.	0,15	0,81	1,18	0,07	4,20
	Сред.	0,03	0,08	0,05	0,01	1,15
	Мед.	0,02	н/п	н/п	0,01	0,76
Пелядь	Мин.	н/п	н/п	н/п	0,01	0,30
	Макс.	0,01	0,11	н/п	0,05	0,30
	Сред.	н/п	0,05	н/п	0,02	0,30
	Мед.	н/п	0,06	н/п	0,01	0,30
Муксун	Мин.	н/п	н/п	н/п	н/п	0,18
	Макс.	0,01	0,27	1,05	0,04	3,60
	Сред.	н/п	0,04	0,17	0,02	1,03
	Мед.	н/п	н/п	н/п	0,02	0,49
Чир	Мин.	н/п	н/п	н/п	н/п	0,12
	Макс.	0,04	0,91	5,44	0,09	4,30
	Сред.	н/п	0,07	0,32	0,02	0,84
	Мед.	н/п	н/п	н/п	0,02	0,34
Сиг-пыжьян	Мин.	н/п	н/п	н/п	0,00	0,13
	Макс.	0,10	0,72	19,10	0,15	10,00
	Сред.	0,01	0,09	0,40	0,02	1,08
	Мед.	н/п	н/п	н/п	0,02	0,48
Валек	-	н/п	н/п	н/п	0,02	-
Допустимые уровни, мг/кг, не более*	0,2	1	-	0,6 хищная 0,3 не хищная	-	
Допустимые уровни, мг/кг, не более**	0,05	0,3	-	0,5	-	

Примечание: н/п – значение ниже пределов методики обнаружения: кадмий – 0,005 мг/кг, свинец – 0,05 мг/кг, никель – 0,50 мг/кг, ртуть – 0,005 мг/кг, медь – 0,01 мг/кг; * - согласно Техническому регламенту Таможенного Союза ТР ТС 021/2011⁶; ** - согласно Регламенту Commission Regulation(ЕС) 2023/915 от 25 апреля 2023 г. «О максимально допустимых уровнях некоторых загрязняющих веществ в пищевых продуктах»⁷.

⁶ <https://docs.cntd.ru/document/902320560>

⁷ <https://fsvps.gov.ru/files/reglament-komissii-es-2023-915-ot-25-aprelja-2023-goda-o-maksimalnyh-urovnjah-nekoryh-zagraznjajushhih-veshhestv-v-pishhevyyh-produktah-otmenjajushhij-reglament-es-1881-2006/>

Ртуть выявлена в 145 пробах, но также нигде не отмечено превышений ДУ и максимальных уровней ЕР как для хищных, так и для не хищных видов рыб. Самые высокие значения были отмечены в сига на оз. Пясино (0,15 мг/кг). Значимые концентрации **меди** были выявлены во всех пробах тканей рыб и наиболее высокие значения, более 10 мг/кг, отмечены для сига из оз. Пясино. Максимальные уровни ЕР и ДУ для этого металла в рыбах не разработаны.

Статистический анализ данных показал, что проверка данных по всем концентрациям тяжёлых металлов по тесту Шапиро-Уилка определила, что значения статистически значимо отклоняются от нормального распределения.

Анализ распределения концентраций тяжёлых металлов показал, что есть статистически значимые различия по тесту Краскела-Уоллиса в распределении кадмия и ртути по разным видам рыб (рис. 2).

Несмотря на то, что значимые концентрации **никеля** в мышцах обследованных видов рыб были отмечены в незначительном числе образцов, сравнивая результаты по сигу с литературными данными [Amundsen et al., 2011], можно отметить, что полученные нами средние значения (0,40 мг/кг) были ниже, чем средние концентрации для озёр Кольского полуострова, где отмечались значения в 0,6–1 мг/кг. Максимальные значения (19,10 мг/кг), напротив – были значительно выше литературных данных, в которых этот показатель достигал лишь 2,3 мг/кг. По данным

исследователей из Сибирского отделения РАН [Ядренкина и др., 2023], содержание никеля в ряпушке, сиге и щуке бассейна р. Пясино было 0,3, 0,49 и 0,51 мг/кг соответственно, что сходно с полученными нами результатами.

Самые высокие медианные значения **кадмия** отмечены в мышцах тугуна (0,02 мг/кг). Для сига максимальные значения концентраций в мышцах (0,1 мг/кг) были значительно выше таковых из озёр приграничных районов между Россией, Финляндией и Норвегией (0,04 мг/кг), тогда как средние значения были сходны – 0,01 и 0,025 мг/кг, соответственно [Amundsen et al., 2011].

Статистический анализ выявил высокую межвидовую гетерогенность накопления кадмия ($p < 0,001$). Основной вклад в различия накоплений вносит тугун, показатели которого статистически значимо отличаются от большинства других исследованных видов: сига, чира, муксуна ($p < 0,01$), а также нельмы и пеляди ($p < 0,05$). Остальные виды сиговых рыб образуют достаточно однородную группу без достоверных различий между собой. В целом же, характеризуя накопление кадмия в видах сиговых изученных водоёмов, можно отметить следующее. Наиболее выраженная аккумуляция кадмия характерна для тугуна и ряпушки. При этом тугун статистически значимо превосходит по этому показателю сига, нельму, чира, пелядь, муксуна и валька ($p < 0,05$). Вальк, муксун, пелядь, чир и нельма образуют довольно однородную группу

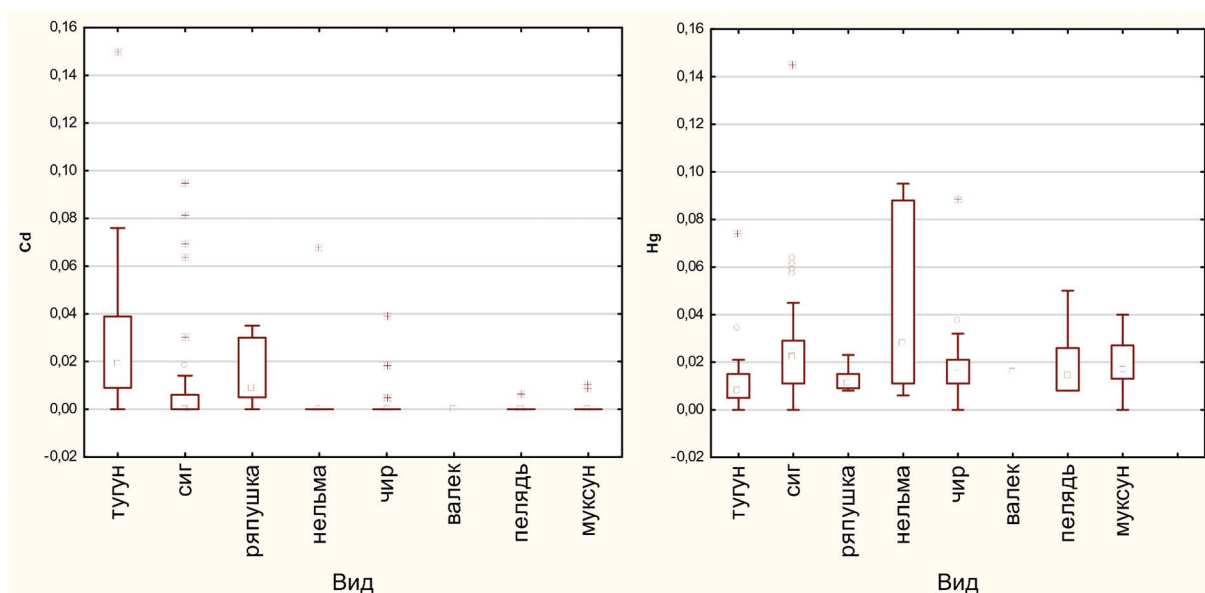


Рис. 2. Распределение концентраций кадмия и ртути в тканях рыб разных видов в водных объектах Норило-Пясинской озёрно-речной системы, мг/кг (2023–2025 гг.)

Fig. 2. Distribution of cadmium and mercury concentrations in the tissues of fish of different species in water bodies of the Norilo-Pyasinskaya lake-river system, mg/kg (2023–2025)

с низким уровнем содержания кадмия. Между ними нет статистически значимых различий. Распределение по накоплению кадмия разными видами в целом уменьшается в ряду: тугун>ряпушка>сиг>нельма, чир, пелядь, муксун, валёк.

Такие отличия тугуна в накоплении кадмия от других видов сиговых могут быть обусловлены его коротким циклом развития, который составляет в среднем всего 3–4 года [Атлас ..., 2003], и более интенсивным уровнем обмена веществ, т.к. у видов рыб более мелких размеров и веса этот показатель может быть заметно выше, чем у более крупных [Jerde et al., 2019].

Медианные значения концентрации **ртути** были достаточно высоки у сига, нельмы и чира (0,15, 0,10 и 0,09 мг/кг, соответственно). Средние и медианные значения концентраций ртути в мышцах рыб Норило-Пясинской озёрно-речной системы по нашим исследованиям заметно меньше тех, что отмечались для сига на водоёмах, расположенных в северо-западной части Мурманской области в приграничном районе между Россией, Финляндией и Норвегией, где эти величины находились от 0,02 до 1,0 мг/кг, в зависимости от озера [Терентьев, Кашулин, 2010; Kashulin et al., 2011]. В рыбах бассейна р. Пясина концентрации ртути была от 0,008 мг/кг в ряпушке и сиге до 0,04 мг/кг в щуке [Ядренкина и др., 2023], что ниже отмеченных нами концентраций для сига и ряпушки.

Статистический анализ указывает на наличие значимых различий между видами по накоплению ртути ($p < 0,008$), но эти различия выражены гораздо слабее, чем в случае с кадмием. Тугун также значительно отличается по накоплению от нельмы и сига ($z = 2,90$ и $3,97$,

соответственно), но не в сторону увеличения, а, напротив, – в сторону уменьшения накопления ртути. Анализ значения средних рангов показал, что накопление ртути в разных видах кардинально отличается от таковой у кадмия и уменьшается в ряду: нельма>сиг>муксун, пелядь, валёк, чир>ряпушка>тугун.

Сравнивая концентрации **меди** в нельме и ряпушке с данными из других водоёмов, следует отметить, что в водоёмах Норило-Пясинской озёрно-речной системы эти показатели были значительно ниже, чем в бассейне р. Лена [Степанов, 2015], где концентрация этого металла находилась в пределах 9,0–12,0 мг/кг для нельмы и 1,19–1,5 для ряпушки. В рыбах р. Обь среднее содержание меди в мышцах рыб составило 0,94 мг/кг [Глазунова, 2005], что также несколько выше отмеченных нами значений. В мышцах 2-х форм сига озерах приграничных районов между Россией, Финляндией и Норвегией [Amundsen et al., 2011] концентрации меди в мышцах находились в пределах от 0,5 до 1,2 мг/кг, что незначительно больше концентраций, полученных в нашем исследовании.

Концентрации **свинца** в мышцах сига в водоёмах Норило-Пясинской озёрно-речной системы была сходной с таковой с результатами исследований в озёрах приграничных районов между Россией, Финляндией и Норвегией, где концентрация свинца находилась в среднем в пределах 0,5–1,8 мг/кг [Amundsen et al., 2011].

Корреляционный анализ по Спирмену выявил слабую отрицательную связь между концентрациями кадмия и ртути в исследуемой ихтиофауне ($R_s = -0,27$, при $p < 0,05$). Данный факт статистически подтвержда-

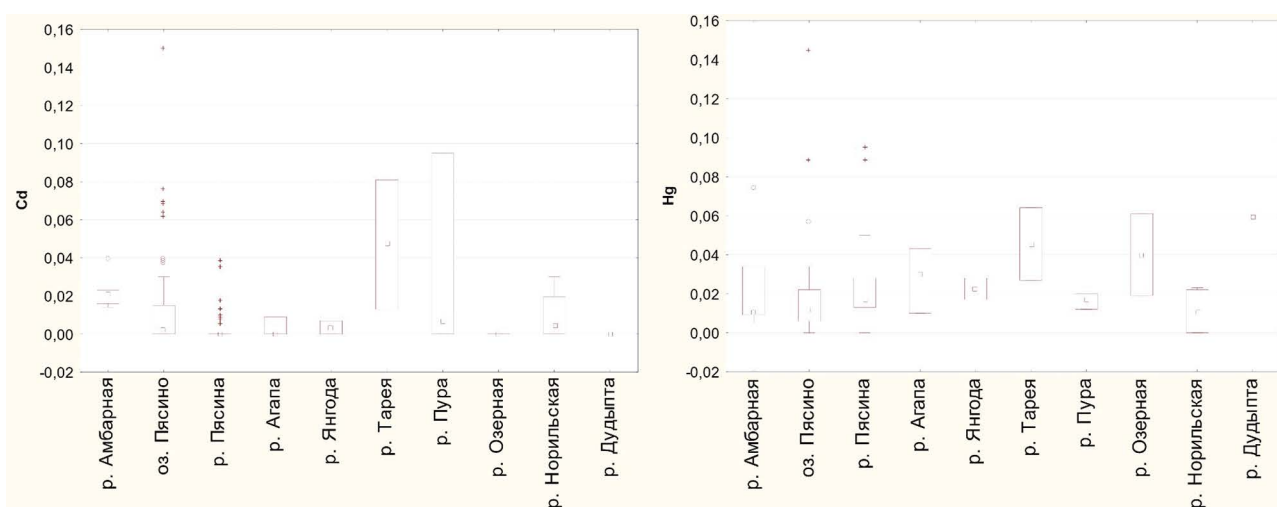


Рис. 3. Распределение концентраций кадмия и ртути в тканях рыб по разным водным объектам Норило-Пясинской озёрно-речной системы, мг/кг (2023–2025 гг.)

Fig. 3. Distribution of cadmium and mercury concentrations in fish tissues in different water bodies of the Norilo-Pyasinskaya lake-river system, mg/kg (2023–2025)

ет гипотезу о различных механизмах биоаккумуляции и путях поступления данных токсикантов в организмы рыб. Виды-гипераккумуляторы кадмия (например, тугун) не являются значимыми накопителями ртути, что указывает на специфичность трофических связей и путей миграции металлов в экосистеме.

Тест Краскела-Уоллиса выявил высокодостоверные различия в накоплении кадмия и ртути между исследуемыми водоёмами (рис. 3). Для свинца, никеля и меди таких различий не наблюдалось.

Самые высокие медианные значения по концентрации кадмия были отмечены для р. Тарей (0,047 мг/кг) и р. Амбарная (0,021 мг/кг), а ртути – в реках Тарей (0,045 мг/кг) и Дудыпта (0,04 мг/кг).

Пространственный анализ накопления **кадмия** выявил высокую неоднородность данных (критерий Краскела-Уоллиса $H=31,68, p=0,0002$), и отмечена зависимость его накопления в рыбах от водоёма вылова. Установлено, что наибольшие уровни накопления характерны для рек Тарей и Амбарная (средние ранги 133,3 и 129,4 соответственно), в то время как реки Озерная и Дудыпта характеризуются минимальным уровнем аккумуляции кадмия. Ранжирование водоёмов по уровню накопления кадмия в рыбах показало, что согласно распределению рангов, максимальные уровни отмечены в реках Тарей и Амбарная, затем идут река Пура, река Норильская и оз. Пясино, потом реки Пясино, Агапа и Янгода, а завершают ряд реки Озерная и Дудыпта.

Накопление **ртути** в рыбах различных водотоков также значимо отличалось ($H=31,68, p=0,02$), но эта зависимость была выражена значительно меньше, чем для кадмия. Наибольший уровень накопления отмечен для рек Дудыпта и Озерная, несколько ниже в р. Агапа и Янгода. Средние уровни накопления выявлены в реках Пясино, Амбарная и Пура, а самые низкие – в оз. Пясино, реки Норильская и Тарей.

В итоге можно отметить, что пространственное распределение кадмия и ртути в рыбах носит разнонаправленный характер. Водоёмы, характеризующиеся максимальным накоплением кадмия в рыбах (реки Тарей и Амбарная), являются относительно благополучными по содержанию ртути. И наоборот, локации с пиковыми концентрациями ртути (реки Дудыпта и Озерная) демонстрируют минимальные уровни аккумуляции кадмия. Это может указывать как на принципиально разные механизмы поступления и миграции данных токсикантов в исследуемых экосистемах, так и на зависимости, вызванные наличием или отсутствием значимых видов в выборке водоёмов (тугун и нельма). Также стоит отметить, что анализ распределения концентраций в рыбах по водоёмам указывает на то, что лидируют водотоки, удалённые от Норильского промышленного района (кроме высоких значений кадмия в рыбах р. Амбарная). Это указывает не только на влияние производств, но и на роль естественного фона в накоплении металлов в рыбах.

Таблица 4. Диапазон концентраций тяжёлых металлов в тканях экологических групп рыб из водных объектов Норило-Пясинской озерно-речной системы (2023–2025 гг.)

Table 4. Range of heavy metal concentrations in tissues of ecological groups of fish from water bodies of the Norilo-Pyasinskaya lake-river system (2023–2025)

Вид	Кадмий, мг/кг	Свинец, мг/кг	Никель, мг/кг	Ртуть, мг/кг	Медь, мг/кг	N
Бентофаги	<i>Мин.</i>	н/п	н/п	н/п	0,130	107
	<i>Макс.</i>	0,095	0,720	19,100	0,145	
	<i>Сред.</i>	0,005	0,073	0,285	0,022	
	<i>Мед.</i>	н/п	н/п	н/п	0,019	
Планктонофаги	<i>Мин.</i>	н/п	н/п	н/п	0,300	34
	<i>Макс.</i>	0,150	0,810	1,180	0,074	
	<i>Сред.</i>	0,022	0,089	0,035	0,013	
	<i>Мед.</i>	0,014	н/п	н/п	0,009	
Хищники	<i>Мин.</i>	н/п	н/п	н/п	0,200	7
	<i>Макс.</i>	0,068	0,520	5,080	0,095	
	<i>Сред.</i>	0,010	0,093	0,726	0,040	
	<i>Мед.</i>	н/п	н/п	н/п	0,028	

Примечание: н/п – значение ниже пределов методики обнаружения: кадмий – 0,005 мг/кг, свинец – 0,05 мг/кг, никель – 0,50 мг/кг, ртуть – 0,005 мг/кг, медь – 0,01 мг/кг

Важным аспектом распределения тяжёлых металлов в рыбах может являться тип питания и трофическая ниша вида. Так, среди рыб из водных объектов Норило-Пясинской озёрно-речной системы отмечены представители хищных (нельма), планктонофагов (ряпушка, тугун и пелядь) и бентофагов (муксун, чир, сиг, валёк) [Атлас ..., 2002]. Анализ концентраций тяжёлых металлов по основным экологическим группам приводится в табл. 4.

Также статистический анализ показал, что, согласно тесту Краскела-Уоллиса имеются различия в накоплении кадмия ($H = 35,29$; $p < 0,001$) и ртути ($H = 15,25$; $p < 0,001$), между исследуемыми экологическими группами. Для свинца, никеля и меди таких различий не наблюдалось (рис. 4).

При сравнении рангов было установлено, что экологическая специализация видов является детерминирующим фактором аккумуляции **кадмия**. Максимальное содержание токсиканта выявлено у планктонофагов (ранг 108,2), а минимальные – у хищников (ранг 59,4), что свидетельствует об отсутствии эффекта биомагнификации (бионакопления) данного металла в исследуемых трофических цепях.

Такая инверсия переноса кадмия в трофических цепях – явление в целом не уникальное. Хотя существуют чёткие свидетельства биоконцентрации кадмия, имеется мало доказательств, объясняющих её механизмы в водных экосистемах [Saidon et al., 2024]. Так, согласно литературным данным, было показано, что в заливе Сан-Франциско беспозвоночные имели более высокое трофическое обогащение кадмием, чем рыбы. Концентрация кадмия в рыбе (например, большеротом окуне (*Micropterus salmoides*))

была значительно ниже, чем в её возможной добыче – беспозвоночных (например, амфиподах, улитках и личинках насекомых) [Croteau et al., 2005]. Также отмечено, что, например, в таком морском хищнике, как меч-рыба (*Xiphias gladius*) выявлено почти на порядок меньше кадмия, чем в таком планктонофаге, как индийский анчоус (*Stolephorus indicus*) [Pragnya et al., 2021]. В прибрежных лагунах Калифорнийского залива отмечена достоверная отрицательная зависимость между накоплением кадмия и трофическим уровнем гидробионтов, включая рыб [Jara-Marini et al., 2003]. Считается, что основными путями поступления кадмия в организм рыб могут быть жабры и кожа, через которые он поступает с водой [Annabiet et al., 2013], что влияет на особенности бионакопления кадмия у рыб разных трофических уровней. Об этих же особенностях свидетельствуют и наши данные, которые показывают отсутствие бионакопления.

Статистический анализ выявил различия содержания ртути в тканях всех проанализированных экологических групп сиговых в обследованных водоёмах. Средние ранги чётко показывают увеличение концентраций в ряду: планктонофаги (50,15)-бентофаги (80,75)-хищники (97,29), что согласуется с их трофической специализацией и отражает эффект бионакопления в пищевой цепи. Такое накопление ртути по пищевой трофической цепи водоёмов в целом характерно для данного элемента [Saidon et al., 2024]. Следует отметить, что согласно исследованиям накопления ртути в 2-х разных формах сига в озёрах трансграничной зоны Кольского полуострова, в мышцах зоопланктоноядной многотычинковой формы концентрации ртути были в целом ниже, чем

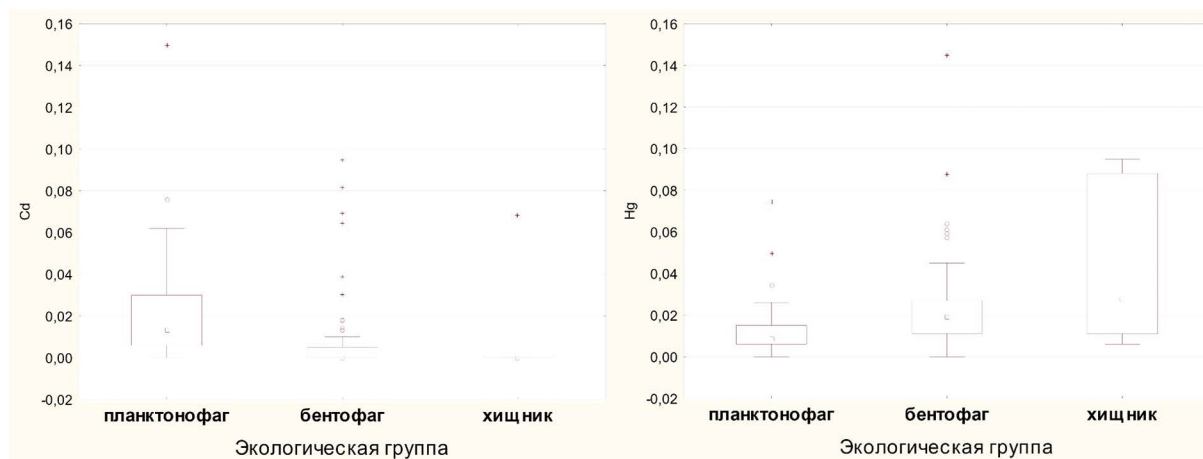


Рис. 4. Распределение концентраций кадмия и ртути в тканях различных экологических групп рыб из водных объектов Норило-Пясинской озёрно-речной системы, мг/кг (2023–2025 гг.).

Fig. 4. Distribution of cadmium and mercury concentrations in tissues of various ecological groups of fish from water bodies of the Norilo-Pyasinskaya lake-river system, mg/kg (2023–2025)

для бентоядной формы в этих же озёрах [Amundsen, et al., 2011].

На основании полученных данных по накоплению в различных видах разных экологических групп стоит отметить, что для мониторинга накоплений кадмия в водоёмах Таймыра целесообразно использовать в качестве индикационного объекта тугуна, а для мониторинга ртутных загрязнений – нельму.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во всех изученных пробах всех видов рыб превышений безопасных уровней (ДУ) кадмия, свинца и ртути отмечено не было. Превышение максимальных уровней ЕР для кадмия было незначительно в 8 пробах, для свинца – в 11 пробах, а для ртути превышения пороговых значений как для хищных, так и для нехищных видов, отмечено не было. Для меди и никеля пороговые значения не разработаны, но значимые концентрации меди были выявлены во всех пробах тканей рыб, тогда как для никеля – всего в 9. Это свидетельствует о незначительном числе случаев превышения безопасных порогов накопления и безопасности сиговых рыб как объектов промысла и пищевого сырья.

Статистический анализ по разным видам сиговых показал, что статистически значимые различия есть только в распределении кадмия (максимум – у тугуна) и ртути (максимум – у нельмы). Эти виды могут быть маркерными для мониторинга накопления данных элементов в мышцах рыб. Распределение концентраций тяжёлых металлов в рыбах по водоёмам, показало, что высокие медианные значения концентрации кадмия были отмечены в рыбах из рек Тарей и Амбарная, а ртути – из рек Дудыпта и Тарей. Это может указывать на воздействие природного фона рек Дудыпта и Тарей, где отсутствуют источники поступления антропогенных загрязнений, а также воздействия антропогенного влияния в р. Амбарная, которая протекает непосредственно по территории Норильского промышленного района.

Также статистический анализ показал, что, имеются различия в накоплении кадмия и ртути между экологическими группами рыб. Содержание кадмия в мышцах планктонофагов было достоверно выше, чем у бентофагов и хищников. Слабая отрицательная связь между концентрациями кадмия и ртути в исследуемой ихтиофауне подтверждает гипотезу о различных механизмах биоаккумуляции и путях поступления данных токсикантов в организмы рыб. В отличие от кадмия содержание ртути в мышцах статистически достоверно повышалось в ряду планктонофаги-бентофаги-хищники, что отражает эффект бионако-

пления в пищевой цепи и согласуется с литературными данными.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ВНИРО.

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас пресноводных рыб России. 2003. Т. 1. / Ю. С. Решетников ред. М.: Наука. 379 с.
- Барабашин Т. О., Кораблина И. В., Павленко Л. Ф., Скрыпник Г. В., Короткова Л. И. 2018. Методическое обеспечение мониторинга загрязнения водных объектов Азово-Черноморского бассейна // Водные биоресурсы и среда обитания. Т. 1. № 3–4. С. 9–27.
- Глазунова И. А. 2005. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в рыбах верховьев Оби. Автореф. дисс... канд. биол. наук. Барнаул: АлтГУ, 20 с.
- Перепелин Ю. В., Заделенов В. А., Гадинов А. Н. 2012. Современное состояние рыбохозяйственного комплекса Енисейского рыбохозяйственного района // Вопросы рыболовства. Т. 13. № 2 (50). С. 227–238.
- Степанов Г. П. 2019. Накопление тяжёлых металлов в мышцах сиговых рыб Булунского района // География и краеведение в Якутии. Мат. Вресп. науч.-практ. конф., посвящённой 105-летию со дня рождения А. И. Сивцевой. С. 189–193.
- Терентьев П. М., Кашулин Н. А. 2010. Изучение пространственно-временных особенностей накопления некоторых тяжёлых металлов в организмах сига водоёмов Северной Фенноскандии // Вестник Кольского научного центра РАН. № 1. С. 57–62.
- Ядренкина Е. Н., Шешуков С. А., Халилли Ф. П., Ядренкин А. В. 2024. Миграции тяжелых металлов по трофической цепи гидробионтов в бассейне р. Пясины на примере рыб // Биологические проблемы Севера. Межд. науч. конф. посвящ. 300-летию РАН. М.: «Знание-М». С. 301–302.
- Amundsen P.-A., Kashulin N. A., Terentjev P., Gjelland K. Ø., Koroleva I. M., Dauvalter V. A., Sandimirov S., Kashulin A., Knudsen R. 2011. Heavy metal contents in whitefish (*Coregonus lavaretus*) along a pollution gradient in a subarctic watercourse // Environ Monit Assess. V. 182: 301–316/ DOI 10.1007/s10661-011-1877-1.
- Annabi A., Said K., Messaoudi I. 2013. Cadmium: bioaccumulation, histopathology and detoxifying mechanisms in fish // American Journal of Research Communication. V. 1. P. 62–79.
- Croteau M.-N., Luoma S. N., Stewart A. R. 2005. Trophic transfer of metals along freshwater food webs: Evidence of cadmium

- biomagnification in nature // *Limnol. Oceanogr.*, V. 50(5). P. 1511–1519.
- Jara-Marini M.E., Soto-Jiménez M.F., Páez-Osuna F. 2009. Trophic relationships and transference of cadmium, copper, lead and zinc in a subtropical coastal lagoon food web from SE Gulf of California // *Chemosphere*. V. 77. P. 1366–1373. DOI:10.1016/j.chemosphere.2009.09.025
- Jerde C.L., Kraskura K., Eliason E.J., Csik S.R., Stier A.C., Taper M.L. 2019. Strong Evidence for an Intraspecific Metabolic Scaling Coefficient Near 0.89 in Fish // *Front. Physiol.* V. 10. P. 1166.
- Kashulin N.A., Terentyev P.M., Amundsen P.A., Dauvalter V.A., Sandimirov S.S., Kashulin A.N. 2011. Specific Features of Accumulation of Cu, Ni, Zn, Cd, and Hg in Two Whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) Morphs Inhabiting the Inari–Pasvik Lacustrine–Riverine System // *Inland Water Biology*. V. 4, № 3. P. 383–392.
- Pragnya M., Ajay B., Dinesh Kumar S., Byragi Reddy T. 2021. Bioaccumulation of heavy metals in different trophic levels of aquatic ecosystems with fish as a bioindicator in Visakhapatnam, India // *Marine Pollution Bulletin*. V. 165. P. 112162. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112162.
- Saidon N.B., Szabó R., Budai P., Lehel J. 2024. Trophic transfer and biomagnification potential of environmental contaminants (heavy metals) in aquatic ecosystems, *Environmental // Pollution*. V. 340, Pt 1. P. 122815. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.122815.
- Vinanthi Rajalakshmi, K.S., Liu, W.-C.; Balamuralikrishnan, B., Meyyazhagan, A., Sattanathan, G., Pappuswamy, M., Joseph, K.S., Paari, K.A., Lee, J.-W. 2023. Cadmium as an Endocrine Disruptor That Hinders the Reproductive and Developmental Pathways in Freshwater Fish: A Review // *Fishes*. V. 8. P. 589. DOI: 10.3390/fishes8120589.
- Zhulidov A.V., Gurtovaya T.Y., Robarts R.D., Pavlov D.F., Kämäri J., Meriläinen J.J., Pospelov I.N. 2011. Long-term changes of heavy metal and sulphur concentrations in ecosystems of the Taymyr peninsula (Russian Federation) north of the Norilsk industrial complex // *Environmental Monitoring and Assessment*. V. 181. № 1–4. P. 539–553.
- Znad, H., Awual, M., Martini, S. 2022. The utilization of algae and seaweed biomass for bioremediation of heavy metal-contaminated wastewater // *Molecules*. V. 27. P. 1275. DOI 10.3389/fphys.2019.01166
- REFERENCES**
- Atlas of Freshwater Fishes of Russia*. 2003. V. 1. / Yu.S. Reshetnikov, ed. Moscow: Nauka. 379 p. (In Russ.).
- Barabashin, T.O., Korablina, I.V., Pavlenko, L.F., Skrypnik, G.V., Korotkova, L.I. 2018. Methodological Support for Monitoring Pollution of Water Bodies of the Azov-Black Sea Basin // *Aquatic Bioresources and Habitat*. V. 1. № 3–4. P. 9–27. (In Russ.).
- Glazunova, I.A. 2005. Content and Distribution Features of Heavy Metals in Fish from the Upper Ob River. PhD Abstr. in biol. Barnaul: Altai State University. 20 p. (In Russ.).
- Perepelin, Yu. V., Zadelenov, V. A., Gadinov, A. N. 2012. Current State of the Fisheries Complex of the Yenisei Fishery District // *Fishery Issues*. V. 13. № 2 (50). P. 227–238. (In Russ.).
- Stepanov G.P. 2019. Accumulation of Heavy Metals in the Muscles of Whitefish in the Bulunsky District // *Geography and Local History in Yakutia*. Proc. of the V Repub. Scient. and Pract. Conf. Dedicated to the 105th Anniversary of the Birth of A.I. Sivtseva. P. 189–193. (In Russ.).
- Terentyev P.M., Kashulin N.A. 2010. Study of Spatio-Temporal Features of the Accumulation of Certain Heavy Metals in Whitefish Organisms in Water Bodies of Northern Fennoscandia // *Bull. of the Kola Science Center of the RAS*. V.1. p. 57–62. (In Russ.).
- Yadrenkina E.N., Sheshukov S.A., Khalilli F.P., Yadrenkin A.V. 2024. Migrations of heavy metals along the trophic chain of aquatic organisms in the Pyasina River basin using fish as an example // *Biological problems of the North*. Int. scientific conf. dedicated to the 300th anniversary of the RAS. Moscow: Znanie-M. P. 301–302. (In Russ.).
- Amundsen P.-A., Kashulin N. A., Terentjev P., Gjelland K. Ø., Koroleva I. M., Dauvalter V.A., Sandimirov S., Kashulin A., Knudsen R. 2011. Heavy metal contents in whitefish (*Coregonus lavaretus*) along a pollution gradient in a subarctic watercourse // *Environ Monit Assess*. V. 182: 301–316/ DOI 10.1007/s10661-011-1877-1.
- Annabi A., Said K., Messaoudi I. 2013. Cadmium: bioaccumulation, histopathology and detoxifying mechanisms in fish // *American Journal of Research Communication*. V. 1. P. 62–79.
- Croteau M.-N., Luoma S.N., Stewart A.R. 2005. Trophic transfer of metals along freshwater food webs: Evidence of cadmium biomagnification in nature // *Limnol. Oceanogr.*, V. 50(5). P. 1511–1519.
- Jara-Marini M.E., Soto-Jiménez M.F., Páez-Osuna F. 2009. Trophic relationships and transference of cadmium, copper, lead and zinc in a subtropical coastal lagoon food web from SE Gulf of California // *Chemosphere*. V. 77. P. 1366–1373. DOI:10.1016/j.chemosphere.2009.09.025
- Jerde C.L., Kraskura K., Eliason E.J., Csik S.R., Stier A.C., Taper M.L. 2019. Strong Evidence for an Intraspecific Metabolic Scaling Coefficient Near 0.89 in Fish // *Front. Physiol.* V. 10. P. 1166.
- Kashulin N.A., Terentyev P.M., Amundsen P.A., Dauvalter V.A., Sandimirov S.S., Kashulin A.N. 2011. Specific Features of Accumulation of Cu, Ni, Zn, Cd, and Hg in Two Whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) Morphs Inhabiting the Inari–Pasvik Lacustrine–Riverine System // *Inland Water Biology*. V. 4, № 3. P. 383–392.
- Pragnya M., Ajay B., Dinesh Kumar S., Byragi Reddy T. 2021. Bioaccumulation of heavy metals in different trophic levels of aquatic ecosystems with fish as a bioindicator in Visakhapatnam, India // *Marine Pollution Bulletin*. V. 165. P. 112162. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112162.
- Saidon N.B., Szabó R., Budai P., Lehel J. 2024. Trophic transfer and biomagnification potential of environmental contaminants (heavy metals) in aquatic ecosystems, *Environmental*

- // Pollution. V. 340, Pt 1. P. 122815. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.122815.
- Vinanthi Rajalakshmi, K.S., Liu, W.-C.; Balamuralikrishnan, B., Meyyazhagan, A., Sattanathan, G., Pappuswamy, M., Joseph, K.S., Paari, K.A., Lee, J.-W.* 2023. Cadmium as an Endocrine Disruptor That Hinders the Reproductive and Developmental Pathways in Freshwater Fish: A Review // Fishes. V. 8. P. 589. DOI: 10.3390/fishes8120589.
- Zhudidov A.V., Gurtovaya T.Y., Robarts R.D., Pavlov D.F., Kämäri J., Meriläinen J.J., Pospelov I.N.* 2011. Long-term changes of heavy metal and sulphur concentrations in ecosystems of the Taymyr peninsula (Russian Federation) north of the Norilsk industrial complex // Environmental Monitoring and Assessment. V. 181. № 1–4. P. 539–553.
- Znad, H., Awual, M., Martini, S.* 2022. The utilization of algae and seaweed biomass for bioremediation of heavy metal-contaminated wastewater // Molecules. V. 27. P. 1275. DOI 10.3389/fphys.2019.01166

*Поступила в редакцию 03.04.2026 г.
Принята после рецензий 29.04.2026 г.*



УДК 338.43

**Экономика, международное сотрудничество и нормативные правовые основы
рыбохозяйственной деятельности**

Методология прогнозирования финансово-экономических последствий институциональных преобразований: на примере предприятий Камчатского края

Г. С. Зверев

Всероссийская ассоциация рыбохозяйственных предприятий, предпринимателей и экспортеров (НО «ВАРПЭ»), ул. Петровка, д.23/10, стр. 5, Москва, 107031

E-mail: Varpe@varpe.org

SPIN-код: Г.С.Зверев – 4536–0196

Цель работы: рассмотрение методологических подходов к прогнозированию финансовых последствий институциональных преобразований в секторе предприятий-добытчиков тихоокеанских лососей Камчатского края. **Результаты** показывают, что расчёт чистой приведённой стоимости демонстрирует дифференциацию финансовых последствий институциональных преобразований в зависимости от принадлежности предприятий к разным кластерам. **Материалы** исследования: официальные данные Росрыболовства и ФГБНУ «ВНИРО» о вылове основных видов тихоокеанских лососей, таможенная статистика стран-импортёров, данные Росстата, Россельхознадзора и ЦРПТ о производстве и обороте лососевой икры, а также ценовая информация отраслевых информационных агентств. **Методы** исследования: две эконометрические модели: модель одномерных временных рядов и кластерная модель. **Научная новизна:** выполнен анализ институциональных преобразований в одном из сегментов отечественного рыбного хозяйства и рассчитан прогноз финансовых последствий этих преобразований. **Практическая значимость** исследования подтверждается тем, что основные выводы исследования использовались при уточнении нормативно-правовой базы, а незавершённость институциональных преобразований повышает спрос на научно обоснованный прогноз их финансовых последствий.

Ключевые слова: институциональные преобразования, тихоокеанские лососи, финансово-экономическое моделирование, природная рента, перезаключение договоров рыболовными участками, Камчатский край, устойчивость предприятий.

Methodology for forecasting the financial and economic consequences of institutional transformations: The Case of Enterprises in the Kamchatka territory

German S. Zverev

All-Russia Association of Fisheries Enterprises, Entrepreneurs and Exporters («VARPE»), 23/10 building 5, Petrovka st., Moscow, 107031, Russia

The objective of the study is to examine methodological approaches to forecasting the financial consequences of institutional transformations in the Pacific salmon fishing sector of Kamchatka Krai. **The results** demonstrate that the calculation of net present value demonstrates the differentiation of the financial consequences of institutional transformations depending on the enterprises' affiliation with different clusters. **The study materials** include official data from the Federal Agency for Fisheries and the Federal State Budgetary Scientific Institution "VNIRO" on the catch of the main Pacific salmon species, customs statistics of importing countries, data from Rosstat, Rosselkhoz nadzor, and the Center for Fisheries and Tourism Development on the production and turnover of salmon caviar, as well as price information from industry news agencies. **The research methods** include two econometric models: a one-dimensional time series model and a cluster model. **Scientific novelty:** an analysis of institutional transformations in one segment of the domestic fisheries industry was performed, and a forecast of the financial consequences of these transformations was calculated. **The practical significance of the study** is confirmed by the fact that the main findings of the study were used to refine the regulatory framework, and the incompleteness of institutional reforms increases the demand for a scientifically based forecast of their financial consequences.

Keywords: institutional reforms, Pacific salmon, financial and economic modeling, natural resource rent, fishing ground agreement renewals, Kamchatka Krai, enterprise sustainability.

ВВЕДЕНИЕ

Экономические аспекты добычи водных биологических ресурсов и производства из них продукции являются одним из важнейших направлений рыбохозяйственной науки. Специфика водных биологических ресурсов как одного из возобновляемых видов

природных ресурсов и особые, действующие применительно только к этому виду природных ресурсов экстерналии определяют особенности формирования конкретной разновидности природной ренты, а значит – и методологию исчисления размера соответствующей природной ренты. Глубоко и предметно методологические подходы к способам расчёта

природной ренты в сфере добычи водных биологических ресурсов исследованы в работах Г.Д. Титовой [2003] и А.Н. Макоедова [Макоедов, Кожемяко, 2007]. Новаторский подход к экономической оценке функционирования предприятий, осуществляющих добычу и переработку водных биологических ресурсов, предложен в исследовании К.В. Колончина [2007] и предлагаемом им «экосистемном подходе».

В данном исследовании предлагается анализ некоторых методологических подходов к исчислению и взиманию природной ренты применительно к тихоокеанским лососям: автор не намерен в рамках предлагаемого вашему вниманию исследования касаться иных видов водных биологических ресурсов. Авторский выбор обусловлен как природными особенностями формирования и поведения тихоокеанских лососей (эти особенности глубоко и всесторонне изучены специалистами ВНИРО), так и актуальностью рассмотрения именно этой темы в настоящее время, что в совокупности предполагает особую значимость институциональных преобразования для конкретного региона Российской Федерации.

Отмечу, что практические попытки обоснования размеров природной ренты для тихоокеанских лососей имеют давнюю историю. Так, камчатский исследователь С.В. Гаврилов [2000¹] убедительно показывает причины провалов при установлении природной ренты, например, для затеянной в 1896 году аренды на десять лет р. Авача или для созданного в 1901 году первого на Камчатке отечественного рыбоконсервного завода в б. Тарья. Оба проекта закончились провалом именно из-за недостаточно продуманного способа взимания государством природной ренты, что подорвало окупаемость проектов и привело к их провалу.

Добыча тихоокеанских лососей представляет собой значимую отрасль экономики Дальневосточного региона, в особенности Камчатского края. Добыча тихоокеанских лососей обеспечивает значительный вклад в продовольственную безопасность, экспортный потенциал и социально-экономическое развитие прибрежных территорий. Специфика лососевого промысла определяется сочетанием высокой природной вариативности ресурсной базы, выраженной биологической цикличностью (прежде всего, для горбуши), сезонным характером производства, удалённостью районов добычи, значительной долей ручного

малоквалифицированного труда. Также лососевый сектор характеризуется высокой организационной неоднородностью: он объединяет как многочисленные малые и микропредприятия с ограниченными финансовыми и производственными ресурсами, так и крупные вертикально-интегрированные холдинги, обладающие значительным масштабом, диверсификацией и доступом к современным технологиям.

Объективная сложность долгосрочного прогнозирования вылова тихоокеанских лососей и экономическая многоукладность сектора добычи тихоокеанских лососей определяют существенно различающуюся способность предприятий адаптироваться к институциональным преобразованиям, включающим условия долгосрочного доступа к ресурсам и расчёт взимаемой государством природной ренты.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью научного прогнозирования форм адаптации сектора добычи тихоокеанских лососей к новым условиям доступа к изначальному производственному ресурсу. В 2023 году в России начались масштабные институциональные преобразования в сфере пользования рыболовными участками, в том числе предназначенными для добычи анадромных видов рыб. Принятие Федерального закона № 384-ФЗ² и последующих подзаконных актов закрепило механизм перезаключения договоров с действующими пользователями без проведения аукционов, но при условии внесения ими платы за пользование участками и принятии социально-экономических обязательств перед регионами³. Совокупный объём финансовых требований к предприятиям-добытчикам тихоокеанских лососей оценивается в 181–202 млрд. рублей, что сопоставимо со среднегодовой выручкой всего сектора добычи тихоокеанских лососей.

Ключевым элементом указанных институциональных преобразований являются введение платы за пользование рыболовными участками, экономическая природа которой требует отдельного рассмотрения. Плата за пользование рыболовными участками по своему экономическому содержанию занимает промежуточное положение между фискальным и инвестиционным платежами. С одной стороны, она обладает несомненными признаками фискального платежа, поскольку её размер непосредственно привязан к ставкам сбора за пользование объектами водных

¹ Гаврилов С.В. 2000. Рождение камчатских консервов // Вопросы истории рыбной промышленности Камчатки. Историко-краеведческий сборник. Вып. 3. 2000 г. <https://iz.ru/1842930/natala-baslykova/kleva-ne-budet-v-rossii-mogut-upast-obemy-vylova-lososevoi-ryby>. 05.05.2026.

² Федеральный закон от 24 июля 2023 г. № 384-ФЗ. «О внесении изменений в Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов». <http://www.kremlin.ru/acts/bank/49593>

³ <https://iz.ru/1842930/natala-baslykova/kleva-ne-budet-v-rossii-mogut-upast-obemy-vylova-lososevoi-ryby>. 05.05.2026.

биологических ресурсов и является обязательным условием продолжения хозяйственной деятельности предприятий: невнесение платы влечёт расторжение договора и прекращение деятельности предприятия. С другой стороны, данный платёж имеет существенные признаки инвестиционного платежа, так как его экономическая целесообразность оценивается пользователями с учётом прогнозируемой уловистости конкретного рыболовного участка и ожидаемых денежных потоков от добычи и реализации продукции. В связи с этим требуется применение методологии оценки эффективности инвестиционных проектов [Ковалев, 2015; Виленский и др., 2019; Gasparis-Wieloch, 2019]. Следовательно, данный платёж не является в чистом виде ни классическим фискальным изъятием, ни чистой инвестицией.

Тема адаптации рыбопромышленных предприятий к институциональным преобразованиям отражена в научной литературе, где акцент делается на экономических аспектах устойчивости рыболовства [Ворожбит и др., 2016]. В условиях глобальных вызовов, таких как экономические санкции против России, переустройство мирового рыбного рынка [Зверев, 2024⁴] и конкуренция с аквакультурой, институциональные преобразования в сфере доступа действующих предприятий к изначальному производственному ресурсу способствуют консолидации рынка в пользу крупных холдингов, колебанию масштабов занятости и сокращению численности малых и средних предприятий в регионах [Зверев, 2025]. Предлагаемые специалистами подходы к построению финансовых моделей в сфере рыболовства преимущественно фокусируются на сценарном анализе и стохастическом прогнозировании, учитывающем цикличность вылова и рыночные риски [Салтыков, Миускова, 2019].

Зарубежные исследования подчёркивают, что лосось является одним из видов с высокой ценовой волатильностью, что особенно характерно как для выращенного, так и для дикого лосося, что в свою очередь приводит к необходимости использования отраслевых инструментов управления риском [Dahl, Oglend, 2014; Nygaard, Roll, 2024].

Согласно методологическому подходу Г.Д. Титовой [2003], экстерналии в сфере добычи водных биологических ресурсов проявляются как внешние эффекты, не учитываемые в рыночных механизмах, включая перелов, истощение запасов и неэффективное

использование ресурсов из-за открытого доступа и субсидий. Эти экстерналии, как биоэкономический феномен, приводят к экономической нестабильности и необходимости корректировки рентных платежей.

По мнению автора, конкретизация экстерналий как общего для всего рыболовства в целом принципа в частном случае, применяемом непосредственно для сектора добычи тихоокеанских лососей, повысит точность прогнозирования возможных способов адаптации предприятий указанного сектора к финансовой нагрузке, а также позволяет выявить возможное завышение рентных обязательств в периоды низких уловов тихоокеанских лососей.

Целью настоящей работы является рассмотрение нескольких методологических подходов к построению финансово-экономических моделей адаптации предприятий сектора добычи тихоокеанских лососей с учётом внесения ими платы за рыболовные участки или отказа от внесения платы и выхода из бизнеса. Основной акцент настоящего исследования сделан на анализе неоднородности корпоративной структуры сектора тихоокеанских лососей, поскольку именно этот фактор в наибольшей степени определяет последствия реформы для разных групп предприятий.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Анализ нормативно-правовой базы, устанавливающей размер и сроки внесения платы за рыболовные участки, предназначенные для добычи тихоокеанских лососей.
2. Вариант расчёта финансовой нагрузки посредством прогнозируемой калькуляции всех видов выручки, полученных от реализации производимой из тихоокеанских лососей продукции.
3. Вариант расчёта финансовой нагрузки посредством построения финансовой модели, учитывающей издержки производства.
4. Кластеризация сектора добычи тихоокеанских лососей Камчатского края с использованием дифференциации финансовых показателей предприятий.

Предлагаемое исследование позволит оценить влияние институциональных преобразований в секторе добычи тихоокеанских лососей на структуру и количество хозяйствующих субъектов в указанном секторе.

Настоящая статья логически продолжает тему исследования «Влияет ли объём вылова тихоокеанских лососей на оптовые цены продукции из них?», опубликованную в журнале Известия ТИНРО [Зверев и др., 2024]. В указанном исследовании была проанализирована взаимосвязь между динамикой вылова различных видов тихоокеанских лососей и ценами на

⁴ Зверев Г. Доклад президента ВАРПЭ Германа Зверева в рамках «времени эксперта» на 563-м заседании Совета Федерации // ВАРПЭ. – 2024. – 20 марта. https://www.varpe.org/news/doklad_prezidenta_varpe_germana_zvereva_v_ramkakh_vremeni_eksperta_na_563_em_zasedanii_soveta_federa/. 05.05.2026.

вид продукции «рыба мороженая (вид рыбы – тихоокеанские лососи)», что позволило выявить базовые ценовые механизмы функционирования отрасли. Настоящая работа углубляет анализ экономики сектора добычи тихоокеанских лососей и предлагает различные методологические подходы к оценке финансовой устойчивости предприятий в условиях значительного изъятия получаемого дохода. Таким образом обеспечивается логическая и методологическая преемственность исследований, направленных на комплексный анализ экономических основ функционирования лососевого сектора.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эмпирической базой исследования послужили официальные данные Росрыболовства и ВНИРО о вылове основных видов тихоокеанских лососей, сведения Федеральной таможенной службы и зеркальная торговая статистика стран-импортёров, данные Росстата, Россельхознадзора и Центра развития перспективных технологий о производстве и обороте лососевой икры, а также ценовая информация отраслевых информационных агентств (РК ПРОФИ, ФГУП «Национальные рыбные ресурсы»).

Условно исследование разделено на разделы, обеспечивающие системное понимание воздействия установленных Правительством Российской Федерации размеров и сроков внесения платы за рыболовные участки на финансово-экономическое состояние предприятий сектора добычи тихоокеанских лососей.

Первый раздел – краткое описание Федерального закона № 384-ФЗ от 2023 г. и подзаконных актов (включая Постановление Правительства РФ № 959 от 13 июля 2024 г. «Правила определения размера и взимания платы») с модельным расчётом финансовой нагрузки на сектор добычи тихоокеанских лососей в Российской Федерации. Расчёт совокупной платы осуществлялся на основе формулы, закреплённой в Постановлении № 959: размер платы определяется как произведение базовой ставки на объём вылова в 2022–2025 годах, скорректированный на видовой состав.

Второй раздел – создание и применение специальной модели финансово-экономических последствий введения платы для предприятий-добытчиков тихоокеанских лососей в Камчатском крае. В этом разделе представлены результаты комплексной научно-исследовательской работы, подготовленной Научно-исследовательским финансовым институтом Минфина России совместно с экспертами ВАРПЭ и Ассоциации добытчиков лососей Камчатки, а также с участием специалистов предприятий – добыт-

чиков лососей Камчатки в соответствии с договором от 21 февраля 2024 г. № 21–02/2024 (исх. № 04–02/07–06/621и от 07.06.2024). Материалы исследования включали детализированные производственные и финансовые данные, предоставленные 19 предприятиями лососевого сектора региона, а также бухгалтерскую отчётность 97 компаний, ведущих добычу тихоокеанских лососей. Эти данные охватывали ключевые показатели: объёмы вылова и выпуска продукции по видам, технологическую структуру производства, выручку, структуру себестоимости, рентабельность, налоговые платежи, операционные и капитальные затраты (включая добычу, хранение, транспортировку и логистику), динамику оптовых и экспортных цен.

Методологическая основа работы заключалась в разработке финансово-экономической модели для оценки текущего и прогнозируемого состояния предприятий отрасли, а также последствий введения платы за пользование рыболовными участками для предприятий Камчатского края. Сценарные параметры включали вариации объёмов вылова (высокие, средние и низкие уровни), инфляционные сценарии (базовый и стрессовый, с учётом макроэкономических индикаторов, таких как ключевая ставка и валютный курс), а также альтернативные механизмы внесения платы: единовременная (100% в 2025 году) и комбинированная (25% в 2025 году с распределением 75% пропорционально вылову в течение 20 лет).

Третий раздел – кластеризация сектора добычи тихоокеанских лососей Камчатского края с использованием дифференциации финансовых показателей предприятий.

Этот раздел предлагает обоснование финансовых прогнозов предприятий, принимающих решение о перезаключении или неперезаключении договоров пользования рыболовными участками на основе данных об объёме вылова за период 2020–2023 гг., размера компаний и финансовых показателей. Анализ охватывает 97 предприятий, добывающих тихоокеанских лососей.

Кластеризация предприятий проводилась методом К-средних по критериям среднего вылова, размера, выручки и прибыли [Вербик, 2024; MacQueen, 1967], что позволило выделить однородные группы хозяйствующих субъектов с различной производственной и финансовой характеристикой.

Оценка объёма выручки предприятий-добытчиков тихоокеанских лососей, расположенных в Камчатском крае, осуществлялась на основе расчётной модели, интегрирующей показатели вылова, нормативы выхода готовой продукции и ценовые параметры реализации. Так, базой для определения объёма реализации

послужили данные о вылове тихоокеанских лососей с последующим переводом в объёмы товарной продукции путём применения норм потерь и отходов при переработке [Антосюк и др., 2021⁵; ВНИРО⁶]. В структуру товарного выпуска были включены следующие категории продукции: горбуша потрошённая с головой; кета, нерка, кижуч и чавыча потрошённые без головы; икра ястычная и икра солёная (горбуши, кеты, нерки).

В качестве ценовой базы использовались оптовые цены, приведённые к сопоставимому уровню 2025 года, скорректированные на объём вылова и индексированные на прогнозный индекс потребительских цен – 4% [Минэкономразвития России, 2025]⁷. Корректировка цен с учётом объёма вылова выполнена на основе однофакторной регрессионной модели. В модели зависимой переменной выступали средние годовые цены по отдельным видам продукции, приведённые к базе 2025 года, а независимой переменной – соответствующий объём вылова. Средние цены рассчитывались за период с июля по декабрь каждого года. Исключение данных за январь-июнь обусловлено необходимостью устранения факторов, не связанных напрямую с текущим объёмом вылова (реализация складских запасов предыдущего периода, инерционность контрактных цен и др.).

Для оценки выручки от реализации икорной продукции использовались фактические оптовые цены контрольных предприятий Камчатского края на солёную и ястычную икру соответствующих видов.

Таким образом, суммарная выручка формировалась по девяти категориям товаров, включая мороженую рыбу и различные виды икры, с учётом уплаты НДС 10% для мороженой рыбы и 20% для икорной продукции.

Плата за перезаключение договоров пользования лососевыми участками рассчитывалась для 92 предприятий, добывающих тихоокеанских лососей Камчатского края в 2022–2025 годах по следующей формуле: производное от ежегодного сбора за поль-

зование объектами ВБР (по ставкам, установленным статьёй 333.3 Налогового кодекса Российской Федерации⁸) и вылова за четыре года, предшествующих дате заключения договора, умноженное на срок действия договора пользования участком.

Расходная часть модели формировалась на основе показателя рентабельности прибыли до налогообложения (отношение прибыли до налогообложения к выручке). Для сглаживания межгодовой волатильности, обусловленной цикличностью подходов тихоокеанских лососей и ценовой конъюнктурой, применялось среднее значение показателя за 2014–2023 годы в разрезе кластеров, что обеспечивает учёт структурных различий в масштабе деятельности и операционной эффективности.

Таким образом, чистая приведённая стоимость в разрезе кластеров рассчитывалась по формуле:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r_t)^t},$$

где CF_t – денежный поток в период t (ежегодный средний показатель в разрезе кластеров); r_t – доходность ОФЗ соответствующей срочности (t -летняя)⁹; n – общее количество периодов (20 лет).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Краткое описание закона о перезаключении рыболовных участков.

24 июля 2023 года был принят Федеральный закон № 384-ФЗ, внёсший изменения в базовый Закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов». Изменение предусматривает возможность перезаключения договоров пользования рыболовными участками с действующими добросовестными пользователями без проведения аукционов. Условием является внесение установленной платы за пользование и заключение соглашения об участии в социально-экономическом развитии субъектов Российской Федерации.

Изначально Росрыболовство планировало начать масштабную кампанию по перезаключению договоров для участков, предназначенных под промысел тихоокеанских лососей, в 2025 году. Впоследствии сроки были изменены: 24 июня 2025 года Президент Российской Федерации подписал закон, закрепивший обязанность пользователей перезаключить договоры

⁵ Антосюк А. Ю., Саяпина Т. А., Ткаченко С. А., Чупикова Е. С., Эпова А. А. 2021. Нормы расхода сырья при производстве продукции из тихоокеанских лососей // Тихоокеанские лососи Дальнего Востока России: Путинский прогноз на 2021 год. Владивосток: ТИПРО. 109 с.

⁶ Единые нормы выхода рыбной продукции из водных биологических ресурсов и объектов аквакультуры. М.: ВНИРО. 2022. <http://vniro.ru/ru/arkhiv-izdatelstva-vniro/edinye-normy-vykhoda-rybnoy-produktsii>. 05.05.2026 г.

⁷ Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2026 года и плановый период 2027 и 2028 годов. https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya/prognoz_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rf_na_2026_god_i_na_planovyy_period_2027_i_2028_godov.html

⁸ Налоговый кодекс Российской Федерации. <https://nalog.garant.ru/fns/nk/> 05.05.2026 г.

⁹ Кривая бескупонной доходности государственных облигаций. https://www.cbr.ru/hd_base/zycs_params/zycs/ 05.05.2026 г.

не позднее 1 июня 2026 года¹⁰. По информации Росрыболовства, в стране насчитывается около 2175 рыболовных участков, предназначенных для добычи лососевых, что определяет значимость реформы для всей отрасли¹¹. Географический масштаб, значительность и глубина вносимых изменений в законодательство, изменений, касающихся принципов и объёмов взимаемой природной ренты, — все эти признаки позволяют отнести указанные изменения к институциональным преобразованиям.

Финансовые условия закреплены в Постановлении Правительства Российской Федерации от 13 июля 2024 года № 959, где установлены «Правила определения размера и взимания платы»¹². Размер платы за договор по промыслу тихоокеанских лососей ($P_{пл}$) рассчитывается по формуле:

$$P_{пл.} = C_{т.общ.} \times L \times K,$$

где $C_{т.общ.}$ — расчётная сумма сбора за анадромные виды рыб, добываемые на рыболовном участке, рублей за тонну; L — количество лет, на которое планируется заключить договор (20 лет); K — корректирующий коэффициент, принимаемый равным 2.

Расчётная сумма сбора за анадромные виды рыб, добываемые (вылавливаемые) на рыболовном участке, в свою очередь, рассчитывается по формуле:

$$C_{т.общ.} = ((C_{т.ва1} \times D_{ва1}) + (C_{т.ва2} \times D_{ва2}) + (C_{т.ва...} \times D_{ва...})),$$

где $C_{т.ва}$ — ставка сбора за каждый объект водных биоресурсов в отношении анадромных видов рыб (ва1, ва2, ва...), добываемых (вылавливаемых) на рыболовном участке, рублей, согласно пунктам 4 и 5 статьи 333.3 Налогового кодекса Российской Федерации; $D_{ва}$ — среднегодовой объём добычи (вылова) соответствующего вида анадромных видов рыб (ва1, ва2, ва...), добываемого (вылавливаемого) на рыболовном участке, за 4 года, предшествующие году заключения договора, тонн.

Ориентировочная совокупная стоимость перезаключения договоров () оценивается в 164,6 млрд. рублей (табл. 1). При этом, плата разбита на четыре раза: 25% размера платы — при заключении договора, 15% — не позднее одного года со дня заключения договора, 30% — не позднее двух лет со дня заключения договора, 30% — не позднее трёх лет со дня заключения договора.

Дополнительно предприятия обязаны заключить соглашение о социально-экономическом развитии регионов присутствия (ст. 29.1 Закона № 166-ФЗ в ред. от 2023 года), которые преимущественно направлены на развитие сельских территорий. Согласно распоряжению Правительства РФ от 4 июля 2024 г. № 1764-р¹³, объём обязательств устанавливается в пределах 10–20% от платы за пользование рыболовным участком, что эквивалентно 16,5–36,9 млрд. рублей.

Таким образом, общая финансовая нагрузка на предприятия лососевого сектора при перезаключении договоров составляет от 181,1 млрд. рублей до 201,5 млрд. рублей.

Необходимо отметить, что при расчёте финансовых обязательств предприятий не был нормативно установлен порядок расчёта платы предприятий за воспроизводство биологических ресурсов на рыболовных участках. Однако указанные финансовые расходы могут составлять существенную величину (по оценкам автора, от 0,6 до 1,8 млрд. рублей в год). Законодательная неурегулированность платы за зарыбление является очевидным системным риском для пользователей, которые переоформят договоры пользования рыболовными участками.

Также очень важно указать на другой системный риск институциональных преобразований — законодательная неурегулированность определения границ рыболовных участков. Актив, пользователем которого становится предприятие или предприниматель, не имеет прочного правового фундамента.

2. Первый подход — расчёт выручки сектора производства продукции из тихоокеанских лососей для оценки финансовой устойчивости предприятий лососевого сектора.

В целях оценки финансовой возможности предприятий сначала рассчитывался примерный объём выручки сектора тихоокеанских лососей в 2020–2025 гг. Для расчёта объёма выручки рассчитан ежегодный объём произведённой продукции на основа-

¹⁰ Президент утвердил временные рамки для переоформления рыболовных участков. <https://fishnews.ru/news/52897> 05.05.2026 г.

¹¹ Отзыв на проект федерального закона № 810019–8 «О внесении изменений в Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» <https://admin.fishnet.ru/upload2/File/%D0%9E%D1%82%D0%B7%D1%8B%D0%B2%D0%A1%D0%A4.pdf> 05.05.2026 г.

¹² Постановление Правительства Российской Федерации от 13.07.2024 г. № 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 рыболовным участком для осуществления промышленного рыболовства и организации любительского рыболовства». <http://government.ru/docs/all/154486/> 05.05.2026 г.

¹³ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 4 июля 2024 г. № 1764-р. <http://government.ru/docs/all/154226/>

Таблица 1. Расчёт объёма суммарных платежей за пользование рыболовными участками для добычи тихоокеанских лососей при расчёте среднегодового вылова за предшествующие 4 года**Table 1.** Calculation of the total payment amount for the use of fishing areas for the extraction of Pacific salmon when calculating the average annual catch for the previous 4 years

Вид ВБР	Ставки сбора за пользование ВБР (руб./тонна)	Среднегодовой объем вылова за 2022–2025 по всем лососевым участкам (тонны)	Размер сбора за добычу вида ВБР за год (тыс. руб.)	Размер платы за пользование рыболовными участками за 20 лет, тыс. руб.	При заключении договора, тыс. руб.	Не позднее 1 года со дня заключения договора, тыс. руб.	Не позднее 2 лет со дня заключения договора, тыс. руб.	Не позднее 3 лет со дня заключения договора, тыс. руб.
					25%	15%	30%	30%
Горбуша	7900	246 132	3 888 880	164 554 994,2	41 138 748,6	26 683 249,1	49 366 498,3	49 366 498,3
Кета	12 600	67 526	1 701 664					
Нерка	30 000	38 584	2 315 016					
Кижуч	15 100	10 266	310 031					
Чавыча	15 100	386	11 664					
Сима	6 000	41	495					

нии данных вылова основных видов тихоокеанских лососей (горбуша, кета, нерка) за указанный период с учётом переводных коэффициентов, установленных Едиными нормами выхода рыбной продукции из водных биологических ресурсов и объектов аквакультуры (табл. 2)³.

Показатели объёма и стоимости экспорта российских тихоокеанских лососей за 2021 год приведены на основании данных ФТС России (табл. 3). В связи с отсутствием доступа к российской экспортной статистике за 2022–2025 годы использованы сведения о совокупном импорте российских тихоокеанских

Таблица 2. Динамика объёма вылова основных видов тихоокеанских лососей и объёма произведённой продукции (мороженая продукция), включая икру лососевых в 2021–2025 годах, тыс. тонн**Table 2.** Dynamics of the catch volume of main Pacific salmon species and the volume of produced products (frozen products), including salmon roe, in 2021–2025, thousand tons

Год	Объём вылова			Объём произведённой продукции			
	Горбуша	Кета	Нерка	Горбуша	Кета	Нерка	Икра лососевая
2021	424,0	74,9	31,3	351,0	63,5	27,5	29,5
2022	147,2	76,3	38,4	121,9	64,6	33,7	21,6
2023	478,5	79,2	37,2	396,1	67,1	32,7	34,7
2024	129,3	52,5	35,8	107,0	44,5	31,5	14,4
2025	222,6	60,0	42,8	184,3	50,9	37,6	17,1*

Объём производства икры рассчитан на основании открытых данных, представленных Россельхознадзором, Росстатом¹⁴, Центром развития перспективных технологий (ЦРПТ). Для 2025 года использованы прогнозные показатели Росрыболовства по производству красной икры, а также данные ЦРПТ об объёмах промаркированной продукции.

лососей, основанные на зеркальных данных стран-импортёров. Данные по поставкам в 2025 году рассчитаны с учётом объёмов вылова тихоокеанских лососей и показателей импорта российской рыбопродукции странами-импортёрами.

С учётом расчётного объёма произведённой продукции и данных о российских экспортных поставках рассчитан объём поставок на внутренний рынок. Цены на основные виды тихоокеанских лососей на внутреннем рынке представлены на основе данных РК Профи (табл. 4, 5). Средневзвешенная цена на гор-

¹⁴ Производство основных видов продукции в натуральном выражении с 2017 г. ЕМИСС. <https://www.fedstat.ru/indicator/57783>.

Таблица 3. Динамика объёма и стоимости экспорта мороженых тихоокеанских лососей в 2021–2025 гг.**Table 3.** Dynamics of the volume and value of exports of frozen Pacific salmon in 2021–2025

Год	Мороженые тихоокеанские лососи прочие		Нерка мороженая		Курс доллара (данные ЦБ России), рубль
	Объём, тонны	Стоимость, тыс. долл.	Объём, тонны	Стоимость, тыс. долл.	
2021	64 541,5	169 189,87	23 643,6	205 534,90	73,7
2022	130 344,3	396 205,4	20 203,5	167 685,80	67,5
2023	103 700,4	204 077,4	15 512,1	98 869,5	84,7
2024	46 764,7	114 438,9	14 333,7	93 870,1	92,4
2025*	26 304,2	88 018,7	22 233,9	172 686,3	84,9

*Расчётное значение

Таблица 4. Динамика цен на основные виды тихоокеанских лососей на внутреннем рынке**Table 4.** Dynamics of prices for main types of Pacific salmon on the domestic market

Год	Цены на мороженую продукцию			
	Горбуша	Кета	Средневзвеш. цена на горбушу и кету	Нерка
2021	224	317	238,2	586
2022	207	342	253,8	570
2023	230	354	248,0	496
2024	228	366	268,5	612
2025	348	462	372,7	818

Таблица 5. Динамика цен на икру лососевых на внутреннем рынке**Table 5.** Dynamics of prices for salmon roe on the domestic market

Год	Цены на икру				
	Горбуша	Кета	Средневзвеш. цена на солёную икру горбуши и кеты	Средневзвеш. цена на мороженую ястычную икру горбуши и кеты (расчётная)	Средневзвеш. цена на мороженую ястычную икру в Японии
2021	3 750	4 100	3 803,6	1 901,79	2 439,0
2022	4 100	3 780	3 989,1	1 994,56	2 122,0
2023	3 700	4 500	3 815,9	1 908,00	1 749,0
2024	6 100	6 500	6 217,5	3 108,70	1 870,9
2025	6 460	6 927	6 561,0	3 280,50	925,9

бушу и кету соотнесена с объёмом вылова каждого вида.

Для расчёта объёма выручки от реализации икры на внутреннем и внешнем рынках использовалась информация о цене на внутреннем рынке на основе данных РК Профи, расчётная цена на икру в ястыках, стоимость которой составляет 45–50% от стоимости солёной икры, а также стоимость мороженой икры в ястыках в Японии.

Таким образом, выручка сектора тихоокеанских лососей представлена как сумма реализации продукции из тихоокеанских лососей на внутреннем рынке (на основе средних цен производителей) и внешнем

рынке (стоимость экспорта мороженых тихоокеанских лососей, нерки и мороженой икры) (табл. 6).

Таким образом, объём среднегодовой выручки предприятий от реализации продукции из тихоокеанских лососей на внутреннем и внешнем рынках в 2021–2025 годах составил около 183,6 млрд. рублей. Следовательно, расчётная ежегодная выручка от реализации продукции из тихоокеанских лососей на 9% ниже расчётной совокупной финансовой нагрузки на предприятия лососевого сектора при перезаключении договоров.

Необходимо учитывать, что источником внесения платы за пользование рыболовными участками является не выручка предприятий, а чистая прибыль, оста-

Таблица 6. Расчётные значения объёма выручки от реализации икры лососевых, мороженой горбуши, кеты и нерки в 2021–2025 годы

Table 6. Estimated values of revenue volume from the sale of salmon roe, frozen pink salmon, chum salmon, and sockeye salmon in 2021–2025

Год	Всего (млрд. рублей)
2021	216,5
2022	122,8
2023	234,2
2024	131,7
2025	212,9

ующаяся в распоряжении предприятия после финансирования производственных затрат, обслуживания кредитов. Поэтому необходимо соотносить размер и сроки вносимой платы за пользование рыболовными участками не с ежегодной выручкой предприятия, а с ежегодной чистой прибылью предприятия.

3. Второй подход – создание и применение специальной модели финансово-экономических последствий введения платы за предприятия-добытчиков тихоокеанских лососей, расположенных в Камчатском крае.

В целях обоснования корректировки сроков и порядка внесения платы при перезаключении договоров пользования рыболовными участками для добычи тихоокеанских лососей на примере Камчатского края была проведена комплексная научно-исследовательская работа, подготовленная Научно-исследовательским финансовым институтом Минфина России (далее – НИФИ Минфина России) совместно с экспертами ВАРПЭ и Ассоциации добытчиков лососей Камчатки, а также с участием сотрудников предприятий – добытчиков тихоокеанских лососей Камчатки в 2024 году в соответствии с договором от 21 февраля 2024 г. № 21–02/2024. Исследование базировалось на детализированных производственных и финансовых данных 19 предприятий Камчатского края, а также на бухгалтерской отчётности 97 компаний, ведущих промысел тихоокеанских лососей в регионе.

Методологической основой работы стало построение финансово-экономической модели, позволяющей оценить текущее и прогнозируемое состояние предприятий отрасли, а также последствия введения различных вариантов платы за пользование рыболовными участками. Для построения финансово-экономической модели были использованы следующие данные, представленные 19 предприятиями Камчатского края:

- производственные показатели: объёмы вылова, выпуск продукции по видам, технологическая структура производства;
- финансовые данные: выручка, структура себестоимости, показатели рентабельности, налоговые платежи;
- затраты предприятий: расходы на добычу, хранение, транспортировку, логистику, а также капитальные затраты;
- ценовая информация: динамика оптовых цен на продукцию и экспортные ориентиры;
- бухгалтерская отчётность: данные о доходах, расходах и финансовых коэффициентах.

На базе этих данных разработана отраслевая прогнозная модель на 2024–2025 годы, включающая расчёты изменения финансового положения предприятий и оценку бюджетного эффекта от перераспределения доходов сектора до 2045 года. Прогнозные расчёты строились с использованием методов сценарного анализа и стохастического моделирования, что позволило оценить последствия для отрасли при различных вариантах развития ситуации.

В исследовании рассматривались следующие сценарные параметры:

1. Изменение возможных объёмов вылова основных видов тихоокеанских лососей (высокие, средние и низкие уровни).
2. Инфляционные сценарии, включая базовый (рост доходов и расходов в пределах инфляции) и стрессовый (расходы растут быстрее доходов), с учётом макроэкономических факторов – динамики ключевой ставки, валютного курса и др.
3. Механизмы внесения платы за пользование рыболовными участками:
 - единовременная уплата 100% в 2025 году;
 - комбинированный вариант – 25% в 2025 году и 75% пропорционально объёму вылова в течение 20 лет.

Таким образом, разработанная финансово-экономическая модель позволила сопоставить последствия различных вариантов введения платы для предприятий отрасли и для регионального бюджета, а также оценить долгосрочные риски.

Согласно расчётам, объём платы за заключение договоров пользования рыболовными участками для добычи тихоокеанских лососей в Камчатском крае для 97 предприятий составит 132,6 млрд. рублей.

В прогнозный период добывающие предприятия столкнутся с существенным увеличением производственных расходов. Более 70% совокупных расходов предприятий приходятся на этап добычи и переработки продукции. За период 2014–2023 гг. средняя

себестоимость по всей цепочке добавленной стоимости на одно предприятие увеличилась в 4,5 раза. Наибольший рост зафиксирован по следующим статьям:

- сборы за пользование ВБР – в 19,1 раза (с 2023 года);
- обслуживание кредитов и займов – в 18,5 раза;
- транспортировка продукции оптовым покупателям – в 12,2 раза;
- хранение продукции – в 10,9 раза;
- управленческие расходы – в 8,6 раза;
- оплата труда сезонных работников – в 6,8 раза;
- общехозяйственные расходы – в 6,5 раза.

Таким образом, финансово-экономическая модель продемонстрировала, что введение единовременной платы в 2025 году приведёт к совокупному убытку предприятий Камчатского края в размере около 70 млрд. рублей в 2025 году. Совокупная прибыль предприятий в 2025–2045 годах рассчитывается на уровне 26,3 млрд. рублей. Длительный период сохранения убытков приведёт к банкротству и ликвидации 59 предприятий в период с 2025 по 2027 годы. В связи с чем, в течение всего периода бюджетный эффект составит 341,8 млрд. рублей. При этом, если в 2025–2027 годах совокупный бюджетный эффект составит 99,14 млрд. рублей, то в 2028–2030 годах он снизится до 28,3 млрд. рублей.

В случае дробления платежа, при котором 25% от суммы оплачивается единовременно в 2025 году, 75% в последующие двадцать лет пропорционально объёму вылова, бюджетный эффект составит 428,1 млрд. рублей, что на 25% выше, чем при единовременной плате. Снижение финансовой нагрузки позволит сократить размер убытка до 20,9 млрд. рублей в 2025 году. При данном сценарии в секторе добычи тихоокеанских лососей до 2045 году останутся 60 предприятий, из которых 53 предприятия сохранят прибыль.

Использование равных платежей на протяжении двадцати лет обеспечит развитие отрасли. Общее количество предприятий может сократиться с 97 до 91 к 2030 году в результате ухода с рынка отдельных убыточных предприятий. Сохранение на рынке большего количества предприятий способствует росту бюджетного эффекта до 595,8 млрд. рублей в 2025–2045 гг.

Сопоставление двух исследовательских подходов – расчёт усреднённой ежегодной выручки сектора добычи тихоокеанских лососей и специальной модели финансово-экономических последствий введения платы для сектора добычи тихоокеанских лососей Камчатского края – приводит к одинаковому выводу: предложенные изначально размер и сроки внесения

платы за пользование рыболовными участками финансово непосильны для сектора добычи тихоокеанских лососей и не позволяют оценивать такую плату как инвестиционный платёж с расчётом на последующую окупаемость инвестиционного объекта.

Во-первых, расчёты выручки сектора демонстрируют, что среднегодовой объём реализации продукции из тихоокеанских лососей в 2020–2025 годах составлял около 183,6 млрд. рублей, при том, что размер вносимой платы и размер обязательств по социально-экономическому развитию регионов превышает ежегодную выручку почти на 20 млрд. рублей. Размер чистой прибыли составляет 36,9 млрд. рублей, что означает – размер вносимой платы в пять раз превышает усреднённую чистую прибыль предприятий. Важно отметить, что оценки не учитывают растущие производственные расходы, кредитную нагрузку и рыночные риски, что усиливает вероятность снижения финансовой устойчивости предприятий.

Моделирование, проведённое НИФИ Минфина России, дополнительно подтвердило чрезмерность нагрузки. Единовременная уплата в 2025 году (даже без повышающего коэффициента) приведёт к совокупным убыткам в 70 млрд. рублей, с риском банкротства 59 предприятий в 2025–2027 годах. Бюджетный эффект в долгосрочной перспективе (до 2045 года) составит 341,8 млрд. рублей, но с резким снижением после 2027 года из-за сокращения числа активных компаний. Альтернативные сценарии – с дроблением платежа (25% в 2025 году и 75% пропорционально вылову в последующие 20 лет) или равными платежами на двадцать лет – демонстрируют лучшие результаты: снижение убытков до 20,9 млрд. рублей в 2025 году, сохранение большего количества предприятия и рост бюджетного эффекта до 428,1–595,8 млрд. рублей. Эти варианты минимизируют шокую нагрузку, способствуя сохранению отраслевой структуры и стимулируя инвестиции.

Таким образом, оба подхода к оценке финансовой устойчивости предприятий сектора добычи тихоокеанских лососей указывают на негативные финансовые последствия как единовременной платы, так и трёхлетней рассрочки (2025–2027 годы). Неизбежным результатом будут экономическая дифференциация между крупными и малыми пользователями, банкротства, сокращение занятости в регионах и вывод значительной части действующих рыболовных участков из продуктивного оборота из-под действия эффективной рыбоохраны со стороны пользователей.

4. Кластеризация сектора добычи тихоокеанских лососей Камчатского края с использованием дифференциации финансовых показателей предприятий.

Для выявления типологических групп предприятий Камчатского края применялся метод кластеризации К-средних. Кластеризация проводилась по совокупности производственных и экономических показателей: размер предприятия, средний объём вылова тихоокеанских лососей в 2020–2023 годах, средняя доля вылова лососей в общем объёме добычи, средняя выручка и средняя прибыль за аналогичный период. Категориальный признак «размер предприятия» был преобразован в числовую шкалу (1 – микро-, 2 – малые-, 3 – средние предприятия, 4 – предприятия, не относящиеся к субъектам МСП). Все количественные переменные были стандартизированы методом z-преобразования для устранения влияния различий в масштабах измерения [Мельник, 1983].

Оптимальное число кластеров (K) было выбрано на основе метода локтя (анализ суммы квадратов внутри кластеров, WSS) и пикового значения среднего силуэтного коэффициента (0,5285), что указывает на приемлемую компактность и разделимость кластеров (рис. 1).

После применения алгоритма К-средних результаты были визуализированы с использованием метода главных компонент (PCA) для снижения размерности данных. Визуализация результатов кластеризации представлена на рис. 2. График демонстрирует распределение 92 предприятий по двум главным компонентам, объясняющим 94% вариации данных (83% для первой главной компоненты и 11% для второй главной компоненты).

Анализ данных выявил чётко различимые три кластера, которые характеризуются различными производственными и экономическими профилями. Сред-

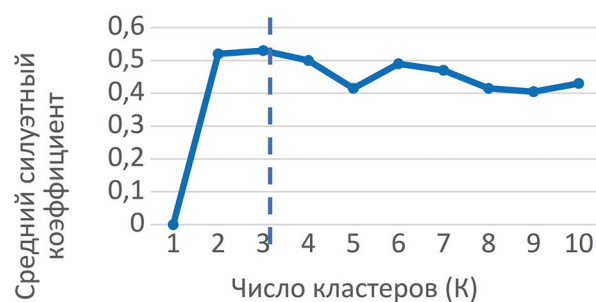


Рис. 1. Средний силуэтный коэффициент для определения оптимального числа кластеров предприятий Камчатского края

Fig. 1. Average silhouette coefficient for determining the optimal number of clusters of enterprises in the Kamchatka Krai

ние значения показателей по кластерам приведены в табл. 7.

Кластер 1: Малые и микропредприятия с низкой производительностью. Этот кластер включает 52 предприятия, преимущественно микро- и малых размеров ($x'_{size_num} = 1,83$), с низким средним объёмом вылова ($x'_{m_capture} = 922$ тонн) и минимальной долей в общем объёме добычи ($x'_{m_share} = 0,00303$). Средняя выручка составляет 168 441 тыс. рублей, средняя прибыль – 30 377 тыс. рублей и достаточно низкой рентабельностью – 21%. Предприятия первого кластера представляет малые и микропредприятия, которые имеют ограниченные ресурсы и низкую долю в общем объёме добычи. Эти предприятия часто сталкиваются с финансовыми трудностями, о чём свидетельствует низкая или отрицательная прибыль. Их деятельность, вероятно, ориентирована на локальные

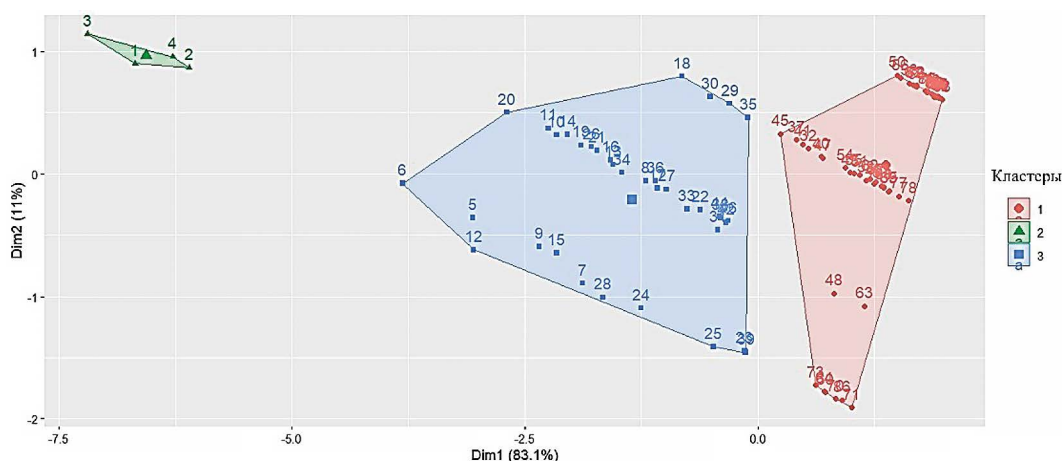


Рис. 2. Визуализация кластеров предприятий Камчатского края, добывающих тихоокеанских лососей, методом К-средних
Fig. 2. Visualization of clusters of enterprises in the Kamchatka Krai extracting Pacific salmon using the K-means method

Таблица 7. Средние значения показателей по кластерам

Table 7. Average values of indicators by clusters

Кластер	Средний размер x'_{size_num}	Средний вылов $x'_{m_capture}$	Средняя доля x'_{m_share}	Средняя выручка $x'_{m_revenue}$	Средняя прибыль x'_{m_profit}	Средняя рентабельность	Кол-во предприятий
1	1,83	922	0,00303	168441	30377	21%	52
2	4,00	16838	0,0529	4393569	1176085	29%	4
3	3,19	5390	0,0171	1307603	418561	29%	36

рынки или нишевые сегменты, такие как переработка или специализированные продукты.

Кластер 2: Крупные предприятия с высокой производительностью. Кластер состоит из четырёх предприятий, все из которых не входят в перечень субъектов МСП ($x'_{size_num} = 4,00$). Эти предприятия характеризуются высоким средним объёмом вылова ($x'_{m_capture} = 16\,838$ тонн) и значительной долей в общем объёме добычи ($x'_{m_share} = 0,0529$). Средняя выручка ($x'_{m_revenue} = 4\,393\,569$ тыс. рублей) и прибыль ($x'_{m_profit} = 1\,176\,085$ тыс. рублей) существенно превышают показатели других кластеров, что свидетельствует о высокой экономической эффективности. В этот кластер входят предприятия, которые доминируют по объёмам вылова и экономическим показателям, имеют доступ к уловистым рыболовным участкам и развитым каналам сбыта. Кроме того, финансовая эффективность обусловлена экономией на масштабе, поскольку указанные предприятия имеют диверсифицированную структуру добычи водных биоресурсов. Помимо высокой доли добычи тихоокеанских лососей, эти предприятия занимаются также добычей других видов водных биоресурсов, которые могут компенсировать друг друга.

Кластер 3: Средние предприятия с умеренной производительностью. Этот кластер включает 36 предприятий, преимущественно среднего размера или не входящих в перечень субъектов МСП ($x'_{size_num} = 3,2$), с умеренным объёмом вылова ($x'_{m_capture} = 5\,390$ тонн) и средней долей вылова ($x'_{m_share} = 0,171$). Средняя выручка составляет 1 307 603 тыс. рублей, а средняя прибыль – 418 561 тыс. рублей. Этот кластер охватывает предприятия, демонстрирующие устойчивую производительность.

Таким образом, кластерная структура отрасли отражает выраженную дифференциацию предприятий по масштабам деятельности, финансовым результатам и уровню операционной эффективности, что предопределяет различия в их способности адаптироваться к изменениям институциональной среды.

На основе сформированных кластеров была построена модель денежных потоков предприятий Кам-

чатского края с учётом совокупной регуляторной нагрузки. В структуру финансовых обязательств включены: плата за перезаключение договоров пользования рыболовными участками, обязательства в рамках соглашений о социально-экономическом развитии регионов, а также ежегодная уплата сбора за пользование объектами водных биологических ресурсов.

Анализ динамики показателей свидетельствует о неравномерном распределении финансовой нагрузки во времени. Наиболее значительный объём обязательных платежей приходится на первые четыре года после перезаключения договоров (2026–2029 гг.). Пиковые значения наблюдаются в 2028–2029 гг., что обусловлено повышенной долей платежей в структуре обязательств соответствующего периода. В указанные годы фиксируется кратное увеличение расходов по сравнению с последующими периодами.

Для оценки эффективности инвестиционных проектов по перезаключению договоров далее была построена модель чистой приведённой стоимости (NPV) в разрезе кластеров предприятий. Прогнозная выручка каждого кластера трансформировалась в прибыль путём применения средней рентабельности продаж (см. табл. 7), рассчитанной на основе исторических финансовых показателей соответствующей группы. Полученная прибыль корректировалась на объём регуляторной нагрузки, включая плату за перезаключение договоров и иные обязательные платежи, что позволило сформировать прогнозный денежный поток. В итоге, результаты расчёта чистой приведённой стоимости перезаключения договоров пользования лососевыми участками свидетельствуют о выраженной дифференциации эффективности инвестиционных проектов в зависимости от размера предприятия и горизонта планирования (рис. 3).

В краткосрочном периоде (1–5 лет) для всех кластеров наблюдаются отрицательные значения NPV, что указывает на невозможность компенсации первоначальной институциональной нагрузки за счёт текущих операционных денежных потоков. В горизонте до пяти лет отрицательный эффект сохраняется у всех хозяйствующих субъектов.

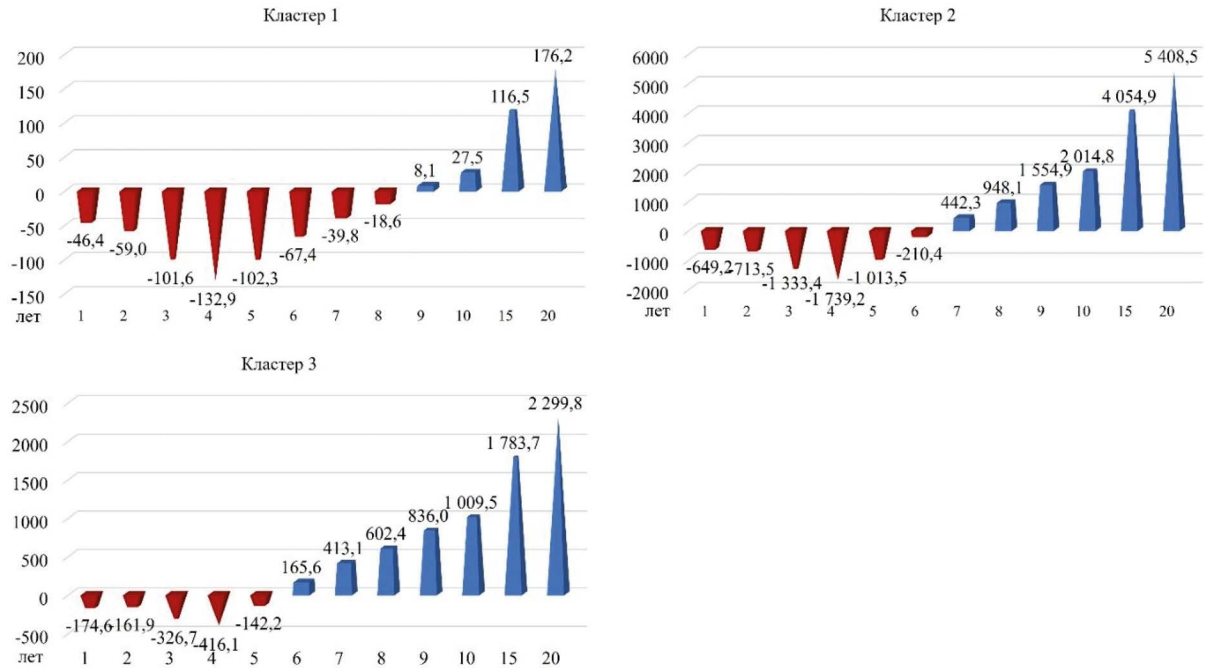


Рис. 3. Прогноз NPV перезаключения договоров пользования рыболовными участками для разных кластеров предприятий лососевого сектора Камчатского края

Fig. 3. Forecast of NPV for the re-conclusion of contracts for the use of fishing areas for different clusters of enterprises in the salmon sector of the Kamchatka Krai

Наиболее глубокие отрицательные значения зафиксированы у предприятий второго кластера, что обусловлено высокой абсолютной величиной платы за перезаключение договоров. Однако в относительном выражении (с учётом масштабов выручки и прибыли) данный эффект носит менее критичный характер по сравнению с предприятиями первого кластера.

Для малых предприятий (кластер 1) отрицательная NPV при краткосрочном горизонте отражает ограниченную способность генерировать достаточный денежный поток для обслуживания институциональной нагрузки. Низкий уровень диверсификации и высокая зависимость от динамики вылова усиливают чувствительность данной группы к межгодовой волатильности.

Средние предприятия (кластер 3) демонстрируют промежуточную ситуацию: несмотря на сохранение отрицательной NPV до пятилетнего горизонта, масштаб отрицательного эффекта существенно ниже, чем у крупных предприятий в абсолютном выражении.

Таким образом, в горизонте менее пяти лет перезаключение договоров экономически невыгодно для всех кластеров.

В среднесрочном периоде (6–10 лет) происходит качественная дифференциация результатов. Предприятия третьего кластера первыми достигают положительного значения NPV, что свидетельствует о спо-

собности средних хозяйствующих субъектов компенсировать институциональные издержки в умеренном горизонте планирования. Для крупных предприятий переход к положительной NPV происходит на седьмом году, тогда как для малых предприятий положительное значение фиксируется только начиная с девятилетнего горизонта.

Данная последовательность отражает различия в структуре денежных потоков. Возможно, средние предприятия обладают достаточной операционной маржинальностью для относительно быстрого восстановления интегрального эффекта, при этом их абсолютная институциональная нагрузка существенно ниже, чем у крупнейших игроков. Крупные предприятия, несмотря на значительный первоначальный отрицательный эффект, характеризуются высокой генерирующей способностью денежного потока, что обеспечивает быстрый рост положительной NPV после достижения точки безубыточности.

Малые предприятия демонстрируют наиболее длительный период компенсации, что связано с ограниченной масштабируемостью бизнеса и более высокой чувствительностью к цикличности промысла.

В долгосрочном периоде (15–20 лет) наблюдается устойчивая разнонаправленность траекторий NPV между кластерами. Крупные предприятия формируют максимальный положительный интегральный эф-

фект, существенно превышающий показатели средних и малых предприятий. Это отражает действие эффекта масштаба, диверсификацию добычи водных биологических ресурсов и более устойчивую структуру выручки.

Средние предприятия сохраняют положительную динамику, однако темпы прироста NPV остаются умеренными по сравнению с крупными компаниями. Для малых предприятий положительный интегральный эффект достигается только при длительном сроке пользования участками и остаётся существенно ниже по абсолютной величине.

Полученные результаты подтверждают, что срок действия договора является критическим параметром инвестиционной эффективности. Финансовая нагрузка в виде платы за перезаключения договоров пользования рыболовными участками и сопутствующих обязательств обладает ярко выраженным эффектом временной концентрации, что усиливает значение дисконтирования при оценке интегрального результата.

Краткосрочные финансовые обязательства создают системный отрицательный эффект для всех групп предприятий. Увеличение горизонта пользования участками приводит к перераспределению экономического эффекта в пользу хозяйствующих субъектов с более высокой генерирующей способностью денежного потока.

Таким образом, проведённый расчёт NPV позволяет сделать вывод о том, что экономическая целесообразность перезаключения договоров определяется не только масштабом предприятия, но и продолжительностью институциональной стабильности. Горизонт планирования выступает ключевым фактором устойчивости предприятий лососевого сектора Камчатского края в условиях новых регуляторных требований.

Проведённое исследование позволило выявить фундаментальную неоднородность сектора добычи тихоокеанских лососей Камчатского края и комплексно оценить финансово-экономические последствия перезаключения договоров пользования лососевыми участками в Камчатском крае на основе сопоставления отраслевой выручки, моделирования финансовой нагрузки в виде дополнительного платежа (плата за пользование рыболовным участком) и кластеризации сектора добычи тихоокеанских лососей.

Расчёты выручки показали, что совокупный объём обязательных платежей сопоставим с масштабом среднегодовой выручки сектора, тогда как уровень чистой прибыли существенно ограничивает способность предприятий одновременно компенсировать

возникающую нагрузку. С учётом роста производственных и финансовых издержек это формирует повышенные риски снижения финансовой устойчивости хозяйствующих субъектов.

Моделирование альтернативных механизмов внесения платы подтвердило, что характер распределения финансовой нагрузки во времени оказывает определяющее влияние на финансовую устойчивость сектора и бюджетный эффект. Сценарии, предполагающие растянутый по времени и пропорциональный объёму вылова механизм платежей, демонстрируют более сбалансированное соотношение между фискальными интересами государства и сохранением финансовой устойчивости отрасли по сравнению с единовременной или краткосрочной моделью финансирования.

Расчёты чистой приведённой стоимости и финансово-экономического моделирования подтверждают, что в условиях вводимой финансовой нагрузки не все действующие договоры пользования лососевыми участками будут перезаключены. Кластеризация предприятий убедительно продемонстрировала глубокую неоднородность сектора: малые и микропредприятия (кластер 1) обладают крайне ограниченными ресурсами и критической уязвимостью к регуляторным изменениям, в то время как более крупные игроки (кластер 2, 3) сохраняют определённый запас прочности.

Расчёт NPV в разрезе кластеров показал, что в краткосрочном горизонте (до пяти лет) для всех групп предприятий характерны отрицательные значения NPV, что свидетельствует о невозможности компенсации первоначальных институциональных платежей за счёт текущих операционных потоков. При этом значительная часть малых и средних предприятий, столкнувшись с устойчиво отрицательными значениями NPV в краткосрочном и среднесрочном горизонтах, а также с необходимостью существенных платежей уже в первые годы, будет вынуждена прекратить хозяйственную деятельность.

Такая перспектива несёт в себе серьёзные риски для сектора добычи тихоокеанских лососей и прибрежных регионов: банкротство предприятий, консолидацию рынка в пользу нескольких крупных холдингов, сокращение занятости и снижение налоговых поступлений в региональные бюджеты. В долгосрочной перспективе это может привести к утрате диверсифицированной структуры сектора добычи тихоокеанских лососей, усилению монополизации.

Таким образом, результаты исследования обосновывают необходимость учета кластерной дифференциации предприятий и параметров платежей прежде,

чем вводить новые финансовые обязательства для предприятий рыбной отрасли. Без дифференцированного, растянутого во времени и адаптированного к реальным возможностям рыбопромышленников подхода сектор добычи тихоокеанских лососей в целом столкнётся с системным кризисом, последствия которого будут носить долгосрочный, труднообратимый и негативный характер.

ВЫВОДЫ

Частным случаем институциональных преобразований в отечественном рыбохозяйственном комплексе является реформа доступа добытчиков тихоокеанских лососей к изначальному производственному ресурсу – водным биологическим ресурсам, и, как следствие, изменение объёма взимаемой природной ренты и порядка её взимания.

Начиная с 2025 года, в этом сегменте изменилось законодательное регулирование, устанавливающее размер платы за оформление договоров пользования рыболовными участками и порядок её взимания. Природа и характер соответствующего платежа позволили отнести его к разновидности рентного платежа. Присущие лососевому промыслу экстерналии вводят в научную дискуссию важный вопрос о соразмерности этого платежа (включая не только его величину, но и порядок и сроки внесения платы) реальным экономическим возможностям предприятий.

Любые институциональные преобразования меняют отраслевую структуру, поэтому эта тема также изучена в публикации.

Использованные в ходе исследования финансовые модели позволяют сделать вывод: предложенный размер платы будет посилен 70% пользователей. Остальные откажутся от переоформления договоров. Холдингизация, т.е. укрупнение в сегменте добытчиков тихоокеанских лососей будет ускорена.

Таким образом, институциональные преобразования резко увеличат масштаб и скорость холдингизации.

Незавершённость институциональных преобразований в лососёвом секторе (законодательная неурегулированность объёма и порядка взимания платы за воспроизводство биологических ресурсов и оформления границ рыболовных участков) повышают актуальность исследований как логики самих преобразований, так и финансовых последствий преобразований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

- Вербик М. 2024. Путеводитель по современной эконометрике. М.: Издательский дом Высшей школы экономики. 672 с.
- Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. 2019. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Дело. 888 с.
- Ворожбит О.Ю., Даниловских Т.Е., Кузьмичева И.А., Титова Н.Ю., Шашло Н.В. 2016. Рыбная промышленность Дальнего Востока России: современное состояние, проблемы и перспективы конкурентоспособности. Владивосток: ВГУЭС. 156 с.
- Зверев Г.С. 2025. Холдингизация рыбопромышленного комплекса России: масштабы и факторы влияния // Промышленная политика в Российской Федерации. № 7–8. С. 29–46.
- Зверев Г.С., Гончарова Н.А., Кизабекова А.О. 2024. Влияет ли объем вылова тихоокеанских лососей на оптовую цену продукции из них? // Известия ТИНРО. Т. 204. № 1. С. 232–250.
- Ковалев В.В. 2000. Методы оценки инвестиционных проектов. М.: Финансы и статистика. 144 с.
- Колончин К.В. 2022. Развитие рыбохозяйственного комплекса России. Автореф. дис. ... док. экон. наук. М.: ФНЦ ВНИИЭСХ. С. 48.
- Макоедов А.Н., Кожемяко О.Н. 2007. Основы рыбохозяйственной политики России. М.: Нацрыбресурс. 480 с.
- Роголева Н.Л. 2024. Рыбная промышленность Камчатского края: история, современное состояние и устойчивое развитие // Экономика, предпринимательство и право. Т. 14, № 12. С. 7555–7568. DOI: 10.18334/erp.14.12.122207
- Салтыков М.А., Миускова Я.В. 2019. Методические аспекты разработки финансовой модели инновационного проекта в сегменте морских гидробиологических технологий // Вестник УрФУ. Сер. Экономика и управление. Т. 4. № 18. С. 458–482.
- Титова Г.Д. 2003. Кризис мирового рыболовства: экономические и правовые проблемы. СПб.: СПб НЦ ЭБ РАН. 77 с.
- Dahl R.E., Oglend A. 2014. Fish price volatility // Marine Resource Economics. Т. 29. № 4. С. 305–322. DOI: 10.1086/678925
- Gaspars-Wieloch H. 2019. Project net present value estimation under uncertainty // Central European Journal of Operations Research. V. 27. № 1. P. 179–197. DOI: 10.1007/s10100-017-0500-0
- MacQueen J. 1967. Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations // The Fifth Berkeley

- Symp. on Mathem. Statist. and Probability, V. 1: Statistics. Berkeley, Calif.: University of California Press. 281–297 pp.
- Nygaard R., Roll K. H. 2024. Cross-hedging wild salmon prices // Journal of Commodity Markets. T. 33. C. 100390. DOI: 10.1016/j.jcomm.2024.100390
- REFERENCE**
- Verbeek M.A 2024. Guide to Modern Econometrics. Moscow: Publishing House of the Higher School of Economics. 672 p. (In Russ.).
- Vilensky P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A. 2019. Evaluation of the effectiveness of investment projects: Theory and practice. 5th ed., revised and add. Moscow: Delo. 888 p. (In Russ.).
- Vorozhbit O.Yu., Danilovskikh T.E., Kuzmicheva I.A., Titova N.Yu., Shashlo N.V. 2016. The fishing industry of the Russian Far East: current state, problems and prospects of competitiveness. Vladivostok: VSUES. 156 p. (In Russ.).
- Zverev G. S. 2025. Holdingization of the Russian fishing industry: scale and factors of influence // Industrial policy in the Russian Federation. No. 7–8. P. 29–46. (In Russ.).
- Zverev G. S., Goncharova N.A., Kizabekova A. O. 2024. Does the volume of catch of Pacific salmon affect the wholesale price of their products? // Izvestiya TINRO. V. 204. No. 1. P. 232–250. (In Russ.).
- Kovalev V.V. 2000. Methods of evaluation of investment projects. Moscow: Finance and Statistics. 144 p. (In Russ.).
- Kolonchin K.V. 2022. Development of the Russian fisheries Abstract. dis. doc. of Science in Economics. Moscow: FNTS VNIIESKh. P. 48. (In Russ.).
- Makoedov A. N., Kozhemyako O.N. 2007. Fundamentals of Russia's fisheries policy. Moscow: Natsrybresurs. 480 p. (In Russ.).
- Rogaleva N.L. 2024. The fishing industry of the Kamchatka Territory: history, current state and sustainable development // Economics, Entrepreneurship and Law. V. 14, No. 12. P. 7555–7568. DOI: 10.18334/epp.14.12.122207. (In Russ.).
- Saltykov M.A., Miuskova Ya.V. 2019. Methodological aspects of developing a financial model of an innovative project in the segment of marine hydrobiological technologies // Bulletin of UrFU. Ser. Economics and Management. V. 4. no. 18. P. 458–482. (In Russ.).
- Titova G.D. 2003. The global fisheries crisis: economic and legal issues. St. Petersburg: SPb NC EB RAS. 77 p. (In Russ.).
- Dahl R. E., Oglend A. 2014. Fish price volatility // Marine Resource Economics. T. 29. № . 4. C. 305–322. DOI: 10.1086/678925
- Gaspars-Wieloch H. 2019. Project net present value estimation under uncertainty // Central European Journal of Operations Research. V. 27. № . 1. P. 179–197. DOI: 10.1007/s10100-017-0500-0
- MacQueen J. 1967. Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations // The Fifth Berkeley Symp/ on Mathem. Statist. and Probability, V. 1: Statistics. Berkeley, Calif.: University of California Press. 281–297 pp.
- Nygaard R., Roll K. H. 2024. Cross-hedging wild salmon prices // Journal of Commodity Markets. T. 33. C. 100390. DOI: 10.1016/j.jcomm.2024.100390

Поступила в редакцию 12.03.2026 г.
Принята после рецензий 06.05.2026 г.



УДК 338.57

**Экономика, международное сотрудничество и нормативные правовые основы
рыбохозяйственной деятельности**

Исследование параметров спроса на рыбопродукты в контексте экономического благосостояния потребителей

А. Г. Мнацаканян, А. Г. Харин

Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»), Советский пр-т, д.1, г. Калининград, 236022

E-mail: mag@kgtu.ru

SPIN-код: А.Г.Мнацаканян – 8344–7404; А.Г.Харин – 1405–0290

Целью работы является изучение и количественное описание особенностей спроса на рыбопродукты посредством оценки параметров зависимости размера личного потребления рыбопродуктов от уровня благосостояния потребителей. **Используются методы** статистического анализа и построения эконометрической модели, описывающей реакцию потребительского спроса на изменение уровня богатства домохозяйств. Основным индикатором для оценки этой реакции выступает метрика эластичности спроса по доходу. **Новизна** исследования состоит в разработке относительно простого, функционального, основанного на общедоступной информации подхода к анализу спроса на рыбопродукты. **Результат:** численно измерена, описана и охарактеризована связь между уровнем богатства российских домохозяйств и среднедушевым потреблением рыбопродуктов. **Практическая значимость:** выводы и рекомендации могут использоваться для принятия управленческих решений, направленных на увеличение личного потребления рыбопродуктов и на сокращение социальных различий в величине этого показателя.

Ключевые слова: Рыбопродукты, спрос, среднедушевое потребление, доходы, располагаемые ресурсы домохозяйства, эластичность.

Parameterization of demand for fish products in relation to consumer welfare

Albert G. Mnatsakanyan, Alexander G. Kharin

Kaliningrad State Technical University («KSTU»), 1, Sovetsky Prospekt, Kaliningrad, 236022, Russia

The purpose of this paper is to examine the characteristics of demand for fish products and assess the relationship between personal fish consumption and consumer wealth. We **use methods** for constructing and analyzing an econometric model that describes the response of consumer demand to changes in household wealth. The key indicator for assessing this response is the income elasticity of demand. **The novelty** of this approach lies in the development of a simple and functional model for solving applied problems of demand management for fish products. The main **result** of the study is an assessment of the relationship between the wealth of Russian households and per capita fish consumption. **The practical significance** of our solution is its potential for use in management decisions aimed at increasing personal consumption of fish products and reducing social differences in its magnitude.

Keywords: Fishery products, demand, per capita consumption, income, available household resources, elasticity.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы обеспечения населения продовольствием неизменно занимают одно из центральных мест в политике любого государства. Они также важны для различных рыночных структур, занимающихся производством и поставками продовольственных товаров. Это обуславливает высокий научный и практический интерес к проблемам, возникающим в связи с выбором путей и способов удовлетворения спроса на продукты питания. Усилиями многих учёных в течение нескольких последних десятилетий были заложены основы теоретических знаний, служащие пониманию спроса на продовольствие как одной из

фундаментальных предпосылок общественного развития и жизнедеятельности людей. Имеется немало работ, с разных позиций описывающих сущность, природу и процессы формирования потребительского спроса как по всему спектру продовольственных товаров в целом, так и в отношении отдельных видов продуктов питания [Dijk et al., 2021; Costello et al., 2020]. Осмысление, творческое использование и развитие этих наработок позволяет достичь новых уровней в выработке решений, призванных обеспечить эффективность стратегий, политик и мероприятий управления потребительским спросом, в том числе, спросом на различные пищевые продукты, изготовленные из рыбы.

Рыба и рыбопродукты традиционно относятся к ключевым видам продовольствия, потребление которых во многом определяет качество жизни и физическое благополучие людей. Данные продукты служат ценным источником важнейших для здоровья элементов питания, а в ряде случаев выступают средством выживания людей, составляя основу их пищевого рациона. Несмотря на то, что Россия является одним из мировых лидеров по добыче рыбы и её рыбная отрасль на протяжении ряда последних лет демонстрирует убедительные производственные успехи, результатом которых стало более чем 150-процентное самообеспечение страны рыбным сырьём, эти достижения пока не привели к соответствующему росту внутреннего спроса. Величина среднелюдянского потребления рыбы по-прежнему далека от целевого значения¹, не достигает рекомендованного Минздравом России норматива² и мало меняется от года к году. Более того, в последнее время по некоторым оценкам наметилась тенденция снижения продаж рыбной продукции в натуральном выражении³. Данные обстоятельства определяют актуальность более пристального изучения спроса на рыбу и рыбопродукты со стороны отечественных потребителей. В фокусе нашего внимания находится ключевой параметр спроса – показатель, измеряющий его реакцию на изменение благосостояния, обычно именуемый как эластичность спроса по доходу или богатству членов домохозяйств. Результаты анализа служат основанием для выработки рекомендаций, выполнение которых, как мы полагаем, будет способствовать общему росту личного потребления рыбопродуктов и сокращению социальных различий в величине этого показателя в нашей стране.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование потребительских предпочтений является важной частью анализа рынка. На спрос оказывает влияние множество разнообразных факторов, причём это влияние часто носит сложный, не всегда очевидный и однозначно трактуемый характер [Komarek et al., 2021]. Так, например, при увеличении доходов потребителей, при неизменности прочих условий, одновременно с ростом общих расходов на

продукты питания, их доля, расходуемая на покупку некоторых продовольственных товаров, может снижаться [Clements Si, 2018]. Рост доходов также обычно приводит к увеличению удельного веса продуктов животного происхождения в структуре потребительских расходов на продовольственные нужды, хотя имеется немало указаний на то, что в странах с изначально высоким уровнем дохода в случае его дальнейшего роста потребление рыбо- и мясопродуктов может стабилизироваться или даже снижаться [Cole, McCoskey, 2013; Godfray et al., 2018; OECD-FAO, 2018].

Традиционно принято считать, что доходы или в более широком смысле, экономическое благосостояние потребителей являются одним из главных драйверов спроса на многие товары, в том числе, на рыбу и рыбопродукты. В частности, высказывается мнение, что рост мирового потребления рыбной продукции на душу населения, отмечавшийся во второй половине XX века был в значительной мере обусловлен ростом среднего дохода. Однако исследования, проводившиеся в разное время в различных странах, дают противоречивые оценки связи между доходом и душевым потреблением рыбы. С одной стороны, корреляция между этими показателями была выявлена в Китае и Японии, но с другой стороны, она отсутствовала в Норвегии и Германии [FAO, 2000]. Аналогичная ситуация характерна и для современной России, регионы которой сильно разнятся по соотношению величины индивидуального потребления рыбопродуктов и среднелюдянского дохода [Харин, 2025].

В отличие от общепринятого, хотя и дискуссионного предположения о росте потребления рыбопродуктов при увеличении доходов и повышении благосостояния, менее спорным является тезис об изменении в этом случае структуры спроса в сторону более дорогих и ценных с точки зрения потребителей товаров [Delgado et al., 2003]. Масштаб такого смещения в значительной мере определяется существующим уровнем потребления и ролью рыбы в пищевом рационе. Данный эффект типичен для богатых стран с высоким уровнем текущего потребления рыбопродуктов и с повышенными требованиями к качеству питания. В таких странах рост спроса на рыбопродукты в натуральном выражении отстаёт от роста благосостояния, а увеличение расходов на эти товары в основном приводит не к росту их потребления, а к изменению структуры рыбной потребительской корзины в пользу более дорогих продуктов. Иными словами, спрос в натуральном выражении в этих странах менее эластичен по доходу, чем спрос в стоимостном выражении [Кнар, 2011]. В бедных же странах рыба обычно рассматривается не с точки зрения разнообразия и каче-

¹ План мероприятий («дорожная карта») по увеличению внутреннего потребления отечественной рыбной продукции на период до 2030 года. Утв. Правительством Российской Федерации 31 июля 2024 г. N ДП-П11-24584. URL: <https://base.garant.ru/412496810/> 11.01.2026.

² Рациональные нормы потребления пищевых продуктов. Минздрав России. <https://minzdrav.gov.ru/opendata/7707778246-normpotrebrproduct/visual> 11.01.2026.

³ Рыбный союз обрисовал тенденции потребления в 2025 году. Fishnews. <https://fishnews.ru/news/54307>. 22.12.2025.

ства продуктовой корзины, а как важный, иногда основной, источник животного белка в рационе питания, удовлетворяющий базовые пищевые потребности людей. Рост доходов в этом случае приводит к росту личного потребления, но действие данного фактора носит узконаправленный характер, в основном ограничивающееся рамками дешёвой рыбной продукции [FAO, 2009].

Помимо доходов, на спрос на различные виды продуктов питания влияют и другие факторы ценового, производственного, социально-культурного, демографического и иного характера [Bouyssou et al., 2024; Мнацаканян, Харин, 2025 а]. Эти факторы также необходимо учитывать при разработке и оценке мер разноуровневых политик, направленных на достижение целей развития и обеспечение общественных и частных интересов. Однако, поскольку результаты наших предыдущих исследований показывают, что спрос на рыбопродукты в РФ в большей мере зависит от доходов потребителей, чем от вышеназванных факторов [Мнацаканян, Харин, 2025 б; Харин, 2025], различия в доходах домохозяйств и, соответственно, в их возможностях совершать покупки, должны, как мы полагаем, играть доминирующую роль в формировании пищевого выбора в отношении данных товаров.

Находящийся в фокусе нашего внимания термин «доход» требует краткого пояснения. Обычно этим термином применительно к населению обозначаются личные доходы отдельных индивидов или домохозяйств, получаемые за определённый период времени в виде денежных средств [Райзберги др., 2007]. Другой интерпретацией термина «доход» является его соотнесение с суммой денежных средств, которую может потратить определённое лицо, без уменьшения стоимости своего богатства [Видяпин и др., 2002]. Однако в любом случае, вне зависимости от теоретической формулировки доход выступает одним из ключевых индикаторов уровня экономического благосостояния (богатства) потребителей, помимо прочего, определяющим доступность для них товаров. Сделанное обобщение объясняет выбор в качестве центральной темы нашего исследования выяснение особенностей и параметризацию причинно-следственной связи между уровнем богатства домохозяйств и спросом на рыбу и рыбопродукты.

В рамках предлагаемого подхода влияние на потребление рыбопродуктов иных, кроме богатства факторов (таких как цены, пищевые традиции и пр.), элиминируется использованием относительных показателей. Если принять допущения о наличии единых унифицированных цен на рыбопродукты для всех покупателей этих товаров [Deaton, Muellbauer, 1980]

и общности традиций (культуры) питания у представителей групп населения с разными доходами, то можно объяснить различия в спросе на данный товар только неодинаковостью уровня личного богатства, которое мы далее отождествляем с величиной ресурсов, располагаемых домохозяйствами. Индикаторами этих различий выступают относительное потребление рыбопродуктов индивидом, рассчитываемое как:

$$C = c_i / c_d,$$

где c_i – величина личного потребления рыбопродуктов в i -й группе населения; c_d – средняя величина личного потребления рыбопродуктов по всем группам, а также относительный уровень располагаемых ресурсов на одного члена домохозяйств, рассчитываемый как $S = s_i / s_d$, где s_i – величина располагаемых ресурсов индивида в i -й группе населения; s_d – величина располагаемых ресурсов индивида в среднем по всем группам. Согласно методике Росстата, последний показатель трактуется как объём всех денежных и натуральных (в денежном эквиваленте) средств, которыми располагают домашние хозяйства для финансирования своих расходов и создания сбережений⁴, т.е. выступает эквивалентом богатства индивида. Сделанные допущения позволяют существенно упростить моделирование реакции спроса на рыбопродукты в ответ на изменение экономического благосостояния потребителей (как мы предполагаем, без ущерба адекватности модели, описывающей данный процесс).

Мерой того, как спрос на товары реагирует на изменения дохода может служить наклон кривой спроса. В терминах экономической теории эта характеристика функции спроса называется предельной склонностью к потреблению, а в случае расходной формы спроса – предельной склонностью к покупке. Чтобы избежать многих сложностей, возникающих при измерении спроса на разнородные товары, часто используется концепция эластичности, в рамках которой реакция спроса на изменение дохода оценивается с помощью специально разработанного мультипликатора – коэффициента эластичности. В формализованном виде коэффициент эластичности какого-либо товара j по доходу (ϵ_j) определяется [Tiffin, Tiffin, 1999] как:

$$\epsilon_j = \frac{dc_j}{de} \cdot \frac{e}{c_j}. \quad (1)$$

⁴ Приказ Росстата от 05.04.2017 № 226 «Об утверждении Методологических положений по формированию агрегированных показателей доходов, расходов и потребления домашних хозяйств на основе программы Выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств». [https://74.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/met-form-dox_2017\(1\).pdf](https://74.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/met-form-dox_2017(1).pdf) 11.01.2026.

Величина, полученная по формуле (1), отражает процентное изменение уровня потребления j -го товара (c_j) в результате процентного изменения части доходов, направляемой на соответствующие потребительские нужды (e).

Для количественной оценки коэффициентов эластичности используются модели, описывающие потребительский спрос, которые, как правило, базируются на некоторых общих допущениях относительно предпочтений индивида, например, принятии таких аксиоматических предпосылок, типичных для многих построений неоклассической теории как, однородность, монотонность, аддитивность, симметричность, квазивогнутость кривой спроса. В самом общем виде универсальным математическим выражением большинства этих моделей может служить уравнение:

$$c_j = a_j + b_j e + c_j x, \quad (2)$$

где c_j – спрос на j -й товар; e – сумма расходов или доход потребителя; x – некоторая произвольная функция от дохода (расхода); a_j, b_j, c_j – некоторые произвольные функции цен. Уравнение (2) позволяет с удовлетворительной точностью моделировать различные ситуации спроса, в том числе, обусловленные сложным характером потребительских предпочтений [Бондарев, 2008]. Однако следует учитывать, что в последнем случае, при использовании панельных данных параметры таких моделей непосредственно не могут быть оценены линейными методами [Hsiao, 2003]. Устранить этот недостаток возможно с помощью процедуры линеаризации – приближения сложной нелинейной функции более простой линейной моделью.

Принимая во внимание вышеизложенное, мы моделируем спрос на рыбопродукты с помощью уравнения вида:

$$C_i = \alpha + \beta \cdot S_i + \varepsilon_i, \quad (3)$$

где C_i, S_i – линеаризованные относительные показатели личного потребления рыбопродуктов и располагаемых ресурсов домохозяйств в i -й группе населения, соответственно, α и β – коэффициенты, $\varepsilon_i \sim NID(0, \sigma_\varepsilon^2)$ – ошибка. Преимуществами данной модели спроса являются удобство параметризации, простота анализа и интерпретации.

Источниками информации, служащей выполнению работы, выступают общедоступная база данных ЕМИСС и официальные публикации Росстата (статистический сборник «Потребление продуктов питания» и др.). Используемая для построения и оценки модели выборка данных включает годовые значения показателей среднедушевого потребления рыбы и рыбопродуктов, а также величины располагаемых ресур-

сов, приходящейся на одного члена домохозяйств за период с января 2014 по декабрь 2023 гг. в разрезе 10 групп населения, стратифицированных по уровню дохода. Выборка содержит 100 наблюдений, что позволяет построить модель, вариация переменных которой достаточна для выявления основных статистических закономерностей. Статистическая обработка эмпирических данных выполнена с помощью стандартных средств Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изложенный выше подход позволяет описать и измерить связь между спросом на рыбопродукты и экономическим благосостоянием потребителей. На рис. 1 показана эмпирическая зависимость среднедушевого потребления рыбопродуктов от величины располагаемых ресурсов, приходящейся на одного члена домохозяйств за 10 лет наблюдений (данные выражены в единицах относительно средних по всем группам населения значений). Общий логарифмический вид этой зависимости, вероятно, обусловлен особенностями оперантного пищевого поведения людей, которое, в свою очередь, во многом вызвано не рассматриваемыми нами психофизиологическими причинами [Staddon, 1978].

В приведённой на рис. 1 зависимости заметна сильная девиация данных, относящихся к 10-й децильной группе населения с наибольшими доходами. Представители этой группы не только обладают богатством, более чем в 3,3 раза превышающим средний уровень ресурсов членов других групп домохозяйств, но и демонстрируют крайне волатильный спрос на рыбопродукты, дисперсия которого в несколько раз выше средней по всем потребителям. Придерживаясь упомянутого выше общераспространённого мнения о ценностной реструктуризации состава продуктовой корзины сверхбогатых людей, мы полагаем, что на формирование спроса у таких потребителей определяющее влияние оказывают не анализируемые нами количественные, а качественные критерии. Данное предположение служит основанием для исключения группы потребителей с наивысшими доходами из дальнейшего рассмотрения. Зависимость потребления от богатства в других группах домохозяйств имеет заметно меньший разброс и в целом соответствует ожидаемому тренду.

Учитывая нелинейный характер исследуемой зависимости для последующего анализа имеет смысл применить к описываемому её эмпирическому уравнению процедуру логарифмического преобразования, приводящего модель спроса к двойной логарифмической форме вида:

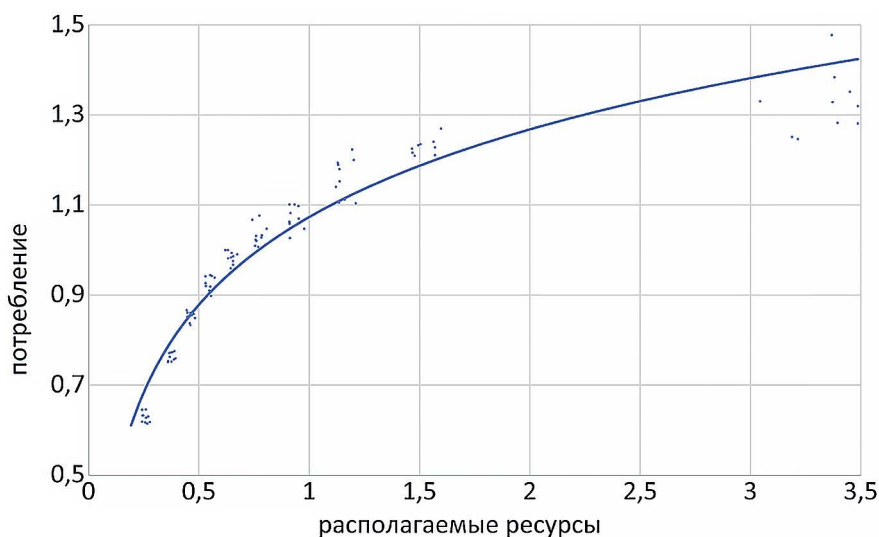


Рис. 1. Зависимость потребления рыбы и рыбопродуктов от располагаемых ресурсов домохозяйств, в среднем на члена домашнего хозяйства в РФ в 2014–2023 гг., относительные показатели

Fig. 1. Consumption of fish and fish products from available household resources, on average per household member in the Russian Federation in 2014–2023, relative values

Источник: ЕМИСС/Росстат

$$\ln(C_i) = \alpha + \beta \ln(S_i),$$

где C_i – относительная величина потребления рыбопродуктов одним членом i -го домохозяйства, S_i – относительная величина ресурсов, располагаемых одним членом домохозяйства, β – коэффициент, задающий темп изменения спроса (потребления) рыбопродуктов в зависимости от изменения располагаемых ресурсов. Полученная обобщённая линейная модель представляет собой аддитивную однофакторную показательную регрессию (рис. 2), в которой оценённый параметр β при объясняющей переменной можно интерпретировать как коэффициент эластичности [Базилевский, 2021]. Наряду с простой трактовки, преимуществом

данного способа преобразования модели также является повышение постоянства дисперсии моделируемого показателя, достигаемое путём приближения распределения данных к нормальному, а также частичное устранение проблемы гетероскедастичности.

В таблице приведена спецификация и основные метрики качества модели, представленной на рис. 2 в виде логарифмической функции спроса.

Статистическая проверка качества предложенной модели спроса выполнена на основании коэффициента детерминации (R^2) и F-теста общей статистической значимости ($F[R^2]$). Результаты тестирования позволяют сделать следующие выводы. Величина множественного коэффициента корреляции $R = 0,98$

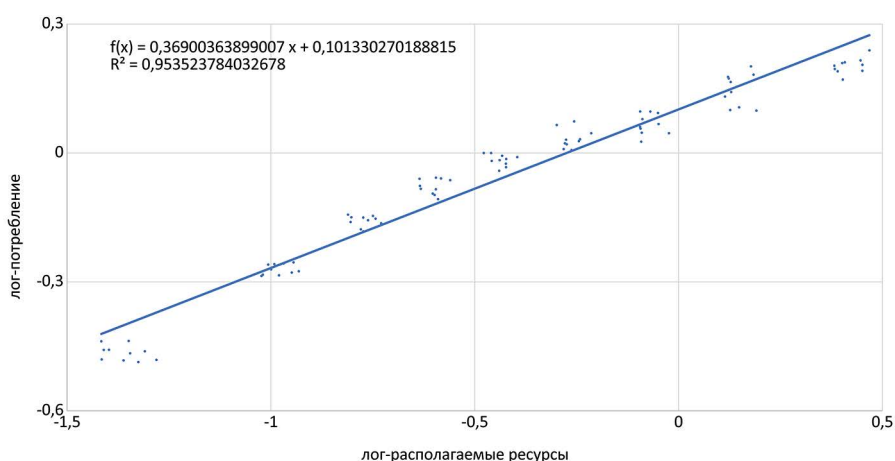


Рис. 2. Линеаризованная модель спроса на рыбопродукты (C), зависящего от ресурсов домохозяйств (S)

Fig. 2. Linear model of demand for fish products (C), which depends on household resources (S), relative values

Таблица. Результаты оценки модифицированной модели спроса на рыбопродукты

Table. Evaluation of a modified model of demand for fish products

Регрессионная статистика					
Множественный R	0,976				
R-квадрат	0,954				
Нормированный R-квадрат	0,953				
Стандартная ошибка	0,0437				
Наблюдения	90				
Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	1	3,444	3,444	1805,4	1,98E-60
Остаток	88	0,168	0,002		
Итого	89	3,612			
Коэффициенты		Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	
Y-пересечение	0,101	0,006	16,99	1,6E-29	
Переменная S	0,369	0,0087	42,49	2E-60	

указывает на наличие сильной связи между резуль- тативной переменной (уровнем потребления рыбо- продуктов) и ключевым фактором (ресурсами домо- хозяйств). Нормированный R-квадрат – скорректи- рованный коэффициент детерминации, равный 0,95, означает, что не менее 95% вариации резуль- тативной переменной объясняется изменением её предиктора и только оставшиеся 5% – другими, неучтёнными при- чинами, в том числе, случайными.

Оценка параметров модели по критерию Фишера, показывает, что полученная в случае её использова- ния величина критерия значительно превышает крити- ческий уровень. Фактическая (наблюдаемая) величина критерия $F = 1805$, что намного больше табличного зна- чения ($F_{табл}(0,05; 1; 90) = 3,95$), а соответствующий об- щий уровень значимости, характеризующий вероятность ошибки, неотличим от нуля ($\alpha = 1,98 \cdot 10^{-60}$). Это означает, что уравнение регрессии, моделирующее описываемый процесс может быть признано статистически значимым. Для проверки значимости коэффициентов модели при- менён t-тест параметра регрессии ($T|\beta|$), результаты ко- торого опровергают нулевую гипотезу – при любом раз- умном уровне значимости в этом случае константа при объясняющей переменной является незначимой.

Таким образом, в прологарифмированном виде аддитивная однофакторная показательная регрессия, отображающая процесс изменения относительного спроса на рыбопродукты в результате изменения от- носительной величины располагаемых ресурсов домо- хозяйств, достаточно точно описывается уравнением:

$$C_i' = 0,101 + 0,369 S_i'. \quad (4)$$

Этому уравнению соответствует мультипликатив- ная степенно-показательная регрессия $C_i = 1,106 \cdot S_i^{0,369}$ (5), являющаяся результатом обратного преоб- разования логарифмированных данных к первоначаль- ному масштабу [Елисеева и др., 2007]. Графиче- ская интерпретация данной зависимости имеет не- значительные отличия от полученной эмпирическим путём кривой спроса на рис. 1.

Предложенная спецификация модели уравнениями (4) и (5) позволяет сделать следующий вывод: в сред- нем за 10 лет наблюдений изменение величины рас- полагаемых ресурсов, приходящихся на одного члена российских домохозяйств, на 1% относительно средне- го уровня приводило к изменению среднелюдиного по- требления рыбопродуктов на 0,37% относительно сред- него уровня. Полученное значение мультипликатора указывает на низкую в целом чувствительность спроса на данные товары к изменению богатства потребителей.

Помимо общей оценки спроса, показанная на рис. 2 зависимость позволяет сравнить эластичность потребления рыбопродуктов по размеру богатства в разрезе отдельных категорий потребителей. Осно- вываясь на эмпирических данных, можно сделать вы- вод, что спрос на этот товар со стороны менее состо- ятельных потребителей (1–3 группы) был абсолютно неэластичным – он мало зависит от величины распо- лагаемых ресурсов (коэффициент эластичности бли- зок к нулю), а в группе с самыми низкими доходами эластичность имеет слабо отрицательное значение. Последнее указывает на то, что для данной катего- рии потребителей рыбопродукты являются инфериор- ным благом, спрос на которое падает по мере роста доходов. В то же время в средне- и высокодоходных

группах (4–6 и 9 группы) величина коэффициента эластичности мало отличается от значения, смоделированного с помощью уравнения (5). Таким образом, можно констатировать, что к настоящему времени на российском рынке сформировалось несколько довольно устойчивых кластеров потребителей, паттерны пищевого поведения которых сильно различаются в зависимости от дохода. Столь большие различия означают необходимость проведения дифференцированных социальной и маркетинговой политик, учитывающих специфику спроса на рыбные товары со стороны разных групп потребителей.

Интерес также представляет динамика общего показателя эластичности, поскольку она обнаруживает некоторые тенденции в изменении спроса на исследуемый товар (рис. 3).

Обобщение динамики коэффициента эластичности за весь наблюдаемый период времени указывает на то, что на фоне перманентных колебаний величины этого показателя существует долгосрочная тенденция постепенного насыщения спроса на отечественном рынке рыбопродуктов. В соответствии с канонами экономической теории (закон Энгеля), по мере увеличения личного потребления рыбопродуктов снижается их значимость как товара первой необходимости следствием чего становится рост эластичности спроса [Clements, Si, 2018]. Кроме того, рост эластичности отчасти поддерживается увеличением доли расходов на рыбопродукты в расходах россиян на питание с течением времени, а также расширением спроса на рыбные товары с высокой степенью переработки (эластичность спроса по доходу на продукты, требующие минимального приготовления или не требующие его вовсе, как правило, выше, чем у «сырых» продуктов [Peltner, Silke, 2021]). Параметры спроса по доходу также зависят и других, прежде всего, ценовых факторов [Budhathoki et al., 2022], несомненно, оказывающих сильное влияние на готовность людей совершать

покупки тех или иных товаров. В частности, одним из событий, обусловивших скачкообразный рост эластичности в начале наблюдаемого нами периода, стал ценовой шок 2015–2016 гг., когда темпы роста цен на рыбопродукты в РФ опережали аналогичный показатель у основного товара-заменителя (мясопродукты) на 5–15%. Следует также учитывать, что потребители малоэластичных товаров (каким являются рыбопродукты в целом) обычно не склонны быстро менять свои привычки, из-за чего влияние различных факторов может трансформироваться в изменение спроса с временным лагом.

Как и любая другая модель, описывающая реальные процессы, наше решение имеет недостатки, в ряде случаев способные ухудшить качество полученных с его помощью результатов. Хотя достоинством предложенной модели спроса является простота определения и прозрачность интерпретации её параметров, следует учитывать, что использованный для расчёта величины эластичности упрощённый метод эконометрической оценки производных логарифмов посредством нахождения первых разностей даёт довольно грубое приближение и может приводить к ошибкам моделирования.

Другой причиной ошибок моделирования может быть то, что факторами, влияющими на функцию полезности товара и, следовательно, на спрос, также являются цены и вкусы потребителей. Согласно принятым нами предпосылкам, эти факторы экзогенно заданы и постоянны в отношении всех потребителей, что позволило отразить их в эконометрической спецификации модели (3) в виде случайной ошибки. Данное предположение сделало возможным агрегирование отдельных (групповых) функций спроса. Отказ от этого упрощения и включение в уравнение спроса в качестве независимых переменных функции цен и вкусов хотя и усложнит решение, однако позволит повысить реалистичность модели.

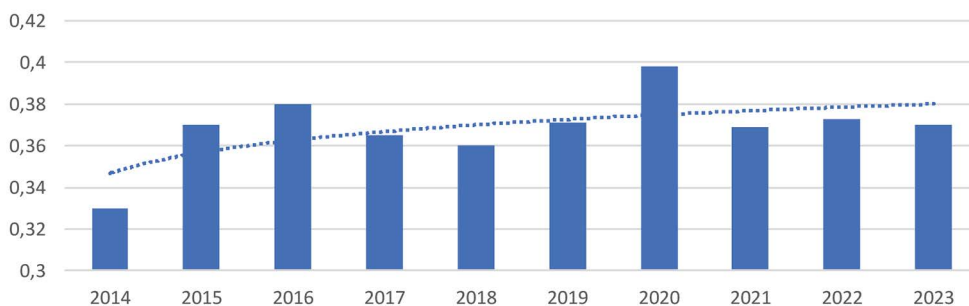


Рис. 3. Коэффициент эластичности спроса на рыбопродукты по располагаемым ресурсам в 2014–2023 гг.

Fig. 3. Coefficient of elasticity of demand for fish products by available resources in 2014–2023

Примечание: коэффициент рассчитан для 1–9 децильных групп населения по уровню дохода

Ещё одним важным обстоятельством, влияющим на динамику спроса, отмеченным, но практически не учтённым в рамках нашего исследования, является эффект изменения качества товаров. Данный эффект выражается в переходе домохозяйств на потребление более качественных и, как правило, более дорогих товаров по мере роста их дохода, что означает наличие связи между доходом покупателей и ценами товаров [Бондарев, 2008]. В рамках предложенного в работе подхода принято предположение о неизменности качества потребляемых рыбопродуктов при изменении дохода, что позволило исключить из рассмотрения ненаблюдаемый прямыми процедурами статистического учёта показатель качества. С другой стороны, имеются доказательства, что дополнение модели спроса на рыбопродукты параметрами качества улучшает её описательные свойства [Rosen, 1974].

Учёт и устранение указанных допущений, несомненно, повысит адекватность результатов моделирования. Следует, однако понимать, что такие улучшения не только значительно усложняют саму модель, но и становятся источниками дополнительной неопределённости, затрудняющей выработку и принятие оптимальных управленческих решений. Предложенный нами подход к параметризации спроса на рыбопродукты является попыткой перейти от громоздких и мало функциональных абстрактно-теоретических конструкций к простым решениям прикладных задач, основанных на ограниченном наборе оперативных и легко верифицируемых данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Используя стандартные подходы к моделированию спроса и данные о социально-экономическом положении российских домохозяйств, мы оценили эластичность уровня среднестатистического потребления рыбы и рыбопродуктов по величине располагаемых ресурсов. Полученные результаты важны для лучшего понимания того, как управление спросом в данной области влияет на удовлетворение пищевых потребностей людей. Они могут быть полезны для планирования рыбной отрасли, успешность которого во многом зависит от точности прогнозирования реакции потребителей на управленческие решения.

Полученные зависимости, в частности, вид кривой спроса, подтверждают теоретические предположения и результаты других эмпирических исследований, что рост личного потребления рыбопродуктов, обусловленный ростом благосостояния носит ограниченный характер. Поэтому по мере роста благосостояния россиян для дальнейшего увеличения потребления ими рыбы потребуются применение регуляторных мер

иных, чем простое повышение экономической доступности этого товара. Вместе с тем, учитывая значительный разрыв в богатстве (уровне располагаемых ресурсов) домохозяйств такие меры дают быстрый эффект в виде прироста потребления в малообеспеченных группах населения, содействуя, тем самым, более скорому достижению одной из целей развития российского рыбного хозяйства – обеспечения уровня среднестатистического потребления рыбы и рыбопродуктов в размере 28 кг к 2030 году. Отметим, что помимо непосредственного повышения уровня доходов (как основы богатства домохозяйств), стимулированию спроса в низкодоходных группах населения также служат различные меры, расширяющие предложение недорогих видов рыбопродуктов, от регулирования цен, субсидирования и иных способов поддержки производителей социально значимых продуктов до снятия излишних ограничений на импорт соответствующих товаров. При этом любые решения экономического и социального характера, преследующие цель увеличения среднестатистического потребления рыбы, должны носить комплексный характер, максимальный эффект от них достигается только в случае реализации продуманной разноуровневой маркетинговой стратегии, направленной на увеличение доли рыбопродуктов в продовольственной корзине россиян.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБОУ ВО «КГТУ».

ЛИТЕРАТУРА

- Базилевский М.П. 2021. Построение степенно-показательных и линейно-логарифмических регрессионных моделей // Математические проблемы управления. № 3. С. 25–32. DOI: 10.25728/ru.2021.3.3
- Бондарев А.А. 2008. Оценка функций спроса для групп продовольственных товаров в российской экономике за 1999–2004 гг. М.: ИЭПП. 166 с.
- Видяпин В.И. и др. 2003. Глава 28. Совокупные доходы населения и социальная политика государства // Экономическая теория / В.И. Видяпин, А.И. Добрынин, Г.П. Журавлева, Л.С. Тарасевич ред. М.: ИНФРА-М. 714 с. С. 589–605.
- Елисеева И.И., Курышева С.В., Костеева Т.В., Бабаева И.В., Михайлов Б.А. 2007. Эконометрика. М.: Финансы и статистика. 576 с.

- Мнацакян А. Г., Харин А. Г. 2025 а. Оценка неденежной составляющей спроса на рыбопродукты в регионах Российской Федерации // *АПК: Экономика, управление*. № 9. С. 60–69. DOI: 10.33305/259-60
- Мнацакян А. Г., Харин А. Г. 2025 б. Моделирование уровня потребления рыбы и рыбопродуктов в Российской Федерации // *Труды ВНИРО*. Т. 200. С. 196–205. DOI: 10.36038/2307-3497-2025-200-196-205
- Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. 2007. Современный экономический словарь. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Инфра-М. 495 с.
- Харин А. Г. 2025. Оценка различий в экономической доступности рыбопродуктов в регионах Российской Федерации // *Балтийский экономический журнал*. № 1(49). С. 134–152. DOI: 10.46845/2073-3364-2025-0-134-152
- Bouyssou C. G., Jensen J. D., Yu W. 2024. Food for thought: A meta-analysis of animal food demand elasticities across world regions // *Food Policy*. V. 122. 102581. DOI: 10.1016/j.foodpol.2023.102581
- Budhathoki M., Campbell D., Belton B., Newton R., Li S., Zhang W., Little D. 2022. Factors influencing consumption behaviour towards aquatic food among Asian consumers: a systematic scoping review // *Foods*. V. 11(24). 4043. DOI: 10.3390/foods11244043
- Clements K. W., Si J. 2018. Engels law, diet diversity, and the quality of food consumption // *American Journal of Agricultural Economics*. V. 100(1). P. 1–22. DOI: 10.1093/ajae/aax053
- Cole J. R., McCoskey S. 2013. Does global meat consumption follow an environmental Kuznets curve? // *Sustainability: Science, Practice and Policy*. V. 9(2). P. 26–36. DOI: 10.1080/15487733.2013.11908112
- Costello C., Cao L., Gelcich S., Cisneros-Mata M., Free C., Froehlich H. 2020. The future of food from the sea // *Nature*. V. 588(7836). P. 95–100. DOI: 10.1038/s41586-020-2616-y
- Deaton A., Muellbauer J. 1980. An almost ideal demand system // *The American Economic Review*. V. 70(3). P. 312–336.
- Delgado C. L., Wada N., Rosegrant M. W., Meijer S., Ahmed M. 2003. Fish to 2020: supply and demand in changing global markets. International Food Policy Research Institute / WorldFish Center. Washington, D.C.-Penang, Malaysia. 226 p.
- van Dijk M., Morley T., Rau M-L., Saghai Y. 2021. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050 // *Nature Food*. V. 2(7). P. 494–501. DOI: 10.1038/s43016-021-00322-9
- FAO. 2000. The state of world fisheries and aquaculture – 2000 (SOFIA). Rome, Italy: FAO.
- FAO. 2009. The State of world fisheries and aquaculture 2008. Rome, Italy: FAO.
- Godfray H. C. J., Aveyard P., Garnett T., Hall J., Key T., Lorimer J. 2018. Meat consumption, health, and the environment // *Science*. V. 361(6399). 5324. DOI: 10.1126/science.aam532
- Hsiao C. 2003. Analysis of panel data. 2nd edition. Cambridge, University Press. 377 p.
- Komarek A. M., Dunston S., Enahoro D., Godfray C., Herrero M., Mason-D'Croz D. 2021. Income, consumer preferences, and the future of livestock-derived food demand // *Global Environmental Change*. V. 70. 102343. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2021.102343
- Knap R. 2011. Trends and factors of development of the world consumption of fish and fishery Products // *Folia Oeconomica Stetinensia*. V. 10(1). P. 213–227. DOI: 10.2478/v10031-011-0012-3
- OECD/FAO. 2018, OECD-FAO Agricultural Outlook 2018–2027, OECD Publishing, Paris/FAO, Rome. DOI: 10.1787/agr_outlook-2018-en.
- Tiffin A., Tiffin R. 1999. Estimates of food demand elasticities for Great Britain, 1972–1994 // *Journal of Agricultural Economics*. V. 50. P. 140–147. DOI: 10.1111/j.1477-9552.1999.tb00800.x
- Staddon J. E. 1978. Theory of behavioral power functions // *Psychological Review*. V. 85(4). P. 305–320.
- Peltner J., Silke T. 2021. Elasticities of food demand in Germany – a demand system analysis using disaggregated household scanner data // *German Journal of Agricultural Economics*. V. 70(1). 343269. DOI: 10.22004/ag.econ.343269
- Rosen S. 1974. Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition // *The Journal of Political Economy*. V. 82(1). P. 34–55. DOI: 10.1086/260169

REFERENCES

- Bazilevsky M. P. 2021. Construction of power-exponential and linear-logarithmic regression models // *Mathematical problems of control*. No. 3. P. 25–32. DOI: 10.25728/pu.2021.3.3. (In Russ.).
- Bondarev A. A. 2008. Estimation of demand functions for food product groups in the Russian economy for 1999–2004. Moscow: IET. 166 p. (in Russ.)
- Vidyapin V. I. et al. 2003. Total income of the population and the state's social policy // *Economic Theory: Textbook / V. I. Vidyapin, A. I. Dobrynin, G. P. Zhuravleva, L. S. Tarasevich ed.* Moscow: INFRA-M. P. 589–605. (in Russ.)
- Eliseeva I. I., Kurysheva S. V., Kosteeva T. V., Babaeva I. V., Mikhailov B. A. 2007. *Econometrics*. Moscow: Finance and Statistics. 576 p.
- Mnatsakanyan A. G., Kharin A. G. 2025 а. Assessment of the non-monetary component of demand for fish products in the regions of the Russian Federation // *AIC: Economics, Management*. No. 9. P. 60–69. DOI: 10.33305/259-60 (in Russ.)
- Mnatsakanyan A. G., Kharin A. G. 2025 б. Modeling the level of consumption of fish and fish products in the Russian Federation // *Trudy VNIRO*. V. 200. P. 196–205. DOI: 10.36038/2307-3497-2025-200-196-205 (in Russ.)
- Raizberg B. A., Lozovsky L. Sh., Starodubtseva E. B. 2007. *Modern economic dictionary*. 5th ed., revised. and additional Moscow: Infra-M. 495 p. (in Russ.)

- Kharin A. G.* 2025. Assessment of differences in the economic availability of fish products in the regions of the Russian Federation // *Baltic Economic Journal*. No. 1(49). P. 134–152. DOI: 10.46845/2073-3364-2025-0-134-152 (in Russ.)
- Bouyssou C. G., Jensen J. D., Yu W.* 2024. Food for thought: A meta-analysis of animal food demand elasticities across world regions // *Food Policy*. V. 122. 102581. DOI: 10.1016/j.foodpol.2023.102581
- Budhathoki M., Campbell D., Belton B., Newton R., Li S., Zhang W., Little D.* 2022. Factors influencing consumption behaviour towards aquatic food among Asian consumers: a systematic scoping review // *Foods*. V. 11(24). 4043. DOI: 10.3390/foods11244043
- Clements K. W., Si J.* 2018. Engels law, diet diversity, and the quality of food consumption // *American Journal of Agricultural Economics*. V. 100(1). P. 1–22. DOI: 10.1093/ajae/aax053
- Cole J. R., McCoskey S.* 2013. Does global meat consumption follow an environmental Kuznets curve? // *Sustainability: Science, Practice and Policy*. V. 9(2). P. 26–36. DOI: 10.1080/15487733.2013.11908112
- Costello C., Cao L., Gelcich S., Cisneros-Mata M., Free C., Froehlich H.* 2020. The future of food from the sea // *Nature*. V. 588(7836). P. 95–100. DOI: 10.1038/s41586-020-2616-y
- Deaton A., Muellbauer J.* 1980. An almost ideal demand system // *The American Economic Review*. V. 70(3). P. 312–336.
- Delgado C. L., Wada N., Rosegrant M. W., Meijer S., Ahmed M.* 2003. Fish to 2020: supply and demand in changing global markets. International Food Policy Research Institute / WorldFish Center. Washington, D.C.-Penang, Malaysia. 226 p.
- van Dijk M., Morley T., Rau M.-L., Sanghai Y.* 2021. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050 // *Nature Food*. V. 2(7). P. 494–501. DOI: 10.1038/s43016-021-00322-9
- FAO. 2000. The state of world fisheries and aquaculture – 2000 (SOFIA). Rome, Italy: FAO.
- FAO. 2009. The State of world fisheries and aquaculture 2008. Rome, Italy: FAO.
- Godfray H. C. J., Aveyard P., Garnett T., Hall J., Key T., Lorimer J.* 2018. Meat consumption, health, and the environment // *Science*. V. 361(6399). 5324. DOI: 10.1126/science.aam532
- Hsiao C.* 2003. Analysis of panel data. 2nd edition. Cambridge, University Press. 377 p.
- Komarek A. M., Dunston S., Enahoro D., Godfray C., Herrero M., Mason-D'Croz D.* 2021. Income, consumer preferences, and the future of livestock-derived food demand // *Global Environmental Change*. V. 70. 102343. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2021.102343
- Knap R.* 2011. Trends and factors of development of the world consumption of fish and fishery Products // *Folia Oeconomica Stetinensia*. V. 10(1). P. 213–227. DOI: 10.2478/v10031-011-0012-3
- OECD/FAO. 2018, OECD-FAO Agricultural Outlook 2018–2027, OECD Publishing, Paris/FAO, Rome. DOI: 10.1787/agr_outlook-2018-en.
- Tiffin A., Tiffin R.* 1999. Estimates of food demand elasticities for Great Britain, 1972–1994 // *Journal of Agricultural Economics*. V. 50. P. 140–147. DOI: 10.1111/j.1477-9552.1999.tb00800.x
- Staddon J. E.* 1978. Theory of behavioral power functions // *Psychological Review*. V. 85(4). P. 305–320.
- Peltner J., Silke T.* 2021. Elasticities of food demand in Germany – a demand system analysis using disaggregated household scanner data // *German Journal of Agricultural Economics*. V. 70(1). 343269. DOI: 10.22004/ag.econ.343269
- Rosen S.* 1974. Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition // *The Journal of Political Economy*. V. 82(1). P. 34–55. DOI: 10.1086/260169

Поступила в редакцию 23.01.2026 г.
Принята после рецензий 26.03.2026 г.



УДК 639.2: 639.3

Рубрика

Современные тенденции трансформации производства продукции рыбного хозяйства: от рыболовства к аквакультуре

А. В. Лосева, А. П. Цыпин

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (ФГОБУ ВО «Финансовый университет»), Ленинградский пр-т, 49/2, Москва, 125167
E-mail: avloseva@fa.ru, aptsy-pin@fa.ru
SPIN-код: А. В. Лосева – 5149–4446; А. П. Цыпин – 1214–7508.

Цель: дать характеристику процессам трансформации мирового рыбного хозяйства в контексте опережающего развития аквакультуры под воздействием факторов различного происхождения.

Методы: в работе используется метод построения относительных величин структуры, динамики, сравнения и интенсивности; расчёт дескриптивных характеристик распределения; оценка коэффициента ранговой корреляции, моделирование временных рядов.

Новизна: проведён подробный анализ влияния факторов трансформации рыбного хозяйства и роста роли аквакультуры, с учётом дифференциации условий и особенностей производства в отдельных секторах отрасли; доказана важность увязки экономических и биологических факторов при анализе направлений и перспектив развития видов аквакультуры.

Результаты: продемонстрирована и оценена роль различных факторов в возможности и интенсивности развития аквакультуры; при этом выделены такие ключевые факторы как рост мирового спроса на продукцию рыбного хозяйства, ограничение и истощение природных ресурсов, дифференциация разных направлений аквакультуры по уровню трудоёмкости и потребления ресурсов, рыночный уровень отпускных цен на продукцию, рентабельность производства, биологические характеристики видов водных животных, а также отношение общества к проблеме различия качества аквакультурной продукции и продукции дикого вылова; с помощью построения ARIMA моделей на данных периода 1950–2023 гг. для каждой из укрупнённых групп продукции аквакультуры описаны статистические особенности поведения её динамического ряда, что даёт представление о закономерностях развития и возможностях прогнозирования; по основным группам продукции аквакультуры сделан краткосрочный прогноз объёмов производства, на основе чего предсказано ожидаемое направление трансформации отрасли в ближайшие годы.

Ключевые слова: аквакультура, отраслевая структура, факторы развития, экономическая эффективность, ARIMA модели, прогноз.

Current trends in the transformation of fisheries production: from fishing to aquaculture

Anna V. Loseva, Alexander P. Tsy-pin

Financial University under the Government of the Russian Federation («Finuniversity»), 49/2, Prosp. Leningradsky, Moscow, 125167, Russia

Purpose: to characterize the processes of transformation of the global fishery in the context of the accelerated development of aquaculture under the influence of factors of various origins.

Method: the study employs the method of constructing relative values of structure, dynamics, comparison and intensity; calculation of descriptive characteristics of distribution; assessment of the rank correlation coefficient; time series modeling.

Novelty: a detailed analysis is conducted of the influence of transformation factors in fisheries and the growing role of aquaculture, taking into account the differentiation of conditions and production features in individual sectors of the industry; the importance of linking economic and biological factors in analyzing the directions and development prospects of aquaculture species is substantiated.

Results: the role of various factors in the feasibility and intensity of aquaculture development is demonstrated and assessed; key factors highlighted include the growth of global demand for fishery products, the limitation and depletion of natural resources, the differentiation of various aquaculture branches by labor intensity and resource consumption, the market level of ex-farm prices, production profitability, biological characteristics of aquatic animal species, as well as societal attitudes toward the quality disparity between aquaculture products and wild-caught products; using ARIMA models built on data from 1950 to 2023 for each aggregated group of aquaculture products, the statistical behavior of their dynamic series is described, providing insight into development patterns and forecasting capabilities; a short-term forecast of production volumes is made for the main aquaculture product groups, based on which the expected direction of the industry's transformation in the coming years is predicted.

Keywords: aquaculture, industry structure, development factors, economic efficiency, ARIMA models, forecast.

ВВЕДЕНИЕ

Продукция рыбного хозяйства является одним из ключевых элементов глобального продовольственного производства. Как следствие, рыбное хозяйство играет в глобальном сельскохозяйственном комплексе значительную роль, особенно значимую для прибрежных государств, где рыбные продукты зачастую составляют наиболее значимую часть рациона питания. Оценка масштабов и социально-экономической значимости данного сектора экономики традиционно привлекает внимание исследователей [Богачев, 2018; Макаров, 2023; Гаджимирзоев и др., 2024; Коник и др., 2024]. Одним из ключевых вопросов, при этом, выступает заметная трансформация структуры рыбного хозяйства.

Мировое промышленное рыболовство в последние годы вступило в состояние относительной стагнации, а с 2022 г. даже уступает по объёмам производства отрасли аквакультуры (что демонстрирует статистика Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций – FAO). В качестве одного из ключевых факторов этого процесса авторы научных публикаций [Сенотрусова, 2024] часто приводят влияние Целей устойчивого развития ООН (ЦУР), где одним из направлений глобального развития на долгосрочную перспективу заявлено сохранение ресурсов Мирового океана.

Если говорить точнее, то речь идёт о 14-й ЦУР («Сохранение морских экосистем»)¹, где основным контекстом является тот факт, что к настоящему времени 80% мировых рыбных запасов находятся в стадии истощения, что существенно ограничивает текущие и перспективные возможности «традиционного» промышленного рыболовства [Анищенко, 2020; Бекашев, Бекашев, 2020; Бутакова, Косенко, 2023]. Соответственно, на ключевые страны-производители в мировом рыболовстве накладываются определённые ограничения и обязательства по сокращению или регулированию вылова рыбы. Помимо того, сказываются также тенденции продолжающегося демографического роста и повышения уровня жизни с соответствующими требованиями к увеличению потребления продуктов питания, в том числе рыбы. В конечном итоге, сумма этих факторов роста спроса и конечности ресурсов подводит к необходимости закрытия национальных и глобальных потребностей в рыбной

продукции за счёт расширения аквакультурного производства [Труба, 2023; Яркина, Логунова, 2024]. Особенно этот вопрос актуален для государств, имеющих одновременно демографические проблемы быстрого роста населения и ограниченность доступных рыбных ресурсов: в основном это касается развивающихся стран Азии [Чеснокова, 2019; Дерюгина, 2023; Лосева, Гаджимирзоев, 2023].

Напротив, для многих стран, не сталкивающихся с проблемами перенаселённости и имеющих в своём распоряжении значительные природные рыбные ресурсы, аквакультурное производство не имеет экономического резона в силу доступности более дешёвых ресурсов «традиционного» промышленного рыболовства и недостигнутых показателей квотирования [Коник и др., 2024; Михайлов, 2025; Яковлев, Михайлов, 2025]. Поэтому процесс развития аквакультурного производства в мире не является повсеместным и имеет лишь несколько точек глобального роста. В частности, в России, многих странах Европы, Латинской Америки аквакультура не находит широкого распространения, как, например, в странах Юго-Восточной Азии.

Исходя из этого, данное исследование направлено не только на текущий и ретроспективный анализ показателей промышленного рыболовства и аквакультурного производства, но также на характеристику экономических аспектов этой структурной трансформации. В таком контексте в работе анализируются факторы, способствующие переносу основного фокуса развития глобального рыбного хозяйства к аквакультуре под влиянием 14-й ЦУР и закономерностей экономики отрасли и мирового рынка рыбной продукции.

МЕТОДЫ

Ключевым источником эмпирических данных для исследования является Ежегодник Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (FAO) «Fishery and Aquaculture Statistics – Yearbook 2023»², посвящённый статистике глобального рыболовства и аквакультурного производства. Для задач исследования из указанного Ежегодника использовались временные ряды и массивы информации по показателям международной статистики промышленного рыболовства и аквакультуры в различных разрезах: территориальном, временном, а также по группам и видам продукции рыбного хозяйства.

¹ Цели в области устойчивого развития: поддержка ПРООН в реализации 14-й цели устойчивого развития, «Управление океанами, морями и морскими ресурсами». https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/SDG14_Oceans_RU%20-%20web.pdf. 10.02.2026.

² <https://www.fao.org/cwp-on-fishery-statistics/handbook/tools-and-resources/list-of-fao-yearbooks-of-fishery-statistics/en/>. 10.02.2026.

Кроме того, с целью раскрытия вопроса особенностей экономики сектора аквакультуры и выявления факторов, влияющих на его развитие, использовались данные, приведённые в двух томах отчёта Всемирного Банка «Harnessing the Waters: A Trillion Dollar Investment Opportunity in Sustainable Aquaculture» 2025 года, в котором анализируются инвестиционные тенденции и финансовые механизмы, определяющие будущее мирового рыбного хозяйства.

Для получения количественных оценок в рамках поставленных вопросов исследования и подтверждения выдвигаемых предположений в работе решались следующие задачи статистического анализа: сопоставление, определение типичного уровня явления и степени вариативности его количественных значений, выявление наличия взаимосвязи между количественными показателями, характеристика структуры совокупности, анализ динамики показателей и краткосрочное прогнозирование их значений. Соответственно, в качестве методов обработки данных и анализа в работе использовались: графическая визуализация; построение относительных величин структуры, динамики, сравнения и интенсивности; расчёт таких дескриптивных статистик как среднее, стандартное отклонение и коэффициент вариации; оценка коэффициента ранговой корреляции, моделирование временных рядов. Для реализации расчётов и построения графиков использовались Microsoft Excel и среда языка программирования R.

Стоит отметить, что методы анализа отбирались с учётом условий и ограничений, обусловленных степенью доступности и детализации официальной статистической информации. Так, для оценки парной корреляции показателей производства рыбного хозяйства по 18-ти выделенным видам водных животных применялся непараметрический подход с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена (ρ), определяемого по формуле:

$$\rho = 1 - \frac{6S}{n(n^2 - 1)}, \quad (1)$$

где S – сумма квадратов разностей рангов значений количественных или качественных порядковых переменных пары x и y , определяемая как:

$$S = \sum_{i=1}^n d_i^2, \quad (2)$$

где $d_i = \text{rank}(x_i) - \text{rank}(y_i)$; n – число наблюдений (единиц исследуемой совокупности).

Данный показатель взаимосвязи принимает значения в диапазоне $[-1; 1]$ относительно которого дается интерпретация силе связи и её направлению.

Для оценки статистической значимости полученного значения ρ , принимая во внимание малый размер исследуемой выборки, нулевая гипотеза (отсутствие монотонной связи) проверялась с помощью алгоритма «AS 89» [Best, Roberts, 1975], который использует непосредственно распределение величины S , принимающей значения от 0 (полное совпадение рангов при функциональной положительной связи) до максимума, равного $n(n^2 - 1)/3$, когда ранги строго противоположны друг другу в случае обратной функциональной связи.

В программной среде R вышепредставленный метод реализуется, например, с помощью функции `cor.test()` из библиотеки базовой инсталляции {stats}.

При анализе степени разнородности видов продукции аквакультуры по экономическим характеристикам использовался традиционный коэффициент вариации, определяемый как соотношение стандартного отклонения к среднему уровню показателя в совокупности.

Временные ряды, отражающие мировое производство аквакультуры, характеризуются ярко выраженной трендовой составляющей. Для аналитического описания таких рядов в работе используется проинтегрированная модель авторегрессии и скользящего среднего ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) [Сажин и др., 2013; Лосева, 2024].

Модель в общем виде записывается как $ARIMA(p, d, q)$, где p – порядок авторегрессии, d – порядок взятия разностей (обеспечивающий стационарность), q – порядок скользящего среднего.

Формально модель задаётся следующим уравнением:

$$\phi(B) \nabla^d y_t = \theta(B) \varepsilon_t, \quad (3)$$

где y_t – исходный ряд; $\nabla^d = (1 - B)^d$ – оператор разности порядка d ; B – оператор сдвига назад ($By_t = y_{t-1}$); ε_t – белый шум (некоррелированная случайная величина с нулевым математическим ожиданием и постоянной дисперсией). Полиномы $\phi(B)$ и $\theta(B)$ имеют вид:

$$\begin{aligned} \phi(B) &= 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p; \\ \theta(B) &= 1 + \theta_1 B + \theta_2 B^2 + \dots + \theta_q B^q. \end{aligned} \quad (4)$$

Выбор параметров модели осуществлялся в соответствии с итеративной процедурой, предложенной Дж. Боксом и Г. Дженкинсом (метод Бокса-Дженкинса). Задача метода – описать исследуемый ряд с помощью сравнительно небольшого числа параметров, улавливающих его авторегрессию (инерцию), скользящее среднее (накопленные случайные возмущения) и нестационарность (разности).

Процесс отбора наилучшей модели включает следующие основные этапы.

1. Идентификация модели. Оценивается стационарность временного ряда. При наличии тренда или сезонности ряд приводился к стационарному виду с помощью взятия последовательных разностей (параметр d – порядок дифференцирования). Для предварительного выбора порядков авторегрессии (p) и скользящего среднего (q) анализируются графики автокорреляционной (ACF) и частной автокорреляционной функций (PACF). Быстрое затухание ACF указывает на необходимость включения скользящего среднего, а PACF – авторегрессионных членов.

2. Оценка параметров $\varphi_1, \dots, \varphi_p; \theta_1, \dots, \theta_q$. Подобранные на первом шаге гипотетические модели ARIMA(p, d, q) оцениваются с помощью методов максимального правдоподобия. На этом этапе рассчитываются коэффициенты при авторегрессионных членах и членах скользящего среднего, а также проверяется их статистическая значимость.

3. Диагностическая проверка. Качество итоговой модели оценивается на основе значений остатков (разности между фактическими и предсказанными значениями). Ключевое условие – отсутствие автокорреляции остатков – проверяется с помощью тестов Льюинга-Бокса (Q-статистика). Если имеет место корреляция остатков или модель избыточно сложная, на что указывает незначимость коэффициентов, процедура возобновляется, начиная с этапа идентификации для коррекции порядка (p) или (q).

В результате итеративной реализации вышеописанных шагов выбирается экономная ARIMA-модель, адекватно описывающая структуру ряда и пригодная для краткосрочного прогнозирования. Подход позволяет описывать и прогнозировать широкий спектр процессов динамики разного характера, так как ARIMA объединяет в себе три класса моделей: авторегрессионные (AR – учёт прошлых значений ряда), интегрированные (I – разности для устранения тренда) и скользящего среднего (MA – учёт прошлых ошибок). При этом часто обеспечивается высокая точность прогноза. В этой связи данный подход к моделированию временных рядов широко применяется для прогнозирования в прикладных исследованиях, том числе, в сфере рыбного хозяйства [Sanz-Fernandez et al., 2026 Siddique et al., 2024].

Для наглядной характеристики качества полученных моделей будем использовать показатель Средней абсолютной ошибки в процентах MAPE (Mean Absolute Percentage Error), которая является распространённой метрикой точности прогноза и измеряет среднее абсолютное отклонение прогнозных значе-

ний от фактических, выраженное в процентах относительно фактических значений:

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right|, \quad (5)$$

где n – число уровней временного ряда (series); y_t – фактические значения уровней; \hat{y}_t – прогнозные значения уровней.

Таким образом, метрика MAPE буквально отражает, на сколько процентов в среднем прогноз отклоняется от факта. Примерной шкалой для интерпретации точности прогноза по модели является следующая градация значений:

- Очень высокая точность: $MAPE < 5\%$;
- Высокая точность: $5\% \leq MAPE < 10\%$;
- Приемлемая точность: $10\% \leq MAPE < 20\%$;
- Удовлетворительная точность: $20\% \leq MAPE < 50\%$;
- Низкая точность: $MAPE \geq 50\%$.

Однако, данная шкала не является универсальной, и при интерпретации полученных значений MAPE следует принимать во внимание тип данных и контекст аналитической задачи.

Построение ARIMA моделей и прогнозирование на их основе осуществлялось в программной среде R инструментами внешней библиотеки {forecast}, предназначенной для построения адаптивных моделей краткосрочного прогнозирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На первом этапе исследования дадим общую характеристику картине развития глобального рыболовства и аквакультуры в динамике (рис. 1), а также распределению и объёмов их производства по регионам мира и отдельным странам – ведущим производителям.

Как можно видеть из рис. 1, динамика аквакультурного производства имеет линейный характер ро-

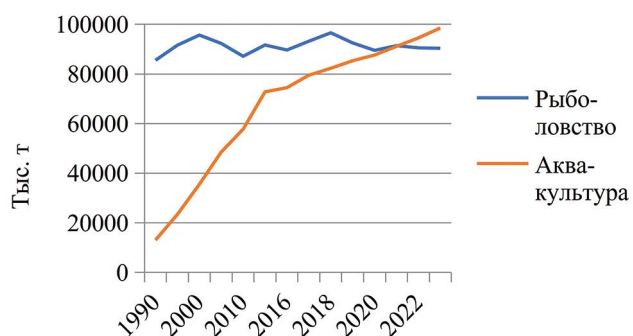


Рис. 1. Динамика мирового промышленного рыболовства и аквакультурного производства в 1990–2023 гг., тыс. т

Fig. 1. Dynamics of world industrial fisheries and aquaculture production in 1990–2023, thousand tons

ста с ежегодным увеличением производства порядка 3–4 млн т. При этом показатели промышленного рыболовства остаются постоянными уже на протяжении более чем 30 лет, что подтверждает тезис об ограниченности природных ресурсов Мирового океана, а также ограниченной возможности современного технологического уровня промысла. Соответственно, на сегодняшний день можно констатировать отсутствие возможности прироста производства рыбы только за счёт традиционного вылова. При этом спрос на продукцию рыбного хозяйства продолжает расти за счёт увеличения численности населения и среднего уровня потребления рыбных продуктов, и именно аквакультура в последние десятилетия играет решающую роль в удовлетворении растущего мирового спроса, а также в снижении нагрузки на мировые природные запасы биологических водных ресурсов.

Приведём данные о распределении мирового производства секторов отрасли «Рыболовство и ры-

боводство» на 2023 г., а также уровне потребления её продукции (табл. 1).

Таблица 1 демонстрирует ключевую роль азиатских государств в мировом аквакультурном производстве: всего на 5 стран (Китай, Индию, Индонезию, Вьетнам и Бангладеш) приходится более 81% валового объёма продукции сектора. Фактически остальные страны производят незначительное количество аквакультурных продуктов. Из неазиатских государств сколь-нибудь значимые объёмы демонстрируют Норвегия (1,7%) и Чили (1,5%).

Примечательно, что для каждой из упомянутых стран доля аквакультуры не опускается ниже 42% (Индонезия), а для Китая превышает 80% общего объёма продукции рыбного хозяйства. Из стран, не представленных в табл. 1, следует указать, что такие страны как Египет, Эквадор и Бразилия также имеют долю аквакультуры в общем объёме производства рыбы и водных продуктов более 50% (77,6%, 64%

Таблица 1. Мировой вылов и производство рыбы и водных животных в 2023 г., тыс. т³

Table 1. World catch and production of fish and aquatic organisms in 2023, thousand tons³

Наименование	Аквакультура	Доля в мире, %	Рыболовство	Доля в мире, %	Всего	Доля в мире, %	Доля аквакультуры в производстве, %	Потребление (2021 г.)	Потребление на душу, кг (2021 г.)
Весь мир	98507	100	90373	100	188879	100	52,2	162669	20
Африка	2334	2,4	10515	11,6	12849	6,8	18,2	12986	9
Америка	5056	5,1	16175	17,9	21231	11,2	23,8	15724	15
Азия	87462	88,8	48037	53,2	135499	71,7	64,5	116640	25
Европа	3422	3,5	14070	15,6	17492	9,3	19,6	16356	22
Океания	233	0,2	1531	1,7	1764	0,9	13,2	963	22
По отдельным государствам									
Китай	55212	56,0	13205	14,6	68417	36,2	80,7	59396	42
Индия	11315	11,5	6106	6,8	17421	9,2	65,0	12554	9
Индонезия	5600	5,7	7733	8,6	13333	7,1	42,0	11365	41
Вьетнам	5368	5,4	3417	3,8	8785	4,7	61,1	4020	41
Россия	327	0,3	5385	6,0	5712	3,0	5,7	3316	23
Бангладеш	2852	2,9	2063	2,3	4915	2,6	58,0	4627	28
США	456	0,5	4147	4,6	4603	2,4	9,9	7980	23
Норвегия	1650	1,7	2356	2,6	4006	2,1	41,2	279	52
Чили	1487	1,5	2145	2,4	3632	1,9	40,9	286	15
Перу	105	0,1	3485	3,9	3590	1,9	2,9	878	26

³FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics (Fishery and Aquaculture Statistics). Table T.3. Production of aquatic animals by continent, region, economic group and top producer in 2023; Table T.51. Apparent consumption of aquatic animal food by continent, economic group and top consumer in 2021; Table T.52. Per capita apparent consumption of aquatic animal food by continent, economic group and top consumer in 2021 // Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/cwp-on-fishery-statistics/handbook/tools-and-resources/list-of-fao-yearbooks-of-fishery-statistics/en/>. 10.02.2026.

и 50,4%, соответственно). Эти государства находятся на 16, 17 и 19 местах по валовому производству, соответственно.

Таким образом, можно заключить, что аквакультура обеспечивает ключевые позиции отдельных стран в глобальном рыбном производстве. Страны с развитой аквакультурной отраслью, как правило, имеют уровень потребления рыбы выше среднемировых показателей (кроме Индии и Чили). Другими словами, развитая отрасль выращивания рыбы и водных продуктов позволяет обеспечить более высокий уровень жизни для граждан в этом отношении (кроме расширения возможностей экспорта продукции). Таким образом, очевидна стратегическая и социальная роль отрасли в отношении обеспечения продовольственной безопасности. Как отмечается в работе [Хейфец, Чернова, 2022], обострение проблемы продовольственного обеспечения в мире ставит перед странами задачу пересмотра и трансформации модели производства и потребления продуктов питания. Для России в настоящее время острой проблемой является тотальное ухудшение качества питания вследствие снижения качества производства ключевых продуктов, как, например, мясных, или их ценовой недоступности [Макар, Ярашева, 2022; Макаров, Ушаков, 2023]. Последняя проблема напрямую касается возможности потребления населением рыбы как важного источника элементов для формирования и поддержания здоровья. Для решения данной проблемы можно рассматривать разные направления. С одной стороны, Россия имеет преимущества в осуществлении импорта продукции в рамках объединения БРИКС, сотрудничая с ведущими странами рыболовства и аквакультуры – Китаем, Индией и Бразилией, с нарастающей интенсивностью торгово-экономического взаимодействия [Бабешко, Бывшев, 2025; Михайлов 2025]. Другое направление – перспективное развитие российского рыболовства в Арктической зоне Российской Федерации, а также других регионах, на фоне задач освоения Арктики и использования потенциала российских территорий [Кузнецова, Кузнецов, 2022; Лаврикова и др., 2024; Аверкиев, 2025; Мнацаканян, Харин, 2025].

Однако, именно наращивание собственной отрасли аквакультуры является не только решением проблем продовольственной безопасности, но и способствует повышению уровня самодостаточности и конкурентоспособности национальной экономики, укреплению потенциала её регионов. В работах К.В. Колончина с соавторами [2021], В.М. Михайлова [2025], А.Г. Мнацаканяна и А.Г. Харина [2025], М.Е. Косова и др. [2025] подчёркивается стратегическая роль

и необходимость развития аквакультуры для российских территорий, что согласуется с общей повесткой стимулирования регионального развития путём применения различных инструментов поддержки видов экономической деятельности на региональном и федеральном уровнях. Данные усилия призваны, в конечном счёте, способствовать положительным качественным изменениям и преобразованиям отечественной экономической системы. Однако, на сегодняшний день, объёмы продукции российской аквакультуры несопоставимы не только с мировыми лидерами отрасли, но и оценочными значениями внутреннего потенциала. В целом, основным препятствием для развития перспективных направлений аквакультуры является отсутствие требуемого уровня инвестиций в технологическое оснащение отрасли.

Рассмотрим, как развитие и трансформация рыбного хозяйства затрагивает базовые структурные процессы национальной экономики. Виды экономической деятельности различаются по уровню затрат труда, трудоёмкости и её квалификационной структуры, а также способности стимулировать создание рабочих мест в смежных отраслях [Единак, 2021]. В этой связи стоит обратить внимание на то, как процесс переноса основного фокуса рыбного хозяйства с промышленного рыболовства к аквакультурному производству неизбежно приводит и к структурной трансформации на рынке труда. Эти процессы отражены в табл. 2, где кроме численности занятых в мировом масштабе представлена информация по странам-лидерам данного показателя (ТОП-3).

Таблица 2 демонстрирует значительный рост занятых в аквакультурной отрасли (fish farmers): рост более чем в 2 раза при росте производства более чем в 4 раза (см. рис. 1). При этом отрасль промышленного рыболовства, сохраняя примерно неизменным объём производства рыбы, демонстрирует рост занятости (fishers) примерно в 1,5 раза. Это свидетельствует о двух процессах: нарастающей фактической трудоёмкости промышленного рыболовства на фоне её сокращения для аквакультурного производства. Рис. 2 демонстрирует эту тенденцию: на основе статистики FAO авторами рассчитаны обобщённые значения производительности труда для двух секторов рыбного хозяйства.

Безусловно, данные столбиковой диаграммы на рис. 2, являются очень общей оценкой, отражающей лишь главную закономерность, наблюдаемую в отрасли. Действительный интерес для дальнейших исследований представляет детализация уровня производительности труда в различных разрезах сегментов мирового рыбного хозяйства, что в свою очередь,

Таблица 2. Численность занятых в мировом рыбном хозяйстве в 1995–2023 гг., млн чел.⁴

Table 2. The number of people employed in the fisheries industry in global terms in 1995–2023, million people

Наименование	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2023, %
Рыболовство	23,2	26,0	29,7	31,3	31,4	34,2	33,5	33,8	34,2	100
Индия	6,5	6,5	9,4	9,3	8,6	11,7	10,9	10,9	10,9	31,9
Индонезия	2,5	3,1	2,6	2,6	2,8	2,8	2,9	3,0	3,2	9,4
Мьянма	0,9	2,6	2,8	2,9	3,0	2,6	2,5	2,5	2,5	7,2
ТОП-3, %	42,7	47,3	49,5	47,6	45,9	50,2	48,8	48,6	48,5	48,5
Аквакультура	11,2	13,8	16,2	19,9	22,0	22,1	22,0	21,9	23,0	100
Бангладеш	2,8	2,8	2,9	3,6	4,2	5,1	5,2	5,2	6,2	26,8
Индия	1,4	1,9	2,7	4,2	4,7	5,7	5,7	5,7	5,7	24,9
Китай	2,7	3,7	5,4	5,0	5,1	4,6	4,4	4,3	4,4	19,3
ТОП-3, %	61,1	60,5	68,2	64,0	63,4	69,4	69,1	69,8	71,0	71,0

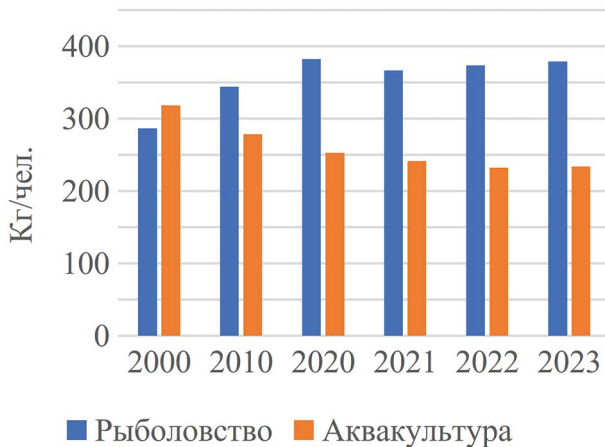


Рис. 2 Динамика производительности труда мирового промышленного рыболовства и аквакультурного производства водных животных в 2000–2023 гг., кг/чел⁵.

Fig. 2. The dynamics of labor productivity in the global industrial fisheries and aquaculture production of aquatic animals in 2000–2023, kg per employed person

ограничено возможностями учёта таких показателей производительности и отсутствием их публикации в открытом доступе.

⁴ FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics (Fishery and Aquaculture Statistics). Table T.45. Fishers by top capture fisheries producers ; Table T.46. Fish farmers by top aquaculture producers// Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/cwp-on-fishery-statistics/handbook/tools-and-resources/list-of-fao-yearbooks-of-fishery-statistics/en/>. Дата обращения: 10.02.2026 г.

⁵ FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics (Fishery and Aquaculture Statistics). Table T.32. Capture fisheries production of aquatic animals by continent, economic group and top producers in 2023; Table T.16. Aquaculture production of aquatic animals by continent, economic group and top producers in 2023 // Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/cwp-on-fishery-statistics/handbook/tools-and-resources/list-of-fao-yearbooks-of-fishery-statistics/en/>. 10.02.2026.

Однако, подчёркивая факт сравнительно низкого уровня трудоёмкости в аквакультуре, следует освещать его в контексте эффективности данного сектора, а не перспектив сокращения занятости в отрасли рыболовства и рыбоводства. Напротив, по прогнозам Всемирного Банка в долгосрочной перспективе ожидается только возрастание числа занятых в аквакультуре. Так, в отчёте «Harnessing the Waters...»⁶ приведено предположение о том, что при должном уровне инвестирования сектор аквакультуры сформирует ещё около 22 миллионов новых рабочих мест к 2050 г.

Несмотря на наличие общих тенденций трансформации, отрасль рыбного хозяйства довольно дифференцирована по своим секторам в разрезе видов продукции и условий производства, что также определяет направления и перспективы их развития. Наглядный пример различия экономических условий по ключевым водным животным аквакультуры представлен в табл. 3, составленной по данным отчёта «Harnessing the Waters ...».

Таблица 3 демонстрирует существенность различий уровня требуемых ресурсных затрат среди представленных примеров продукции аквакультуры. Причём, различие проявляется как в общем уровне типичных затрат, так и в размере его разброса для отдельного вида продукции. Также, возникает вопрос, по каким видам ресурсов проявляется наибольшая дифференциация. Оценим степень различия или схожести (однородности) вышепредставленных видов продукции аквакультуры по потреблению ресурсов. Для этого по каждому виду ресурсов рассчитаем базовую дескриптивную меру – коэффициент вариации (рис. 3).

⁶ Harnessing the Waters - Volume I (English). Washington, D.C.: World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099062325120031041>. 10.02.2026.

Таблица 3. Уровни удельного потребления ресурсов на тонну продукции по основным объектам аквакультуры⁷
Table 3. Resource use per ton of production for the main aquaculture species

Объекты аквакультуры	Потребление ресурсов			
	Земля, га/т	Пресная вода, м ³ /т	Электроэнергия, ГДж/т	Кормовая рыба, кг/т
Белоногая креветка	0,40–0,60	8 000–12 000	55,00–65,00	600–800
Чёрная тигровая креветка, в том числе:				
без использования комбикормов	2,66	10	0,73	-
с использованием комбикормов	0,34	5916	17,34	1 310
Гигантская пресноводная креветка	1,88–2,62	32 432–50 251	34,20–60,10	1 270–1 325
Атлантический лосось	0,14–0,16	2 013–2 281	5,60–8,29	1540–1750
Пангасиус	0,192–0,195	5 602–7 297	7,09–7,19	524–531
Нильская тилапия	0,32–0,35	15 190–32 710	20,00–37,10	247–297
Карп	0,42–0,47	2 138–4 422	5,40–16,60	-

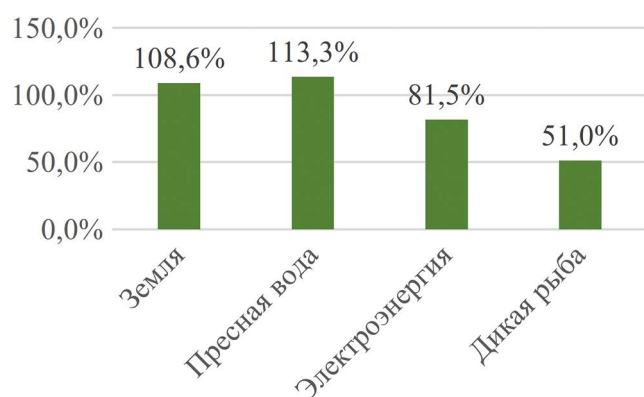


Рис. 3. Значения коэффициентов вариации потребления ресурсов в аквакультуре основных видов водных животных

Fig. 3. Coefficient of variability of resource use in aquaculture of the main aquatic animals species

Общепринятой границей для интерпретации коэффициента вариации считается значение 63%, превышение которого свидетельствует о существенной разнородности среди объектов совокупности. Исходя из этого, значение по потреблению дикой рыбы в составе комбикормов (51%) можно трактовать как среднюю, невысокого уровня разнородность производств по уровню вовлечения данного ресурса. По потреблению электроэнергии рассматриваемые виды продукции аквакультуры различаются гораздо значительно (81%). Но, в гораздо большей степени различие проявляется в использовании таких активов как пресная вода и земельные площади, возможности вовлечения которых во многом зависят от внешних условий. Проведённое сравнение, даже на таком агрегированном

уровне, высвечивает тот факт, что развитие аквакультуры и трансформация рыбного хозяйства подвержены влиянию ряда факторов-ограничений. При этом, сила воздействия таких факторов различается в зависимости от вида продукции аквакультуры, что, несомненно, сказывается на формировании структуры отрасли.

Соответственно, факторы потребностей в ресурсах влияют и на формирование мирового рынка продуктов аквакультуры, обуславливая различие в стоимости её продажи, а также отличие от стоимости аналогичной продукции, полученной путём дикого вылова. В табл. 4, по более детальным группам водных животных, представлены данные FAO о стоимости продукции рыболовства и аквакультуры и её совокупных натуральных объёмах в 2023 г. При этом стоимость тонны продукции рассчитывается на основе отпускных цен производителей и приведена в номинальной оценке.

По данным табл. 4 можно заключить, что в целом стоимость тонны аквакультурного производства превышает стоимость тонны продукции традиционного вылова: при общем осреднении различие составляет 2,1 раза. Однако по ряду продуктов ситуация прямо противоположная (например, моллюски, устрицы, мидии). Кроме того, обращает на себя внимание колоссальное превышение объёмов производства аквакультуры над рыболовством по некоторым позициям, что объясняется разными причинами. Так, например, из общей картины выделяются семейство карповых, пресноводных ракообразных, устриц и мидий объём выращивания которых в условиях аквакультуры значительно больше их промышленного вылова, не смотря на существенно более высокую стоимость аквакультурного производства. Тем не менее, налицо существенная роль экономического фактора в трансформации отрасли – преобладании аквакультуры в общей структуре производства данных видов. Но, стоит отметить, что на структуру

⁷ Harnessing the Waters - Volume II (English). Table I.4. Resource Use Estimates Per Ton of Production for the Seven Aquaculture Species. Washington, D.C.: World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099092925151531252>. 10.02.2026.

Таблица 4. Сравнение уровней отпускной цены одной тонны аквакультурного производства и промышленного вылова различных видов водных животных в 2023 г., долларов США/т⁸**Table 4.** Comparison of a tonne gate price of aquaculture and capture production by species of aquatic animals in 2023, USD/tonne

Наименование	Средняя отпускная цена одной тонны		Отношение столбца 2 к столбцу 1, раз	Производство всего, тыс. т.		Отношение столбца 5 к столбцу 4, раз
	Вылов	Аквакультура		Вылов	Аквакультура	
A	1	2	3	4	5	6
Карповые	910	2437	2,7	2035	33226	16,3
Цихлиды	800	2159	2,7	852	6776	8,0
Другие пресноводные рыбы	760	2959	3,9	8060	13685	1,7
Осетровые	8100	6678	0,8	1	179	179
Угревые (речные)	15900	8415	0,5	8	332	41,5
Лососёвые	3500	7062	2,0	1152	4272	3,7
Камбала, палтус	3200	8789	2,7	791	181	0,2
Треска, хек, пикша	1420	3737	2,6	6323	11	0,00
Другие прибрежные морские рыбы	3200	3834	1,2	7339	2245	0,3
Тунец	2050	14213	6,9	8353	68	0,01
Пресноводные ракообразные	3160	10878	3,4	266	4734	17,8
Крабы	4380	7581	1,7	1630	431	0,3
Креветки	4650	6244	1,3	3170	8520	2,7
Пресноводные моллюски	2380	1815	0,8	173	212	1,2
Устрицы	1450	1373	0,9	100	7504	75,0
Мидии	2750	2047	0,7	457	5910	12,9
Другие морские моллюски	2400	1251	0,5	588	1342	2,3
Все водные животные	1705	3525	2,1	90373	98507	1,1

рыбного хозяйства влияют не только причины экономических выгод. Продукцию осетровых рыб, по которым наблюдается самое значительное превышение натурального объёма аквакультуры (табл. 4), а также угрей, в настоящее время получают только в секторе аквакультуры, что связано с истощением природных запасов этих видов.

При сравнении показателей стоимости тонны и объёмов производства по двум сектора рыбного хозяйства возникает вопрос возможной обратной взаимосвязи между ними, наличие которой подтвердило бы преобладание экономических факторов в опережающем развитии видов аквакультуры. Для проверки данного предположения проведём оценку корреляции по парам показателей, информацию о которых содержит табл. 4:

1) «Средняя отпускная цена одной тонны» – «Производство всего» по аквакультуре;

2) «Соотношение средней цены тонны продукции аквакультуры и рыболовства» – «Соотношение объёмов производства продукции аквакультуры и рыболовства».

Для обеих пар рассчитаем коэффициент ранговой корреляции Спирмена, описание применения которого представлено в разделе Методы. Результаты оценки корреляции представлены в табл. 5.

Как видим по данным табл. 5, сами по себе значения коэффициента ранговой корреляции свидетельствуют о наличии не сильной, но заметной, умеренной обратной взаимосвязи между показателями, согласно принятой интерпретации. Данный факт можно трактовать как присутствие, в определённой степени, влияния экономических факторов на глобальную структуру рыбного хозяйства и её изменение в пользу аквакультуры. Такое предположение согласуется, в целом, с результатами качественного анализа тенденций развития рыбного хозяйства. Но, при этом обращает на себя внимание довольно высокое значение *p-value*, которое, по результатам теста по методике «AS 89», превышает уровень 0,05. С позиции статистической оценки мы не можем отвергнуть нулевую гипотезу H_0 о равенстве ко-

⁸ FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics (Fishery and Aquaculture Statistics). Table T.7. Fisheries and aquaculture production by ISSCAAP group (quantity and estimated value) // Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/cwp-on-fishery-statistics/handbook/tools-and-resources/list-of-fao-yearbooks-of-fishery-statistics/en/>. 10.02.2026 г.

Таблица 5. Результаты оценки тесноты связи между показателями мирового производства аквакультуры и рыболовства (по данным 2023 г.)

Table 5. Results of the correlation assessment for global aquaculture and fisheries production indicators (based on data from 2023)

Показатели, между которыми оценивается взаимосвязь	Значение коэффициента Спирмена (ρ)	Сумма квадратов разностей рангов (S)	Уровень значимости (p -value)
Средняя отпускная цена одной тонны (аквакультура) Производство всего (аквакультура)	-0,368	1326	0,1331
Соотношение средней цены тонны продукции аквакультуры и рыболовства Соотношение объёмов производства продукции аквакультуры и рыболовства	-0,397	1140	0,1152

эффицента ранговой корреляции нулю. Однако, следует учитывать условия, в которых получены данные оценки – малый размер выборки из 18 видов водных животных при наличии нескольких нетипичных случаев среди них, которые описаны выше. Таким образом, полученный результат, все же, можно использовать как отправную точку для дальнейшего исследования влияния экономических факторов интенсивного развития аквакультуры в мировом масштабе, что безусловно, требует более детальных и статистически «полноцен-

ных» данных о развитии отрасли и её характеристиках. Более того, специфика экономических условий производства аквакультурных продуктов обуславливает разный уровень рентабельности. Опубликованные оценки Всемирного Банка⁹ позволяют нам рассчитать показатели рентабельности одного кг продукции аквакультуры по основным группам водных животных (табл. 6).

Как видно из табл. 6, уровень рентабельности заметно разнится по видам. Особо выделяется производство тигровых креветок: валовая прибыль пре-

Таблица 6. Рентабельность производства одного кг продукции аквакультуры по основным видам водных животных

Table 6. Profitability of production of one kg aquaculture products by the main types of aquatic animals

Вид водных животных аквакультуры	Долларов США / кг			Процентов	
	Стоимость отгруженной первичной продукции	Затраты, всего	Стоимость отгруженной первичной продукции за вычетом затрат (ст. 1 – ст. 2)	Рентабельность общих затрат на производство одного кг продукции (ст. 3 / ст. 2)	Рентабельность продаж одного кг продукции (ст. 3 / ст. 1)
А	1	2	3	4	5
Атлантический лосось	8,69	5,80	2,89	49,8	33,3
Белоногая креветка	3,00	2,30	0,70	30,4	23,3
Чёрная тигровая креветка, без использования комбикормов	8,00	1,09	6,91	633,9	86,4
Чёрная тигровая креветка, с использованием комбикормов	8,00	3,05	4,95	162,3	61,9
Гигантская пресноводная креветка, традиционные фермы (Conventional farm)	5,86	2,34	3,52	150,4	60,1
Гигантская пресноводная креветка, однополюе фермы (All-male farm)	6,95	4,46	2,49	55,8	35,8
Нильская тилапия	2,00	1,59	0,41	25,8	20,5
Карп	2,30	1,35	0,95	70,4	41,3

⁹ Harnessing the Waters - Volume II (English). T Table I.3. Typical Feed Conversion Ratio, Feed Cost, Harvest Value, and Production Cost for the Seven Aquaculture Species. Washington, D.C.: World Bank Group. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099092925151531252>. Дата обращения 10.02.2026 г.

восходит затраты в разы за счёт высокой стоимости продаж. В целом, морские креветки относятся к популярным и дорогостоящим продуктам аквакультуры, и основная часть этой продукции поставляется из стран с низким уровнем дохода в Европу, США, Канаду и Японию.

Современная история развития аквакультурного производства креветок (со второй половины XX в.) является наглядным примером влияния экономических, рыночных факторов на отраслевую трансформацию. Так, изначально чёрные тигровые креветки являлись первым и основным видом креветок в секторе аквакультуры, пик развития которого приходится на 1970–1980-е гг. Далее, белоногие креветки из восточной части Тихого океана были завезены в страны Азии, и их аквакультурное производство получило стремительное развитие с 2000-х гг. по сегодняшний день, сделав данный вид лидером мирового производства к 2022 г. Решающую роль здесь сыграли относительная простота и дешевизна выращивания. В результате в разы сократилось мировое производство чёрных тигровых креветок [Boyd et al., 2021]. Однако, чёрная тигровая креветка по своим потребительским качествам позиционируется как более дорогой продукт и, как видно из табл. 6, в настоящее время обеспечивает беспрецедентно высокую рентабельность. Кроме того, многолетняя селекционная работа позволила улучшить некоторые параметры данного вида, например, устойчивость к болезням. В свою очередь, экспертами отмечается, что увеличение производства белоногой креветки привело к снижению её цены вследствие роста конкуренции за рынки сбыта. В этой связи выдвигается предположение, что соотношение объёмов производства этих двух видов может претерпеть изменения в ближайшие годы, вызвав структурную трансформацию данного сегмента отрасли вследствие переориентации производителей на более доходный вид креветки¹⁰.

Однако, на сегодняшний день изменений не наблюдается, что обусловлено весомыми причинами. Говоря о производстве на основе культивирования живых организмов и перспектив его развития, следует помнить, что в данном случае экономические факторы тесно переплетаются с биологическими. Так, сравнение важных для процесса выращивания характеристик двух видов креветок приведено в работе Р.Р. Борисова с соавторами [2025]. Отмечается,

что при схожести жизненного цикла тигровой и белоногой креветок, последняя обладает рядом преимуществ, которые являются решающими для производителей при выборе объекта культивирования. Белоногая креветка обладает меньшим уровнем агрессии и каннибализма, большей устойчивостью к заболеваниям, а также низкой инвазивной активностью. Эти свойства позволяют производителям, например, использовать системы выращивания с замкнутым циклом водообмена и высокой плотностью посадки и, кроме того, снижать риск нарушения баланса окружающей среды. Таким образом, биологические характеристики отдельных видов аквакультуры должны быть неотъемлемой составляющей анализа и оценки экономических факторов трансформации производства продукции рыбного хозяйства.

Рассматривая аквакультуру с позиции стоимости и затрат производства, отметим также её роль в развитии вспомогательных видов экономической деятельности, межотраслевых связей и созданию цепочек добавленной стоимости на уровне экономик отдельных стран и мирового хозяйства в целом. В первую очередь, это касается разработки, производства и реализации комбикормов, соответствующих пищевым потребностям различных видов водных животных.

Так, в обзорной статье журнала «World Aquaculture Trends and Future Prospects» приведена приблизительная оценка мирового потребления в 2021 г.: на основные группы водных животных кормовой аквакультуры пришлось 62,5 млн тонн комбикормов в целом, в том числе, по их основным группам с наибольшим потреблением, объём и доля составили¹¹:

- Карповые – 14,43 млн тонн (23,9%);
- Тилапия – 10,29 млн тонн (16,5%);
- Морские креветки – 9,58 млн тонн (15,3%);
- Сом – 6,62 (10,6%);
- Морские рыбы – 4,8 млн тонн (7,7%);
- Прочие пресноводные рыбы – 4,54 млн тонн (7,3%);
- Пресноводные ракообразные – 4,26 млн тонн (6,8%);
- Лосось – 4,14 млн тонн (6,6%).

Из вышесказанного следует, что развитие аквакультуры даёт мощный импульс для роста масштабов соответствующих видов экономической деятельности в отрасли производства пищевых продуктов. Данный

¹⁰ Harnessing the Waters - Volume II (English). Washington, D.C.: World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099092925151531252>. 10.02.2026 г.

¹¹ Tacon, A. G. J. 2023. World Aquaculture Trends and Future Prospects // World Aquaculture. № 49 (December). P. 22–25. <https://was.org/Magazine/2023/04/22/> 10.02.2026.

вопрос также является предметом исследований в области развития мирового рыбного хозяйства [Boyd et al., 2022]. Затраты на корма могут составлять свыше 50% себестоимости аквакультурной продукции. Здесь, также принципиально важным является вид водных животных. Различие в уровне потребления комбикормов, в первую очередь, демонстрирует такой ключевой показатель отрасли как коэффициент конверсии корма – FCR (Feed Conversion Ratio). Значения его общих уровней по видам водных животных представлены на рис. 4.

На рис. 4 наблюдается относительно небольшой разброс уровня конверсии корма. Однако, учитывая значимость доли кормов в затратах отрасли, очевидно, что изменение коэффициента даже на 0,1 даёт ощутимый экономический эффект для производства. Нередко в аналитических материалах приводятся сравнения типичных значений FCR аквакультуры и отраслей животноводства, при этом отмечается значительное отличие аквакультуры от свиноводства и выращивания крупного рогатого скота (примерные значения FCR – 3,0 и 6,0, соответственно) и схожесть с аналогичным показателем птицеводства в части выращивания бройлеров (FCR около 1,5). Однако, здесь некорректно делать выводы об экономической выгоде в части затрат на корм той или иной отрасли сельского хозяйства в силу несопоставимости таких ключевых параметров как состав и калорийность корма, а также состав продукции на выходе в контексте чистого веса, отходов, побочных продуктов, содержания

белка и т.д. Более того, по таким же причинам непросто сделать сравнительную однозначную оценку экономических выгод по типам водных животных в аквакультуре, ориентируясь лишь на показатель FCR [Fry et al., 2018]. Методологически, коэффициент конверсии корма можно назвать своего рода обобщающей интегральной величиной, отражающей, в результате, совокупность воздействия параметров выращивания: баланс кормления, среды и биологии отдельного вида водных животных, которые существенно разнятся по группам аквакультуры. Для более детальной оценки этих разных аспектов разработана система показателей, оценивающих, например, конверсию белка, эффективность использования белка и липидов¹³, эффективность преобразования корма в живую биомассу и прочие параметры.

Таким образом, биологические и экономические факторы в части вопроса использования ресурсов кормления также оказывают влияние на структуру аквакультуры, что, в свою очередь, отражается на объёме производства и специализации производителей кормов.

Ещё одним источником факторов развития аквакультуры в мире можно назвать формируемое отношение к различию характеристик её видов по сравнению с аналогами, добываемыми промышленным рыболовством. Говоря об экономической и экологической целесообразности развития аквакультуры в мировом рыбном хозяйстве нельзя не упомянуть проблему неоднозначности мнений и экспертных суж-

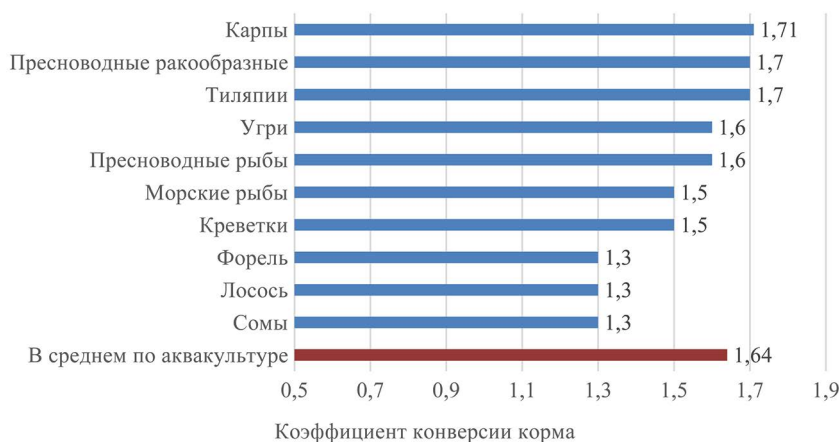


Рис. 4 Значения коэффициента конверсии корма по видам водных животных¹²

Fig. 4. Feed Conversion Ratio value by aquatic animals species

¹² Harnessing the Waters - Volume II (English). Table I.2. Typical Feed Conversion Ratio in Feed-Based Animal Source Meat Washington, D.C.: World Bank Group. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099092925151531252>. Дата обращения 10.02.2026 г.

¹³ Boyd C. E. Reducing FCR lowers feed costs and provides environmental benefits // Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/feed-efficiency-indicators-for-responsible-aquaculture/>. 10.02.2026.

дений относительно превосходства качества рыбной продукции дикого вылова над продукцией аквакультуры. Дискуссия о сравнительных достоинствах дикой и аквакультурной рыбы ведётся на протяжении десятилетий, наряду с опережающим развитием производства последней. По мере роста роли аквакультуры в структуре рыбного хозяйства вопрос приобретает всё большую остроту как для конечных потребителей, так и для производителей и регулирующих органов. При этом, распространённым является утверждение о более высоком качестве продукции дикого аналога. Тем не менее, данное утверждение не может быть универсальным для всех случаев и восприниматься как безусловная истина. Проводимые в мире исследования выявляют сложность и неоднозначность данного вопроса [Casanova-Martínez et al., 2025; Kelai et al., 2025; Grigorakis et al., 2025; Zheng et al., 2025; Menozzi et al., 2020; Foran et al., 2005].

Сравнительный анализ качества дикой и аквакультурной продукции проводится по различным аспектам. Основными темами для обсуждений и оценок являются:

- химический состав и пищевая ценность, а также органолептические свойства [Kelai et al., 2025; Zheng et al., 2025];
- безопасность для потребления и содержание загрязнителей различного происхождения [Casanova-Martínez et al., 2025; Foran et al., 2020];
- экологические параметры как самой производимой продукции, так и влияния процессов производства на окружающую среду [Grigorakis et al., 2025];
- экономические аспекты в части стоимости продукции, а также спроса и потребительского поведения относительно неё [Menozzi et al., 2020].

Тем не менее, судя по обзору материалов российских и зарубежных средств массовой информации, рядовой потребитель скорее склонен к мнению о лучшем качестве продукции дикого вылова, по сравнению с аквакультурным аналогом. Помимо этого, кроме результатов научных исследований и дискуссий, проблема сравнения качества проявляется также в ряде событий истории рыбного хозяйства, наиболее известными из которых являются возникновение масштабной проблемы заболевания выращиваемого норвежского лосося в 2023 г. с вытекающими экономическими последствиями и регуляторными отраслевыми ужесточениями¹⁴, а также инициация проверок и ограничений относительно китайских ракообразных и тилипии [Дворянинова и др., 2020], выращиваемых

с использованием воды низкого качества и прочими нарушениями¹⁵. На основе вышесказанного логично предположить, что предпочтения потребителей и их готовность платить более высокую цену за продукцию дикого вылова могут оказать влияние на развитие и структуру рыбного хозяйства отдельных стран, а также на его структуру в потоках международной торговли.

На заключительном этапе исследования приведём результаты прогноза с помощью ARIMA моделей, выбранных в ходе применения аналитических инструментов языка программирования R. Модели строились на временных рядах производства продукции аквакультуры и рыболовства, охватывающих период с 1950 по 2023 гг.

В табл. 7 представлены точечные прогнозы объёмов производства продукции аквакультуры (AQ - Aquaculture production) и рыболовства (CA - Capture production) с её подразделением по группам ISSCAAP (Международная стандартная статистическая классификация водных животных и растений) на три ближайших года, начиная от последних имеющихся данных международной статистики (2023 г.). По каждому прогнозу дана характеристика выбранной оптимальной ARIMA модели со значением средней абсолютной ошибки в процентах (MAPE).

Чтобы дать характеристику особенностям развития каждой группы водных животных и растений, представим интерпретацию полученных моделей временных рядов и оценок их качества.

1. Пресноводные рыбы (Freshwater fishes).

Модель динамики развития аквакультуры ARIMA(0,2,1) в структуре содержит двойное дифференцирование ($d = 2$) и одно скользящее среднее ($q = 1$) предполагает ускоряющийся тренд (поскольку требуется двойное взятие разностей для достижения стационарности). Точность прогноза (4,2%) трактуется как очень высокая.

Модель динамики развития рыболовства ARIMA(0,1,0) with drift по структуре является моделью случайного блуждания с дрейфом (random walk model with drift), то есть ряд имеет устойчивый нелинейный тренд, наилучший прогноз основывается на последнем наблюдении плюс среднее приращение. Точность прогноза (3%) трактуется как очень высокая.

2. Диадромные рыбы (Diadromous fishes).

Модель динамики развития аквакультуры ARIMA(1,2,2) содержит в структуре авторегрессию

¹⁴ Dying salmon trouble Norway's vast fish-farm industry. <https://phys.org/news/2024-04-dying-salmon-norway-vast-fish.html>. 10.02.2026 г

¹⁵ Россия ограничит импорт самой токсичной рыбы из Китая – тилипии. <https://www.epochtimes.ru/v-kitae-ryba-tilyapiya-samaya-toksichnaya-rossiya-ogranichit-eyo-import-99031077/?ysclid=mo94t9ao61198895532>. 10.02.2026 г.

Таблица 7. Результаты прогноза динамики мирового производства продукции аквакультуры и рыболовства на период 2024–2026 гг.

Table 7. Global aquaculture and fisheries production forecast for the period 2024–2026

Группа ISSCAAP	Сектор	2023 ¹⁶	Модель	MAPE	Точечный прогноз		
					2024	2025	2026
Пресноводные рыбы (Freshwater fishes)	AQ	53688	ARIMA(0,2,1)	4,2	55481	57273	59066
	CA	10946	ARIMA(0,1,0) with drift	3,0	11072	11198	11324
Диадромные рыбы (Diadromous fishes)	AQ	6153	ARIMA(1,2,2)	3,7	6287	6451	6599
	CA	2052	ARIMA(1,1,0) with drift	5,9	1797	2011	1879
Морские рыбы (Marine fishes)	AQ	4001	ARIMA(0,2,1)	5,9	4178	4355	4532
	CA	64468	ARIMA(0,2,2)	3,3	64647	64518	64389
Ракообразные (Crustacens)	AQ	13688	ARIMA(0,2,1)	12,0	14569	15450	16331
	CA	6200	ARIMA(0,1,0) with drift	3,0	6275	6350	6425
Моллюски (Molluscs)	AQ	19511	ARIMA(0,2,2)	4,7	20044	20498	20952
	CA	6317	ARIMA(0,1,1) with drift	4,4	6389	6456	6523
Прочие виды водных животных (Miscellaneous aquatic animals)	AQ	1466	ARIMA(0,2,1)	12,0	1590	1713	1837
	CA	389	ARIMA(2,1,3)	16,0	453	417	406
Водоросли (Algae)	AQ	37649	ARIMA(1,2,1)	7,5	38728	39792	40851
	CA	1354	ARIMA(2,1,1)	6,3	1387	1393	1375

первого порядка, двойное дифференцирование, скользящее среднее второго порядка. То есть сильная нестационарность (ускоряющийся тренд) сочетается с инерционностью (авторегрессия) и влиянием двух предшествующих случайных возмущений. Точность прогноза (3,7%) трактуется как очень высокая.

Модель динамики развития рыболовства ARIMA(1,1,0) with drift по структуре является моделью авторегрессии первого порядка с однократным дифференцированием и дрейфом, предполагает нелинейный тренд с авторегрессией приростов. Точность прогноза (5,9%) трактуется как высокая.

3. Морские рыбы (Marine fishes).

Модель динамики развития аквакультуры ARIMA(0,2,1) имеет в структуре двойное дифференцирование и одно скользящее среднее, учитывает только один лаг ошибок, что слишком упрощает подход к моделированию. Точность прогноза (5,9%) трактуется как высокая, но может быть скорректирована путём включения второго члена скользящего среднего.

Модель динамики развития рыболовства ARIMA(0,2,2) содержит в структуре двойное дифференцирование, два члена скользящего среднего, без

авторегрессии. То есть, после двойного взятия разностей ряд описывается только прошлыми случайными шоками (два лага). Это характерно для процессов, где нет собственной инерции, но есть память по ошибкам. Точность прогноза (3,3%) трактуется как очень высокая.

4. Ракообразные (Crustacens).

Модель динамики развития аквакультуры ARIMA(0,2,1) по структуре аналогична модели ряда производства морских рыб, но характеризуется более низкой точностью, трактуемой как приемлемая (12%).

Модель динамики развития рыболовства ARIMA(0,1,0) with drift – модель случайного блуждания с дрейфом, то есть ряд вылова ракообразных хорошо аппроксимируется нелинейным трендом с белым шумом. Характеризуется очень высокой точностью прогноза (3%).

5. Моллюски (Molluscs).

Модель динамики развития аквакультуры ARIMA(0,2,2) содержит в структуре двойное дифференцирование, два скользящих средних, характеризуется очень высокой точностью (4,7%).

Модель динамики развития рыболовства ARIMA(0,1,1) with drift содержит однократное дифференцирование, одно скользящее среднее, а также дрейф-модель экспоненциального сглаживания с трендом, без сезонности. Учитывается как дрейф (устойчивый нелинейный тренд), так и корреляция последовательных ошибок. Точность прогноза трактуется как очень высокая.

¹⁶ FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics (Fishery and Aquaculture Statistics). Table T.6. Fisheries and aquaculture production by ISSCAAP division and production source // Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/cwp-on-fishery-statistics/handbook/tools-and-resources/list-of-fao-yearbooks-of-fishery-statistics/en/>. Дата обращения: 10.02.2026 г.

6. Прочие виды водных животных (Miscellaneous aquatic animals).

Модель динамики развития аквакультуры ARIMA(0,2,1) содержит в структуре двойное дифференцирование, одно скользящее среднее, то есть ряд демонстрирует сильную волатильность или наличие выбросов. Модель улавливает ускоряющийся тренд и влияние одной прошлой ошибки, но не обеспечивает высокой точности (12%).

Модель динамики развития рыболовства ARIMA(2,1,3) является самой сложной моделью из полученных. Содержит в структуре два авторегрессионных члена, однократное дифференцирование, три скользящих средних. Точность прогноза самая низкая среди всех моделей (16%), так как согласно своей структуре модель подстраивается под случайные колебания прошлого, что ухудшает прогноз.

7. Водоросли (Algae).

Модель динамики развития аквакультуры ARIMA(1,2,1) содержит один авторегрессионный член, двойное дифференцирование, одно скользящее среднее. Точность трактуется как высокая (7,5%), но близкая к пограничному значению – двойное дифференцирование вносит дополнительный шум.

Модель динамики развития рыболовства ARIMA(2,1,1) содержит в структуре два авторегрессионных члена, однократное дифференцирование, одно скользящее среднее и, таким образом, учитывает два предыдущих значения прироста (инерция) и одну прошлую ошибку. Точность прогноза трактуется как высокая (6,3%).

В результате, можно заключить, что все полученные модели временных рядов по группам видов во-

дных животных и растений в той или иной степени пригодны для краткосрочного прогноза.

С помощью полученных прогнозов сравним перспективные изменения объёмов производства групп продукции рыбного хозяйства (рис. 5).

Как видно по рис. 5, спад продукции рыболовства ожидается только по морским и диадромным рыбам. По остальным группам можно отметить заметный разрыв между показателями динамики аквакультуры и рыболовства (темпами роста в процентах). Причём, группы различаются по степени данного разрыва, что отражает дифференциацию условий и факторов развития производства отдельных видов водных животных, входящих в группы, и влияет на формирование структуры отрасли. На рис. 6 представлено сравнение прогнозируемых структур аквакультуры и рыболовства к 2026 году.

В дополнение к информации рис. 6 можно привести следующее наблюдение. По соотношению темпов прироста отдельных групп на рис. 5 и их объёмов производства в табл. 5 прослеживается тенденция к существенному для трёх лет росту увеличению группы «Ракообразные», к которой относится выращивание креветок. Согласно расчёту, рост доли данной группы в мировой аквакультуре по прогнозу составит 1%, благодаря своему объёму производства и опережающим темпам роста, по сравнению с другими основными группами. За счёт этого несколько снизится доля двух крупнейших групп аквакультуры «Пресноводные рыбы» и «Моллюски». Таким образом, в свете вопроса будущих структурных изменений отрасли, динамика производства группы «Ракообразные» заслуживает особого внимания. Кроме того, интерес представляют

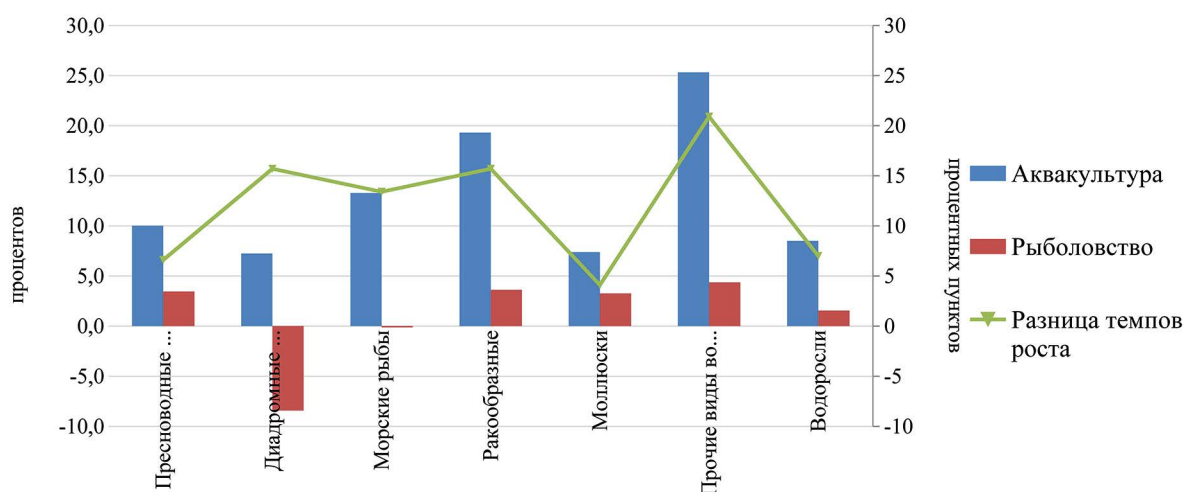


Рис. 5. Сравнение прогнозных темпов прироста аквакультуры и рыболовства в разрезе групп ISSCAAP к 2026 г. по отношению к 2023 г.

Fig. 5. Comparison of projected growth rates of aquaculture and fisheries by ISSCAAP groups by 2026 in relation to 2023

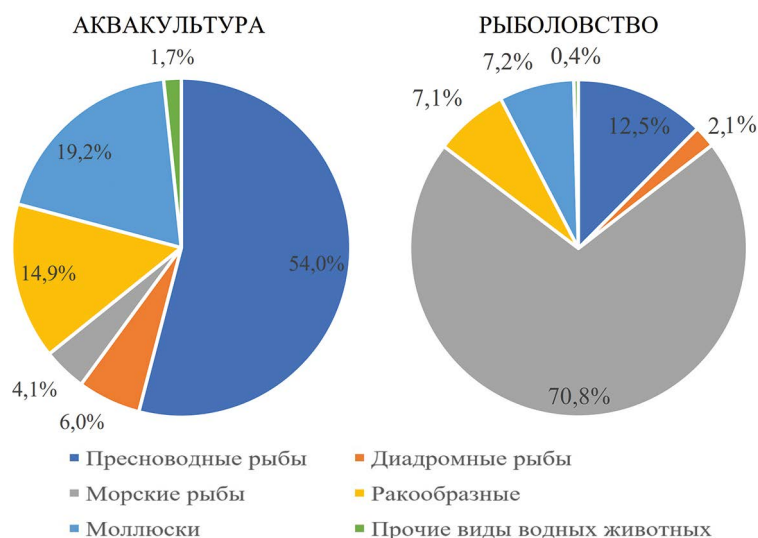


Рис. 6. Структура аквакультуры и рыболовства в разрезе групп ISSCAAP в соответствии с прогнозными объёмами производства на 2026 г.

Fig. 6. Structure of aquaculture and fisheries by ISSCAAP groups according to the projected production volumes for 2026

прогнозируемые объёмы производства диадромных рыб, к которым относится в том числе атлантический лосось, являющийся одним из основных объектов аквакультуры рыб. Указанные вопросы являются предметом дальнейших исследований в области трансформации производства продукции рыбного хозяйства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование выявило разнообразие факторов трансформации рыбного хозяйства на фоне роста преобладания аквакультуры. Статистический анализ показал, что вид культивируемых водных животных во многом определяет характер и интенсивность воздействия этих факторов. Применение аналитических инструментов прогноза подтвердило предположение, что в краткосрочной перспективе наиболее экономически целесообразные направления аквакультуры будут развиваться опережающими темпами, показав заметный рост доли выращивания креветок. Однако в статье доказано, что тезис о безусловном превосходстве экономических аспектов развития аквакультуры является упрощением. Ключевое значение для долгосрочных перспектив имеют причины, связанные с биологическими особенностями объектов культивирования и ограничениями внешней среды. Таким образом, востребованным направлением исследований в области трансформации рыбного хозяйства является не противопоставление секторов рыболовства и аквакультуры, а выявление факторов, определяющих целесообразность и качество продукции в рамках обеих систем. Использование и развитие предложенного в статье подхода к анализу тенденций транс-

формации рыбного хозяйства может способствовать совершенствованию информационно-аналитического обеспечения задач стратегического планирования отраслевого развития и поддержки производителей, разработки реализации мер обеспечения продовольственной безопасности, а также принятия решений в области инвестирования.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

- Аверкиев А.В. 2025. Перспективы расширения отечественного рыболовства в Арктической зоне Российской Федерации // Труды ВНИРО. Т. 202. С. 147–153. DOI 10.36038/2307–3497–2025–202–147–153.
- Анищенко К.И. 2020. Тенденции и перспективы развития мирового рынка рыбы и морепродуктов // Финансовая экономика. № 7. С. 120–124.
- Бабешко Л.О., Бывшев В.А. 2025. Анализ стабильности модели прогнозирования объёмов взаимной торговли России с партнёрами БРИКС // Финансы: теория и практика. Т. 29. № 4. С. 129–145. DOI 10.26794/2587–5671–2025–29–4–1902–01.
- Бекашев К.А., Бекашев Д.А. 2020. Международно-правовые вопросы Целей устойчивого развития по сохранению

- морских экосистем в контексте рыболовства (ЦУР-14) // Рыбное хозяйство. № 5. С. 51–57. DOI 10.37663/0131-6184-2020-5-51-57.
- Богачев А. И. 2018. Обеспечение продовольственной безопасности на основе развития рыбного хозяйства // Вестник НГИЭИ. № 5(84). С. 110–121.
- Борисов Р. Р., Воробьева Л. В., Кряхова Н. В. 2025. Анализ тенденций развития аквакультуры десятиногих ракообразных (Decapoda) в мире // Вопросы рыболовства. Т. 26. № 3. С. 7–26. DOI 10.36038/0234-2774-2025-26-3-7-26.
- Бутакова Н. А., Косенко В. Е. 2023. Международно-правовая защита биологического разнообразия Мирового океана // Неделя науки Санкт-Петербургского гос. морск. техн. ун-та. Т. 1. № 1. С. 93–97.
- Дворянинова О. П., Соколов А. В., Ряднов С. С. 2020. Сравнительная оценка ароматов мяса тилипии, выращенной в условиях аквакультуры России и Китая // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. № 4. С. 79–87.
- Дерюгина И. В. 2023. Аграрная экспортная политика в Индии: 2010–2020-е гг. // Международная торговля и торговая политика. Т. 9. № 1(33). С. 176–188. DOI 10.21686/2410-7395-2023-1-176-188.
- Гаджимирзоев Г. И., Цыпин А. П., Нуйкина Е. Ю. 2024. Анализ динамики производства и внешней торговли рыбной продукцией в России. Перспективы развития отрасли в условиях экономических санкций // Труды ВНИРО. Т. 197. С. 170–176. DOI 10.36038/2307-3497-2024-197-170-176.
- Единак Е. А. 2021. Оценка полных затрат труда в российской экономике с учётом квалификационного уровня работников // Проблемы прогнозирования. № 1(184). С. 94–105. DOI 10.47711/0868-6351-184-94-105.
- Колончин К. В., Бетин О. И., Волошин Г. А. 2021. Государственные меры по развитию рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации. Политика кластеризации. Потенциал развития рыбопромышленных кластеров в Азово-Черноморском бассейне полуострова Крым // Труды ВНИРО. Т. 183. С. 113–126. DOI 10.36038/2307-3497-2021-183-113-126.
- Коник Н. В., Лявина М. Ю., Наянов А. В., Шариков И. В. 2024. Тенденции развития рыбопромышленной отрасли в России // Экономика и предпринимательство. № 12(173). С. 1433–1439. DOI 10.34925/EIP.2024.173.12.259.
- Косов М. Е., Зверева А. О., Ахмадеев Р. Г., Голубцова Е. В. 2025. Усиление роли единого сельскохозяйственного налога в экономическом стимулировании агропромышленного комплекса // Финансы: теория и практика. Т. 20. № 1. С. 106–118. DOI 10.26794/2587-5671-2025-29-1-106-118.
- Кузнецова О. В., Кузнецов А. В. 2022. Разворот России на глобальный Юг как фактор ее регионального развития // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. Т. 15. № 6. С. 110–130. DOI 10.31249/kgt/2022.06.06.
- Лаврикова Ю. Г., Петров М. Б., Кожов К. Б. 2024. Сухой порт Северного морского пути в концепции формирования Урало-Арктического сектора России // Экономика региона. Т. 20. № 2. С. 574–590. DOI 10.17059/ekon.reg.2024-2-15.
- Лосева А. В., Гаджимирзоев Г. И. 2023. Динамика и перспективы развития рыбной отрасли Китая и ее роль в мировой экономике // Труды ВНИРО. Т. 194. С. 218–227. DOI 10.36038/2307-3497-2023-194-218-227.
- Лосева А. В. 2024. Эконометрическое моделирование оборота розничной торговли с использованием инструментов среды программирования R // Прикладная статистика и искусственный интеллект. Т. 1. № 4. DOI 10.62302/asai.2025.4.4.003.
- Макар С. В., Ярашева А. В. 2022. Потребительское поведение россиян: возможности и приоритеты // Народонаселение. № 4. С. 68–78. DOI 10.19181/population.2022.25.4.6.
- Макаров А. Ю., Ушаков В. В. 2023. Роль рыбной промышленности в обеспечении продовольственной безопасности // Теория и практика финансово-хозяйственной деятельности предприятий различных отраслей. Мат. V Нац. (все-росс.) науч.-практ. конф. Керчь, 26–27 октября 2023 года. Керчь: КГМУ. С. 468–473.
- Михайлов В. М. 2025. Оценка эффективности мер регионального протекционизма в аквакультуре // Вестник ГГУ. № 3. С. 580–589.
- Мнацаканян А. Г., Харин А. Г. 2025. Моделирование уровня потребления рыбы и рыбопродуктов в Российской Федерации // Труды ВНИРО. Т. 200. С. 196–205. DOI 10.36038/2307-3497-2025-200-196-205.
- Сажин Ю. В., Катынь А. В., Сарайкин Ю. В. 2013. Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник. Саранск. Изд-во Мордовского университета. 192 с.
- Сенотрусова С. В. 2024. Ретроспективный анализ мирового рыбного хозяйства // Менеджмент в АПК. № 1. С. 18–25. DOI 10.35244/2782-3776-2024-4-1-18-25.
- Труба М. А. 2023. Фактор спроса на рыбу как условие развития аквакультуры // Теория и практика мировой науки. № 5. С. 16–18.
- Хейфец Б. А., Чернова В. Ю. 2022. Новые подходы развитых стран в обеспечении продовольственной безопасности // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. № 1. С. 151–166. DOI 10.31249/kgt/2022.01.07.
- Чеснокова Е. С. 2019. Роль развивающихся стран на мировом рынке рыбы и морепродуктов // Вестник Московского гос. обл. ун-та. Сер.: Естеств. науки. № 1. С. 34–43. DOI 10.18384/2310-7189-2019-1-34-43.
- Яковлев А. Ю., Михайлов В. М. 2025. Факторы, определяющие применение мер регионального протекционизма для развития аквакультуры // Муниципальная академия. № 2. С. 157–167. DOI 10.52176/2304831X_2025_02_157.
- Яркина Н. Н., Логунова Н. А. 2024. Рыбное хозяйство в контексте устойчивой экономики // Труды ВНИРО. Т. 197. С. 142–151. DOI 10.36038/2307-3497-2024-197-142-151.

- Best D.J., Roberts D.E. 1975. Algorithm AS 89: The Upper Tail Probabilities of Spearman's Rho // Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics), V. 24. No. 3. P. 377–379. DOI 10.2307/2347111.
- Boyd C.E., McNevin A.A., Davis R.P. 2022. The Contribution of Fisheries and Aquaculture to the Global Protein Supply // Food Security. No. 14. P. 805–27. DOI 10.1007/s12571-021-01246-9.
- Boyd C.E., Davis R.P., McNevin. A.A. 2021. Perspectives on the Mangrove Conundrum, Land Use, and Benefits of Yield Intensification in Farmed Shrimp Production // Journal of the World Aquaculture Society. V.1. No. 53. P. 8–46. DOI 10.1111/jwas.12841.
- Casanova-Martínez I., Hernández-López E., Signes-Pastor A.J., Sendra E., Carbonell-Barrachina Á.A., Cano-Lamadrid M. 2025. Abiotic pollutant concentrations in fish: A comparative review of wild-caught and aquaculture sources // Food Control. V. 174. DOI 10.1016/j.foodcont.2025.111220.
- Foran J.A., Good D.H., Carpenter D., Hamilton C. 2005. Quantitative Analysis of the Benefits and Risks of Consuming Farmed and Wild Salmon // Journal of Nutrition. V. 135. No. 11. DOI 10.1093/jn/135.11.2639.
- Fry J.P., Mailloux N.A., Love D.C., Milli M.C., Cao L. 2018. Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? // Environmental Research Letters. No. 13. DOI 10.1088/1748-9326/aaa273.
- Grigorakis K., Kogiannou D., Kotsiri M., Kleidas I., de Mello P.H., Habiballah S., Alshaikhi A., Alhafedh Y.S., Mohamed A.H.W. 2025. Freshness and Spoilage Patterns of Wild and Farmed Tropical Fish Species with Major Commercial Importance Originating from Saudi Arabian Waters // Foods. V. 690. No. 14(4). DOI 10.3390/foods14040690.
- Kelai E., Bensalem S., Boufekane B., Hamitouche A.-E., Bachari K., Harchouche K., Bachari N.E.I. 2025. Assessing the nutritional value of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*): Implications for local aquaculture in the central Algerian coast // Journal of Food Composition and Analysis. V.146. DOI 10.1016/j.jfca.2025.107944.
- Menozzi D., Nguyen Thong Tien, Sogari Gi. Taskov D., Lucas S., Castro-Rial J.L.S., Mora C. 2020. Consumers' Preferences and Willingness to Pay for Fish Products with Health and Environmental Labels: Evidence from Five European Countries // Nutrients. V. 12. No. 9. DOI 10.3390/nu12092650.
- Sanz-Fernandez V., Czerwinski I.A., Cabrera-Castro R., Munoz-Lechuga R., Queirolo D., Gutierrez-Estrada J.C., Pulido-Calvo I., Queirolo D. 2026. Univariate approaches for forecasting of commercial octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) landings: comprehensive analysis of traditional time series models, machine learning algorithms and a deep learning algorithm // Fisheries Research. V. 293. DOI 10.1016/j.fishres.2025.107622.
- Siddique M.B., Mahalder B., Haque M.M., Shohan M.H., Biswas J. Ch., Akhtar Sh., Ahammad A.K. Sh. 2024. Forecasting of tilapia (*Oreochromis niloticus*) production in Bangladesh using ARIMA model // Heliyon. V. 10. No. 5. DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e27111.
- Zheng J.-L., Zhu T., Jin W.-Y., Zhan Q.-H., Wan F.-G., Chen Y.-L. 2025. Comparative analysis of carotenoids, fatty acids, minerals, tastes, and odor in the skin of wild versus farmed large yellow croaker: Superior nutritional benefits with elevated heavy metal risks // Aquaculture V. 594. DOI 10.1016/j.aquaculture.2024.741471.

REFERENCES

- Averkiev A.V. 2025. Prospects for Expanding Domestic Fisheries in the Russian Arctic. // Trudy VNIRO. V. 202. P. 147–153. DOI 10.36038/2307-3497-2025-202-147-153. (In Russ.).
- Anishchenko K.I. 2020. Trends and Prospects for the Development of the Global Fish and Seafood Market // Financial Economics. No. 7. P. 120–124. (In Russ.).
- Babeshko L.O., Byvshev V.A. 2025. Analysis of the stability of the model for forecasting mutual volumes Russia's trade with BRICS partners // Finance: Theory and Practice. V.29. No. 4. P. 129–145. DOI 10.36038/2307-3497-2025-202-147-153. (In Russ.).
- Bekyashev K.A., Bekyashev D.A. 2020. International Legal Issues of the Sustainable Development Goals for the Conservation of Marine Ecosystems in the Context of Fisheries (SDG-14) // Fisheries. No. 5. P. 51–57. DOI 10.37663/0131-6184-2020-5-51-57. (In Russ.).
- Bogachev A.I. 2018. Ensuring Food Security through the Development of Fisheries // Bulletin of NGIEI. No. 5(84). P. 110–121. (In Russ.).
- Borisov R.R., Vorob'eva L.V., Kryakhova N.V. 2025. Analysis of Decapoda aquaculture development trends in the world // Fisheries Issues. V. 26. No. 3. P. 7–26. DOI 10.36038/0234-2774-2025-26-3-7-26. (In Russ.).
- Butakova N.A., Kosenko V.E. 2023. International Legal Protection of the Biological Diversity of the World Ocean // Science Week of the Saint Petersburg State Marine Techn. Univ. V. 1. No. 1. P. 93–97. (In Russ.).
- Dvoryaninova O.P., Sokolov A.V., Ryadnov S.S. 2020. Comparative evaluation of the flavors of tilapia meat grown in the conditions of aquaculture in Russia and China // Technologies for the Food and Processing Industry of AIC – Healthy Food. No. 4. P. 79–87.
- Deryugina I.V. 2023. Agricultural Export Policy in India: 2010–2020s // International Trade and Trade Policy. V. 9, No. 1(33). P. 176–188. DOI 10.21686/2410-7395-2023-1-176-188. (In Russ.).
- Gadzhimirzoev G.I., Tsy-pin A.P., Nuykina E.Y. 2024. Analysis of the dynamics of production and foreign trade of fish products in Russia. Prospects for the development of the industry in the context of economic sanctions // Trudy VNIRO. V. 197. P. 170–176. DOI 10.36038/2307-3497-2024-197-170-176. (In Russ.).
- Edinak E.A. 2021. Estimation of Total Labor Costs in the Russian Economy Taking into Account the Qualification

- Level of Employees // *Problemy Prognozirovaniya*. V. 184. No. 1. P. 94–105. (In Russ.)
- Kolonchin K.V., Betin O.I., Voloshin G.A.* State measures for the development of the fisheries complex of the Russian Federation. Clustering policy. Development potential of fishing clusters in the Azov-Black Sea basin of the Crimean Peninsula // *Trudy VNIRO*. V. 183. P. 113–126. DOI 10.36038/2307–3497–2021–183–113–126. (In Russ.)
- Konik N.V., Lyavina M.Yu., Nayanov A.V., Sharikov I.V.* 2024. Trends in the Development of the Fishing Industry in Russia // *Economy and Entrepreneurship*. V.173. No. 12. P. 1433–1439. DOI 10.34925/EIP.2024.173.12.259. (In Russ.)
- Kosov M.E., Zvereva A.O., Akhmadeev R.G., Golubtsova E.V.* 2025. Strengthening the role of the unified agricultural tax in economic incentives of the agro-industrial complex // *Finance: Theory and Practice*. V. 29. No.1. P. 106–118. DOI 10.26794/2587–5671–2025–29–1–106–118. (In Russ.)
- Kuznetsova O.V., Kuznetsov A.V.* 2022. Russia's Pivot to the Global South as a Factor of Its Regional Development // *Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law*. V 15. No. 6. P. 110–130. DOI 10.31249/kgt/2022.06.06. (in Russ.)
- Lavrikova Yu.G., Petrov M.B., & Kozhov K.B.* 2024. The Dry Port on the Northern Sea Route in the Formation of the Ural-Arctic Sector of Russia // *Economy of regions*. V. 20. No. 2. P. 574–590. DOI 10.17059/ekon.reg.2024–2–15. (In Russ.)
- Loseva A.V., Gadzhimirzoev G.I.* 2023. Dynamics and prospects of development of China's fishing industry and its role in the global economy // *Trudy VNIRO*. V. 194. P. 218–227. DOI 10.36038/2307–3497–2023–194–218–227. (In Russ.)
- Loseva A.V.* 2024. Econometric modeling of retail trade turnover using the tools of the R programming environment // *Applied Statistics and Artificial Intelligence*. V. 1. No. 4. DOI 10.62302/asai.2025.4.4.003. (In Russ.)
- Makar S.V., Yarasheva A.V.* 2022. Consumer behavior of Russians: opportunities and priorities // *Narodonaselenie [Population]*. V. 25. No. 4. P. 68–78. DOI 10.19181/population.2022.25.4.6. (In Russ.)
- Makarov A.Yu., Ushakov V.V.* 2023. The Role of the Fishing Industry in Ensuring Food Security // *Theory and Practice of Financial and Economic Activities of Enterprises in Various Industries. Proc. of the V Nat. (All-Russian) Scient. and Pract. Conf., Kerch, October 26–27, 2023. Kerch: KSMTU*. P. 468–473. (In Russ.)
- Mikhailov V.M.* 2025. Assessing the Effectiveness of Regional Protectionism Measures in Aquaculture // *Vestnik of Gjel State University*. No. 3. P. 580–589. (In Russ.)
- Mnatsakanyan A.G., Kharin A.G.* 2025. Model of fish and fish product consumption in the Russian federation // *Trudy VNIRO*. V. 200. P. 196–205. DOI 10.36038/2307–3497–2025–200–196–205. (In Russ.)
- Sazhin Yu.V., N., Katyn A.V., Saraykin Yu.V.* 2013. Time series analysis and forecasting: textbook. Saransk: Mordovian SU. 192 pp. (In Russ.)
- Senotrusova S.V.* 2024. Retrospective Analysis of the Global Fisheries Industry // *Management in the Agro-Industrial Complex*. No. 1. P. 18–25. DOI 10.35244/2782–3776–2024–4–1–18–25. (In Russ.)
- Truba M.A.* 2023. The Demand Factor for Fish as a Condition for Aquaculture Development // *Theory and Practice of World Science*. No. 5. P. 16–18. (In Russ.)
- Kheifets B.A., Chernova V.Y.* 2022. Changing Food Security Strategies in the Developed Countries // *Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law*. V. 15. No. 1. P. 151–166. DOI 10.31249/kgt/2022.01.07. (In Russ.)
- Chesnokova E.S.* 2019. The Role of Developing Countries in the Global Fish and Seafood Market // *Bull. of Moscow State Reg. Univ. Ser.: Natural Sciences*. No. 1. P. 64–43. DOI 10.18384/2310–7189–2019–1–34–43. (In Russ.)
- Yakovlev A.Yu., Mikhailov V.M.* 2025. Factors Determining the Application of Regional Protectionism Measures for the Development of Aquaculture // *Municipal Academy*. No. 2. P. 157–167. DOI 10.18384/2310–7189–2019–1–34–43. (In Russ.)
- Yarkina N.N., Logunova N.A.* 2024. Fisheries in the Context of a Sustainable Economy // *Trudy VNIRO*. V. 197. P. 142–151. DOI 10.36038/2307–3497–2024–197–142–151. (In Russ.)
- Best D.J., Roberts D.E.* 1975. Algorithm AS 89: The Upper Tail Probabilities of Spearman's Rho // *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, V. 24. No. 3. P. 377–379. DOI 10.2307/2347111.
- Boyd C.E., McNevin A.A., Davis R.P.* 2022. The Contribution of Fisheries and Aquaculture to the Global Protein Supply // *Food Security*. No. 14. P. 805–27. DOI 10.1007/s12571–021–01246–9.
- Boyd C.E., Davis R.P., McNevin A.A.* 2021. Perspectives on the Mangrove Conundrum, Land Use, and Benefits of Yield Intensification in Farmed Shrimp Production // *Journal of the World Aquaculture Society*. V.1. No. 53. P. 8–46. DOI 10.1111/jwas.12841.
- Casanova-Martínez I., Hernández-López E., Signes-Pastor A.J. Sendra E., Carbonell-Barrachina Á.A., Cano-Lamadrid M.* 2025. Abiotic pollutant concentrations in fish: A comparative review of wild-caught and aquaculture sources // *Food Control*. V. 174. DOI 10.1016/j.foodcont.2025.111220.
- Foran J.A., Good D.H., Carpenter D., Hamilton C.* 2005. Quantitative Analysis of the Benefits and Risks of Consuming Farmed and Wild Salmon // *Journal of Nutrition*. V. 135. No. 11. DOI 10.1093/jn/135.11.2639.
- Fry J.P., Mailloux N.A., Love D.C., Milli M.C., Cao L.* 2018. Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? // *Environmental Research Letters*. No. 13. DOI 10.1088/1748–9326/aaa273.
- Grigorakis K., Kogiannou D., Kotsiri M., Kleidas I., de Mello P.H., Habiballah S., Alshaikhi A., Alhafedh Y.S., Mohamed A.H.W.* 2025. Freshness and Spoilage Patterns of Wild and Farmed Tropical Fish Species with Major Commercial Importance Originating from Saudi Arabian Waters // *Foods*. V. 690. No. 14(4). DOI 10.3390/foods14040690.
- Kelai E., Bensalem S., Boufekane B., Hamitouche A.-E., Bachari K., Harchouche K., Bachari N.E.I.* 2025. Assessing the

- nutritional value of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*): Implications for local aquaculture in the central Algerian coast // *Journal of Food Composition and Analysis*. V.146. DOI 10.1016/j.jfca.2025.107944.
- Menozzi D., Nguyen Thong Tien, Sogari Gi. Taskov D., Lucas S., Castro-Rial J.L.S., Mora C.* 2020. Consumers' Preferences and Willingness to Pay for Fish Products with Health and Environmental Labels: Evidence from Five European Countries // *Nutrients*. V. 12. No. 9. DOI 10.3390/nu12092650.
- Sanz-Fernandez V., Czerwinski I.A., Cabrera-Castro R., Munoz-Lechuga R., Gutierrez-Estrada J.C., Pulido-Calvo I., Queirolo D.* 2026. Univariate approaches for forecasting of commercial octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) landings: comprehensive analysis of traditional time series models, machine learning algorithms and a deep learning algorithm // *Fisheries Research*. V. 293. DOI10.1016/j.fishres.2025.107622.
- Siddique M.B., Mahalder B., Haque M.M., Shohan M.H., Biswas J. Ch., Akhtar Sh., Ahammad A. K. Sh.* 2024. Forecasting of tilapia (*Oreochromis niloticus*) production in Bangladesh using ARIMA model // *Heliyon*. V. 10. No. 5. DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e27111.
- Zheng J.-L., Zhu T., Jin W.-Y., Zhan Q.-H., Wan F.-G., Chen Y.-L.* 2025. Comparative analysis of carotenoids, fatty acids, minerals, tastes, and odor in the skin of wild versus farmed large yellow croaker: Superior nutritional benefits with elevated heavy metal risks // *Aquaculture* V. 594. DOI 10.1016/j.aquaculture.2024.741471.

Поступила в редакцию 26.02.2026 г.
Принята после рецензий 27.04.2026 г.



УДК 639.2.053:910.4:29.564.5 (267.25)

Информация. Экспедиции ВНИРО

Большая Африканская Экспедиция: научно-промысловые работы у берегов Мозамбика на СТМ «Атлантида» в 2025 г. Предварительные результаты

К. В. Бандурин^{1,2}, Г. Е. Маслянкин¹, Е. М. Гербер¹, О. Ю. Краснобородько¹

¹Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»), ул. Дм. Донского, 5, Калининград, 236022

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

E-mail: maslyankin@atlant.vniro.ru

SPIN-код: К. В. Бандурин – 4296–5380; Г. Е. Маслянкин – 8473–9191; Е. М. Гербер – 6327–2404; О. Ю. Краснобородько – 4753–7242

Цель: представить предварительные результаты исследований состояния запасов водных биологических ресурсов и среды их обитания в районе Мозамбика.

Материалы и методы: в зоне Мозамбика в марте-мае 2025 г. на СТМ «Атлантида» выполнена донная траловая съёмка по оценке биомассы демерсальных рыб и беспозвоночных. Комплексные работы включали также гидрометеорологические, океанологические, гидрохимические, гидробиологические и ихтиологические исследования. Работы выполнялись в соответствии с современными российскими и международными методиками.

Результаты: условия среды характеризовались следующими особенностями: изменчивостью параметров погоды от 7 до 30 суток, активным меандрированием Мозамбикского течения, заметным распреснением поверхностных вод (0–10 м), наличием нескольких выраженных слоев скачка термохалинных и гидрохимических показателей вод в диапазоне глубин от поверхности до 1000 м. Распределение сестона и хлорофилла «а» было тесно связано с участками подъёма вод, а также с поступлением на шельф биогенов с речным стоком. Общая суммарная оценённая биомасса водных биологических ресурсов составила 246 тыс. т. Структура демерсального сообщества характеризовалась большим видовым разнообразием – 611 видов рыб, 258 таксонов беспозвоночных. Среди рыб наибольшую биомассу имели индийская сигарная ставрида, обыкновенная рыба-сабля, полорылы, лессепсийская заурида. Около 15% от общего объёма биомассы приходилось на беспозвоночных. Акустическое сопровождение съёмки не выявило значительных промысловых скоплений рыбы или беспозвоночных.

Научная новизна: получены актуальные современные данные о состоянии запасов водных биологических ресурсов и среде их обитания.

Практическая значимость: полученные результаты будут использованы при оценке перспектив промысла и подготовке рекомендаций по управлению рыболовством в районе Мозамбика.

Ключевые слова: Мозамбик, траловая донная съёмка, Большая Африканская Экспедиция, состояние запасов, водные биоресурсы, условия среды.

The Great African Expedition: fisheries research near the coast of Mozambique on the RV «Atlantida» in 2025. Preliminary results

Konstantin V. Bandurin^{1,2}, Gregory E. Maslyankin¹, Efim M. Gerber¹, Oleg Yu. Krasnoborodko¹

¹Atlantic branch of VNIRO («AtlantNIRO»), 5, Dm. Donskoy St., Kaliningrad, 236022, Russia

²Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

Objective: To present preliminary results of a study of the status of aquatic biological resources and their habitats in the Mozambique area.

Materials and Methods: A bottom trawl survey was conducted in the Mozambique area from March to May 2025 on the STM Atlantis to estimate the biomass of demersal fish and invertebrates. The comprehensive survey also included hydrometeorological, oceanographic, hydrochemical, hydrobiological, and ichthyological studies. The work was carried out in accordance with modern Russian and international methodologies.

Results: The environmental conditions were characterized by the following features: variability of weather parameters from 7 to 30 days, active meandering of the Mozambique Current, noticeable freshening of surface waters (0–10 m), the presence of several pronounced layers of jumps in thermohaline and hydrochemical parameters of waters in the depth range from the surface to 1000 m. The distribution of seston and chlorophyll «a» was closely associated with areas of water upwelling, as well as with the influx of biogens onto the shelf with river runoff. The total estimated biomass of aquatic biological resources was 246,000 tons. The demersal community was characterized by high species diversity – 611 fish species and 258 invertebrate taxa. Among fish, the largest biomass was observed among the cigar jack mackerel, common scimitarfish, cleavers, and

Lessepsian saurid. Invertebrates accounted for approximately 15% of the total biomass. Acoustic monitoring of the survey did not reveal significant commercial aggregations of fish or invertebrates.

Novelty: Up-to-date data on the status of aquatic biological resources and their habitats were obtained.

Practical Relevance: The results will be used to assess fishery prospects and prepare recommendations for fisheries management in the Mozambique area.

Keywords: Mozambique, trawl bottom survey, Great African Expedition, stock conditions, aquatic bioresources, environmental conditions.

На I и II Саммитах «Россия – Африка» в 2019 г. (г. Сочи, Россия) и 2023 г. (г. Санкт-Петербург, Россия) были приняты решения о сотрудничестве в области морского рыболовства. Долгосрочный характер этого сотрудничества получил подтверждение в ноябре-декабре 2023 г., когда были выработаны и утверждены предложения о выполнении совместных ресурсных исследований, цель которых – оказание помощи странам Африки в разработке и эксплуатации их водных биологических ресурсов (ВБР). В декабре 2023 г. в ходе заседания Совета по науке при руководителе Росрыболовства было принято решение о проведении Большой Африканской Экспедиции (БАЭ) и включении ее в Перечень приоритетных морских и пресноводных экспедиционных исследований ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» на 2024 г. Решения были закреплены распоряжением Правительства РФ от 19 июня 2024 г. № 1538-р¹, и планами проведения экспедиций на 2024–2026 гг.^{2,3}.

В рамках программы Большой Африканской Экспедиции на СТМ К-1704 «Атлантида» в период с 22 марта по 10 мая 2025 г. в территориальных водах и исключительной экономической зоне Мозамбика была проведена комплексная рыбохозяйственная съёмка. Работы проводились на акватории между 26°02'–11°21' ю.ш., 33°02'–41°36' в.д. над шельфом и верхней частью континентального склона в диапазоне глубин от 30 до 1000 м (рис. 1). Исследования выполнялись в соответствии с методиками, принятыми в Атлантическом филиале ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»), ФАО, ИКЕС. Общий объём исследований приводится в табл. 1.

Метеорологические наблюдения проводились на каждой гидрологической станции и в стандартные

Таблица 1. Объём исследований, выполненных у берегов Мозамбика в период 22 марта – 10 мая 2025 г.

Table 1. Volume of research carried out off the Mozambique, 22 March – 10 May 2025

Показатель	Количество
Траления, ед.	132
Промерено рыб, экз.	24344
Проанализировано рыб, экз.	7291
Взято проб на возраст рыб, экз.	767
Промерено беспозвоночных, экз.	9541
Проанализировано беспозвоночных, экз.	5524
Гидрологические станции, ед.	117
Притраловые гидрологические станции, ед.	128
Гидрохимические определения, ед.	5790
в том числе:	
Кислород	1158
Фосфаты	1158
Кремний	1158
Нитриты	1158
pH	1158
Гидробиологические станции, ед.	59
Пробы фитопланктона, ед.	94
Пробы воды на хлорофилл «а», ед.	305
Пробы зоопланктона, ед.	59
Пробы ихтиопланктона, ед.	59
Пройдено с акустическим сопровождением, морских миль	3188

синоптические сроки: 00, 06, 12 и 18 часов UTC. Собирался и анализировался полный комплекс данных о состоянии погоды, поверхности океана, метеорологических явлениях [Наставление ..., 1979, 2011].

В марте-мае 2025 г. наблюдался характерный для тропического климатического пояса погодный режим в южной части района исследований и характерный для зоны тропических муссонов погодный режим в северной его части. Атмосферное давление изменялось от 1012 до 1024 мб с периодами от 7 до 30 суток, что обуславливалось проникновением в район циклонов с юга и региональными мезомасштабными колебаниями атмосферной циркуляции. С этой же периодичностью изменялась скорость ветра – наименьшие показатели в месячном цикле отмечались

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 июня 2024 г. №1538-р по обеспечению проведения в 2024-2025 гг. научно-исследовательской экспедиции по оценке состояния запасов водных биологических ресурсов в исключительных экономических зонах стран Африки. <http://government.ru/docs/all/153972/>

² Государственное задание ФГБНУ «ВНИРО» № 076-00005-25-00 на 2025 г. и на плановый период 2026 и 2027 гг., утвержденное 25 декабря 2024 г.

³ План проведения ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биоресурсов Мирового океана за пределами исключительной экономической зоны Российской Федерации на 2024 и 2025 гг., утвержденный 19 июля 2023 г. и 20 августа 2024 г.

в III декадах марта и апреля (2,0–7,0 м/с), наибольшие – в I декадах апреля и мая (7,0–13,0 м/с). Температура воздуха имела малую суточную и месячную амплитуду – 3–5 °С и 0,5 °С соответственно. Средняя температура воздуха составила 27,7 °С, средняя облачность – 4 балла. Повторяемость ветров юго-восточных румбов силой от 1–2 до 3–4 баллов составила 71%. При прохождении циклонов отмечались ветры северных направлений (повторяемость 18%).

Океанологические и гидрохимические исследования. Работы выполнялись по сетке станций, равномерно распределённых в районе исследований (рис. 1) с помощью океанологического комплекса SBE 19plusV2 (США)⁴. Станции выполнялись до дна или глубины 1000 м с определением на стандартных горизонтах гидрохимических показателей. Расчет скоростей

и направлений геострофических течений выполнялся динамическим методом в программе обработки данных океанографических наблюдений «OBZerver 3.1» (разработка Атлантического филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»)⁵. Идентификация водных масс в районе исследований выполнялась в рамках классификации, представленной в (Emery, Meincke, 1986) методом сопоставления полученных TS-диаграмм с обобщенной TS-диаграммой для Индийского океана с учетом региональных особенностей. Притраловые океанологические станции выполнялись с помощью гидрологических зондов SBE 19plusV2 и Daowan DW1636 (Китай)⁶ путём крепления зонда к орудью лова или СТД-профилированием слоя воды, в котором производился облов ВБР, по завершении каждого контрольного траления. Гидрохимические работы включали анализ

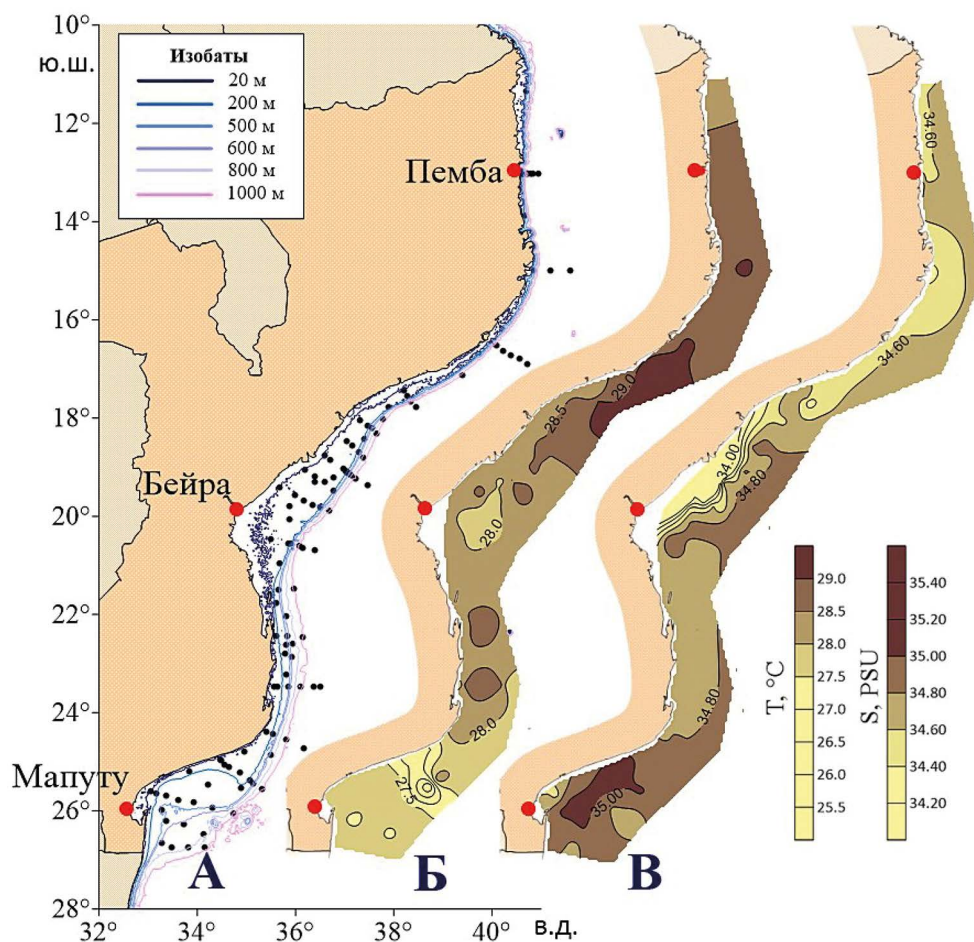


Рис. 1. Комплексные гидрологические СТД-станции (А). Термохалинные характеристики на поверхности: Б – температура, В – солёность

Fig. 1. Complex hydrological CTD-stations (A). Thermohaline characteristics of the surface: Б – temperature; В – salinity

⁴ SBE 19plus V2 SeaCAT CTD. <https://www.seabird.com/products/sbe-19plus-v2-seacat-ctd>. 27.03.2026

⁵ Атлантический филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» <https://atlant.vniro.ru/index.php/laboratoriya-promyslovoj-okeanologii> 08.05.2026

⁶ Модель DW16 CTD. https://www.technopolecom.ru/downloads/doc_219.pdf. 27.03.2026

проб воды для определения содержания биологически важных показателей: растворённый кислород (O_2), фосфаты (PO_4), силикаты (Si), водородный показатель (pH). Содержание растворённого в воде кислорода определялось йодометрическим методом Винклера на титровальном стенде Dosimat-865 (Швейцария). Концентрация фосфатов в воде определялась по методу Морфи-Райли. Концентрация силикатов определялась методом кремнемолибденового комплекса, нитритов – фотометрическим методом с использованием реактива Грисса. Оптическая плотность растворов измерялась при длинах волн 882, 810, 543 нм на спектрофотометре UNICO-M-1201 (Россия). pH измеряли иономером И-160МИ (Россия) [Методические ..., 1980⁷; Руководство ..., 2003].

В период работ океанологические условия характеризовались следующими основными особенностями: существенные различия термохалинного режима эпипелагиали (0–200 м) в северной и южной частях района исследований, высокий уровень распреснения поверхностных вод под влиянием речного стока, низкие скорости поверхностных течений и высокая степень их меандрирования, выраженная термохалинная и гидрохимическая стратификация водяного столба.

Термические условия в южной и северной частях вод у Мозамбика были существенно разными вследствие регулирующей роли Мозамбикского пролива, разделяющего гидрологические факторы высоких и низких широт Индийского океана. Условной границей на стыке умеренно прогретых вод юга (27,0–28,0 °С) и более прогретых вод севера (28,5–29,2 °С) можно считать параллели 17–18° ю.ш. (см. рис. 1). В мезопелагиали (200–800 м), где температурный фон в большей степени формировался под влиянием вертикальных движений вод, существенных его различий на севере и юге не отмечалось.

По характеру распределения солёности в поверхностном слое южная часть района с повышенными величинами (более 34,80 PSU) контрастировала с северной частью, где она была ниже 34,70 PSU. Наибольшая степень распреснения отмечалась в слое 0–20 м в акватории, прилегающей к дельте крупнейшей реки Юго-Восточной Африки – Замбези, ее средний годовым расход составляет примерно 7 тыс. м³/с. В мезопелагиали величины солёности варьировали от 35,15 до 35,00 PSU (см. рис. 1).

Гидродинамическая ситуация характеризовалась значительным уровнем меандрирования по-

верхностных геострофических течений генерального юго-западного направления со скоростями от 0,05 до 0,8 м/с, являющихся частью тёплого Мозамбикского поверхностного течения. На акватории сформировались несколько циклонических циркуляционных ячеек с центрами на 17°30', 21°00', 26°00' ю.ш., в пределах которых происходил подъём глубинных вод в фотический слой, отмечались пониженная температура, солёность воды, содержание кислорода и нитритов (на 0,5–3,0 °С, 0,05–0,30 PSU, 0,2–0,6 мл/л, 0,10–0,20 мкг-ат/л соответственно), повышенные концентрации фосфатов и силикатов (1,20–1,80 мкг-ат/л, 0,30–0,90 мкг-ат/л соответственно). Следует отметить, что мезомасштабная вихревая активность является характерной чертой океанологического режима исследуемого района. Ежегодно здесь выявляются около 100 вихрей, формирующих аномальные выбросы термохалинных характеристик вод [Bai et al., 2024].

Пространственное распределение гидрохимических характеристик вод носило ярко выраженный ячеистый характер (рис. 2). В поверхностном слое концентрации растворённого в воде кислорода варьировали от 5,0–5,2 мл/л до 4,6–5,0 мл/л, фосфатов – от 0,2 до 0,6 мкг-ат/л, силикатов и нитритов – от 0,2 до 4,0 мкг-ат/л и от 0,2 до 0,5 мкг-ат/л соответственно, среднее значение pH в слое 0–1000 м составляло 8,02.

Анализ водных масс у берегов Мозамбика в марте-мае 2025 г. позволил выделить несколько их типов (рис. 3): слой 0–30 м – смешение поверхностных вод (ПВ) и сильно трансформированной индийской экваториальной водной массы (ТИЭВ); слой 30–250 м – трансформированная южноиндийская центральная водная масса (тЮИЦВ); слой 250–800 м – нетрансформированная южноиндийская центральная водная масса (ЮИЦВ); слой 800–1000 м – водные массы, образованные смешением ЮИЦВ, трансформированной антарктической промежуточной водной массы (тАА-ПрВ) и сильно трансформированной красноморско-персидской промежуточной водной массы (тКППрВ).

Гидробиологические исследования выполнялись с целью определения видового состава и количественных показателей содержания фито-, зоо- и иктиопланктона (рис. 4). Пробы фитопланктона, фотосинтетических пигментов (хлорофилл «а», «b», «с») отбирались на гидрологических станциях с поверхности и на глубине максимального содержания хлорофилла по данным флуориметра SeaPoint SCF (США) [Сорокин, 1979; Saville, 1977]. Содержание хлорофиллов, сконцентрированных на мембранных фильтрах МФАС МА-6 (Россия) с диаметром пор 0,3 мкм, определялось спектрофотометрическим методом на

⁷ Методические указания по производству океанологических работ на судах Запрыбпромразведки. 1980. Калининград: ВРПО Запрыба. 206 с.

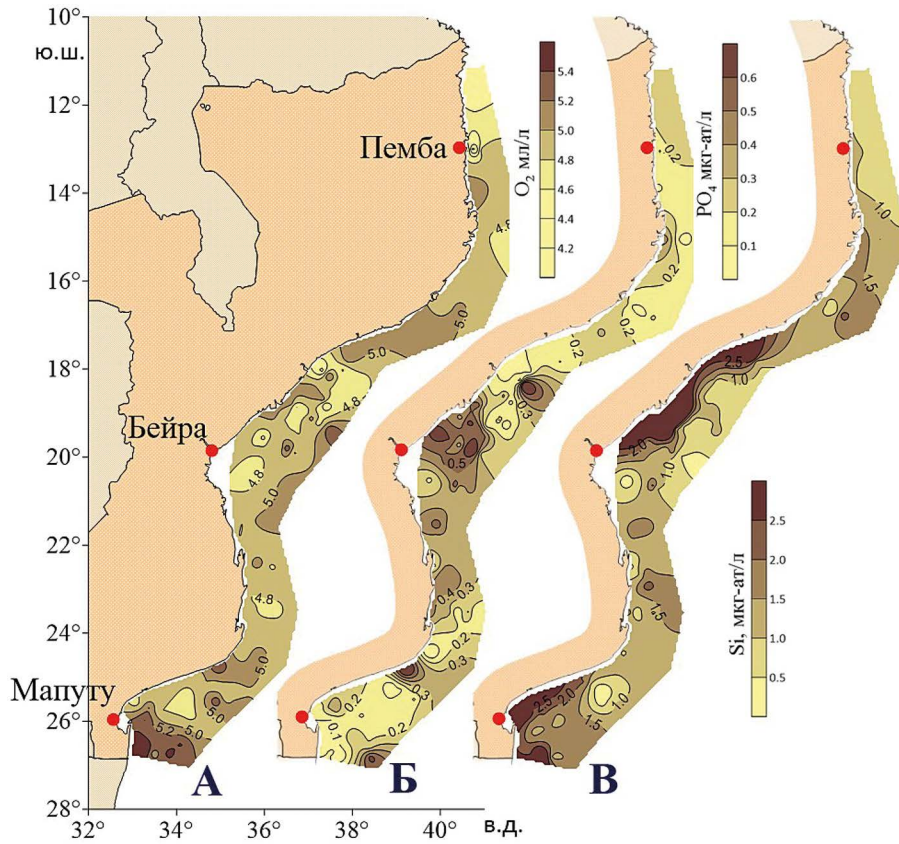


Рис. 2. Гидрохимические показатели на поверхности: А – кислород; Б – фосфаты; В – силикаты
 Fig. 2. Hydrochemical indicators on the surface: А – oxygen; Б – phosphates; В – silicates

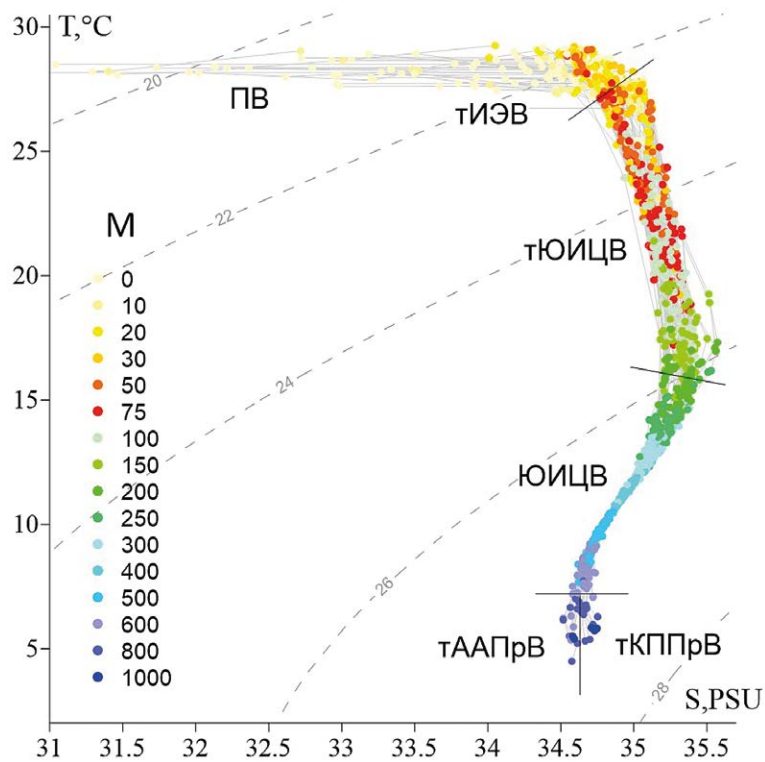


Рис. 3. Водные массы (расшифровка сокращений в тексте)
 Fig. 3. Water masses (explanation of abbreviations in the text)

спектрофотометре LEKI SS2107 (Финляндия) согласно ГОСТ 17.1.04.02-90 [Инструкция ..., 1977⁸]. Пробы зоо- и ихтиопланктона собирались в светлое время суток над глубинами 20–1000 м. Применялся спаренный планктонсорборщик «Бонго-20». Использовались капроновые сети № 19 (для сбора ихтиопланктона, шаг ячеи 417 мкм) и № 38 (для сбора зоопланктона, шаг ячеи 168 мкм). Облов производился на скорости 2–3 узла путём ступенчато-косого траления в течение 3 мин. на каждом из стандартных горизонтов – 100, 50, 35, 25, 10 и 0 м [Методические указания ..., 1983⁹].

В большинстве собранных у берегов Мозамбика проб визуально преобладали планктонные ракообразные, лишь в единичных пробах в центральной части доминировали желетелые – медузы и гребневки. Биомасса сестона изменялась от 0,03 до 0,60 г/м³, средневзвешенное значение плотности сестона для всего района исследований составило 0,07 г/м³. Наиболее продуктивная зона с высокой плотностью сестона совпадала с устьевыми участками крупных

рек региона – р. Замбези и р. Лимпопо, где отмечались пониженная солёность и высокие концентрации биогенов (см. рис. 4). Также повышенные концентрации хлорофилла здесь могли быть связаны с выносом непосредственно речного органического вещества, содержащего хлорофилл.

Поверхностные воды характеризовались в целом низким содержанием фотосинтетических пигментов (0,10–0,25 мг/м³), что типично для тропических вод, и низкой биологической продуктивностью, за исключением прибрежного мелководного участка в районе Софальской банки с глубинами 20–32 м, где отмечена концентрация хлорофилла 0,50–1,30 мг/м³, ассоциированного с выносами рек Саве, Пунге и Замбези (см. рис. 4). В слое с максимальной флуоресценцией хлорофилла, который находился на глубинах от 15 до 95 м (в прибрежных районах он обычно локализовывался в придонном слое, а над большими глубинами располагался в слое скачка плотности воды), его концентрация была в несколько раз выше, а на от-

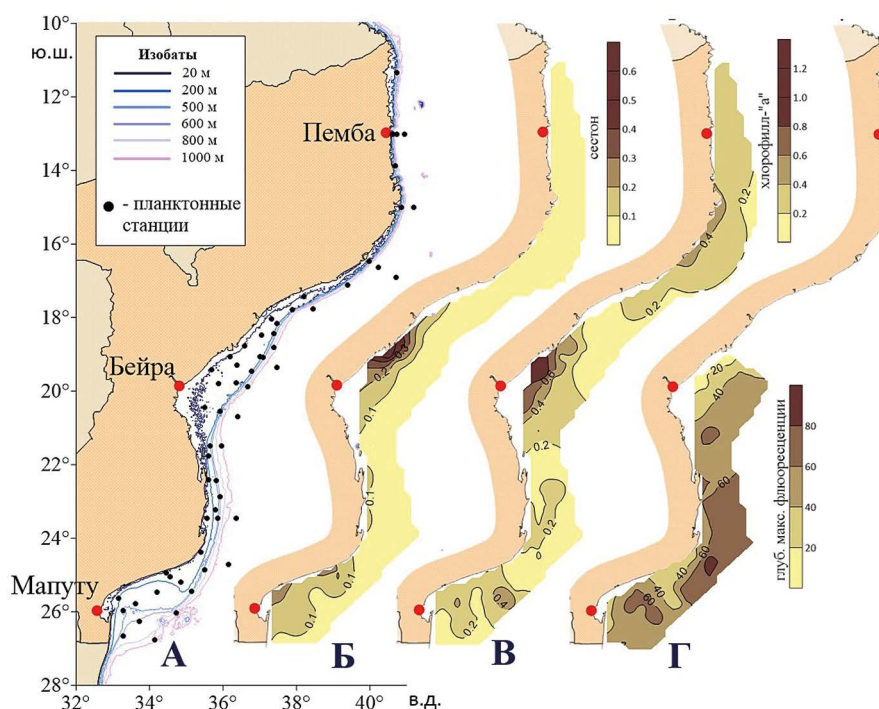


Рис. 4. Планктонные станции (А), гидробиологические показатели: Б – сестон на поверхности, в г/м³; В – концентрация хлорофилла «а» на поверхности, в мг/м³; Г – глубина слоя максимальной флуоресценции, в м

Fig. 4. Plankton stations (A), hydrobiological indicators: Б – seston on the surface, in g/m³; В – chlorophyll-«a» concentration on the surface, in mg/m³; Г – depth of the layer of maximum fluorescence, in m ()

⁸ Инструкция по производству биологических работ и первичной обработке полученных данных на судах Запрыбпромразведки. 1977. Калининград: ВРПО Запрыба. 200 с.

⁹ Методические указания по сбору проб зоо- и ихтиопланктона планктонсорборщиком «Бонго» и их обработке. 1983. Калининград: АтлантНИРО. 36 с.

дельных станциях и до 10 раз, чем в смежных слоях воды. По распределению концентрации фотосинтетических пигментов в этом слое выделялись несколько зон с максимальной концентрацией хлорофилла от 1,03 до 2,1 мг/м³ – прибрежные мелководные зоны

у бухты Мапуто, зона севернее г. Бейра, шельфовый участок в районе Боа-Паз.

Структура и характеристика уловов учётных тралений. Донная съёмка демерсальных организмов выполнялась путём деления акватории съёмки на страты в диапазоне глубин от 20 до 800 м. Позиции тралений по пятиминутным квадратам выбирались генератором случайных чисел (рис. 5). Траления выполнялись донным тралом Хек-4М в дневное время суток. Применялись донно-пелагические траловые доски «Тибурон» (Дания) площадью 5 м² весом 1300 кг каждая. Скорость судна при тралениях не превышала 3,5 узла, продолжительность тралений составляла 30 минут, на сложных грунтах – до 15 минут. Для определения точного момента посадки на грунт трала использовался зонд СИ-1010 (Россия) [Методическое руководство ..., 2006; Gulland, 1975¹⁰; Saville, 1977]. Абсолютная биомасса донных организмов рассчитывалась путём сопоставления минимальной биомассы и коэффициента уловистости, который для рыб составлял 0,5, для головоногих и ракообразных 0,2.

Всего в ИЭЗ Мозамбика было идентифицировано 611 таксонов рыб и 258 таксонов беспозвоночных. В суммарном вылове доминировали следующие виды рыб и беспозвоночных: индийская сигарная ставрида (*Decapterus russelli* (Rüppell, 1830) – 7,9%; лессепсийская заурида (*Saurida lessepsianus* (Russell, Golani & Tikochinski, 2015) – 6,3%; сцифоидные медузы (*Scyphozoa* gen. spp.) – 5,4%; обыкновенная рыба-сабля (*Trichiurus lepturus* (L., 1758) – 4,5%; кальмары (*Theuthida* gen. spp.) – 3,6% (из них гавайский летающий кальмар (*Nototodar* *hawaiiensis* (Berry, 1912) – 1,1) и другие; креветки (представители суперсемейств Penaeoidea, Sergestoidea и инфраотряда Caridea) – 1,5% (из них креветка-нож (*Haliporoides triarthrus* (Stebbing, 1914) – 0,3% и другие); настоящие крабы (*Brachyura* gen. spp.) – 0,8%; лангусты (представители суперсемейств Achelata и Polychelida) – 0,6% (из них колючий лангуст Наталя (*Palinurus delagoae* (Barnard, 1926) – 0,3% и другие) и прочие виды.

Уловы основных объектов за 30-минутное траление составили (тонн): индийская сигарная ставрида – 4,7; лессепсийская заурида – 3,8; сцифоидные медузы – 3,3; обыкновенная рыба-сабля – 2,7; миктофовые или святящиеся анчоусы (*Mystophidae* gen. spp.) – 1,3; кальмары – 2,0 (из них гавайский летающий кальмар – 0,4; удивительный бриллиантовый кальмар (*Histioteuthis miranda* (Berry, 1918) – 0,4 и другие); креветки – 0,9 (из них креветка-нож – 0,2 и другие); каракатицы (представители отрядов Sepiida, Sepiolida, Spirulida) – 0,6; настоящие крабы – 0,5; лангусты – 0,4 (из них колючий лангуст Наталя) – 0,2 и другие).

Таким образом видовой состав ВБР в ИЭЗ Мозамбика характеризовался большим видовым разнообразием. При этом доминирующими в уловах были в основном виды рыб перспективные для промысла.

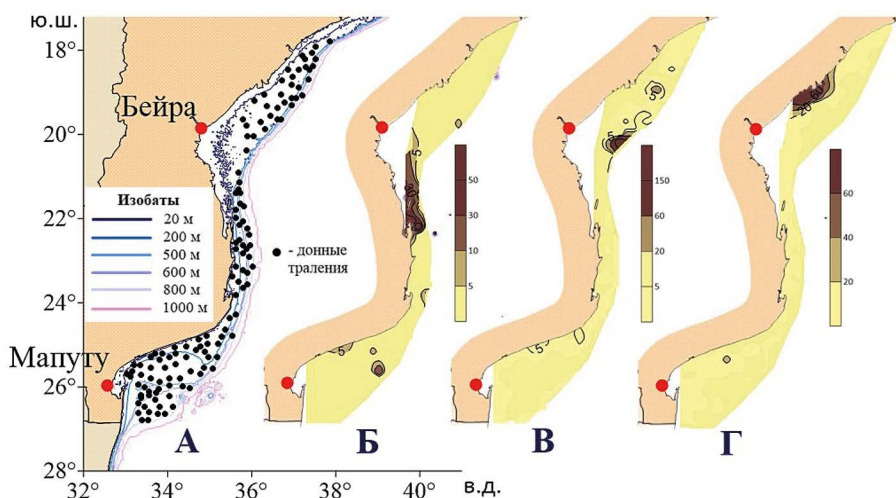


Рис. 5. Точки тралений (А), уловы рыб на 30 мин. траление, в кг: Б – лессепсийской зауриды, В – индийской сигарной ставриды, Г – обыкновенной рыбы-сабли

Fig. 5. Scheme of bottom trawling (A), catches for 30 min. trawling, in kg: Б – *Saurida lessepsianus*; В – *Decapterus russelli*, Г – *Trichiurus lepturus*

¹⁰ Gulland J.A. 1975. Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal // FAO Fisheries Technical Paper. №145. <http://www.fao.org/3/cc1979en/cc1979en.pdf>. 26.03.2026.

Распределение, размерный состав и биологическая характеристика видов рыб и беспозвоночных.

Ихтиологические работы для определения видового состава улова, количества экземпляров и массы каждого вида выполнялись по стандартным методикам [Инструкция ..., 1977; Инструкция ..., 1988¹¹; Методическое руководство ..., 2006]. Масса уловов измерялась крановыми весами ВЭК/5–10000 (Россия). Исследование биологического состояния массовых видов рыб и беспозвоночных (десятиногих ракообразных, головоногих моллюсков и других) в улове производилось методом неполного биологического анализа. Сбор проб для изучения возраста осуществляется по стандартной методике [Инструкция ..., 1988]. Идентификация рыб выполнялась с помощью [Буруковский, 1974; Несис, 1982; Промысловое ..., 1985¹²; Филиппова и др., 1997; Sutton et al., 2020]. Осуществлялся сбор проб организмов для исследования зараженности паразитами, изучения технохимического состава рыб [Справочник ..., 1998], пополнения коллекции научных образцов АтлантНИРО.

Индийская сигарная ставрида встречалась в 25 тралениях на глубинах от 27 до 85 м. Основной улов представлен тралениями, выполненными в северной части исследуемой акватории (см. рис. 5). Отмечались рыбы длиной от 5 до 24 см с выраженным модальным классом 13 см. Средняя длина составила 13,7 см, средняя масса – 29,8 г. Соотношение самцов к самкам – 60:40%. В уловах доминировали незрелые (II) и созревающие (III) особи, в меньшей степени – частично отнерестившиеся (VI–IV). Средний балл ожирения внутренних органов составил 0,13 балла,

интенсивность питания была слабой – 0,44 балла (рис. 6).

Лесепсийская заурида отмечалась в 51 тралении на глубинах от 27 до 410 м. Встречалась во всех частях акватории. Основные уловы пришлись на траления, выполненные в центральной части исследуемой акватории (см. рис. 5). Встречались особи длиной от 6 до 43 см с преобладающей размерной группой 25–27 см. Средняя длина составила 23,4 см, средняя масса – 123,7 г. Соотношение самцов к самкам – 52:48%. В уловах преобладали рыбы с гонадами в стадии зрелости VI–IV – частично отнерестившиеся. Остальную часть проанализированных особей (в порядке убывания численности) формировали незрелые (II), созревающие (III) и зрелые (IV) зауриды. Другие стадии зрелости были отмечены у штучных экземпляров. Ожирение на внутренних органах отмечалось у единичных особей, интенсивность питания была слабой – 0,63 балла (рис. 7).

Обыкновенная рыба-сабля встречалась в 22 тралениях на глубинах от 24 до 550 м. Вид был отмечен в северной и южных частях акватории. Основные уловы пришлись на траления, выполненные у изобаты 20 м (см. рис. 5). Отмечались особи длиной от 10 до 145 см с модальной группой 40–45 см. Средняя длина составила 56,0 см, средняя масса – 177,5 г. Соотношение самцов к самкам – 55:45%. В мелкоразмерной группе преобладали незрелые, созревающие и зрелые рыбы, крупноразмерные особи имели гонады в преднерестовом, нерестовом и частично отнерестившемся состоянии. Ожирение на внутренних органах отмечалось у единичных особей, интенсивность питания была слабой – 0,65 балла (рис. 8).

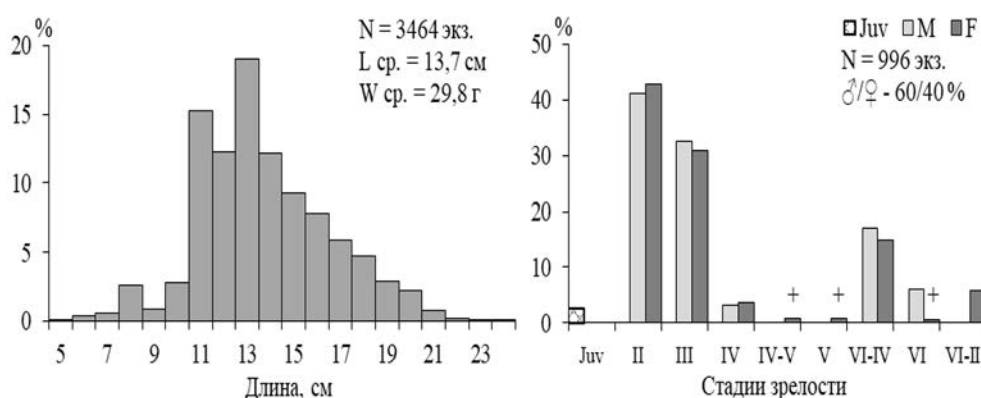


Рис. 6. Размерный состав и биологическая характеристика индийской сигарной ставриды
Fig. 6. Size composition and biological characteristics of the *Decapterus russelli*

¹¹ Инструкция по сбору возрастных проб в системе долгосрочного прогнозирования. 1988. Калининград: АтлантНИРО. 19 с.

¹² Промысловое описание прибрежных вод Мозамбика. 1985. М.: Минрыбхоз СССР. 83 с.

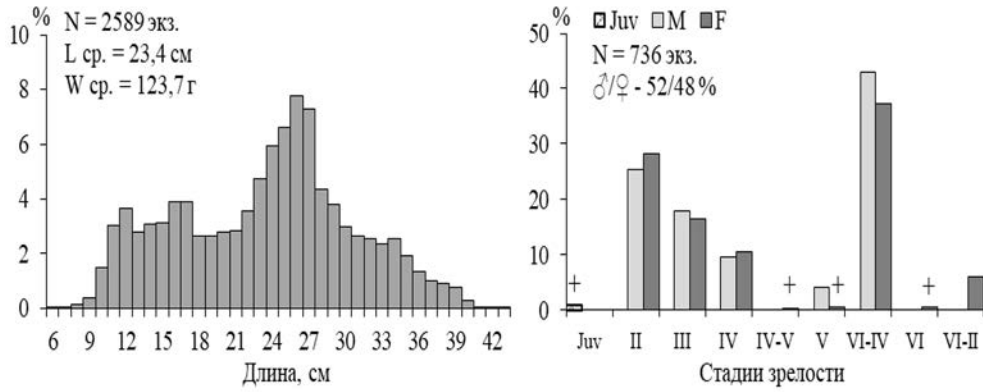


Рис. 7. Размерный состав и биологическая характеристика лессепсийской зауриды
 Fig. 7. Size composition and biological characteristics of the *Saurida lessepsianus*

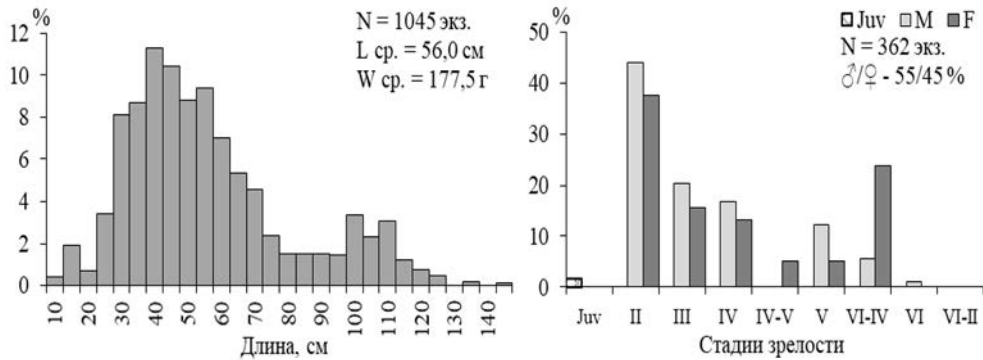


Рис. 8. Размерный состав и биологическая характеристика обыкновенной рыбы-сабли
 Fig. 8. Size composition and biological characteristics of the *Trichiurus lepturus*

Гавайский летающий кальмар встречен в 53 тралениях на глубинах от 104 до 785 м. Его распределение характеризовалось значительной мозаичностью.

Максимальные уловы зарегистрированы на глубинах 253–555 м (рис. 9).

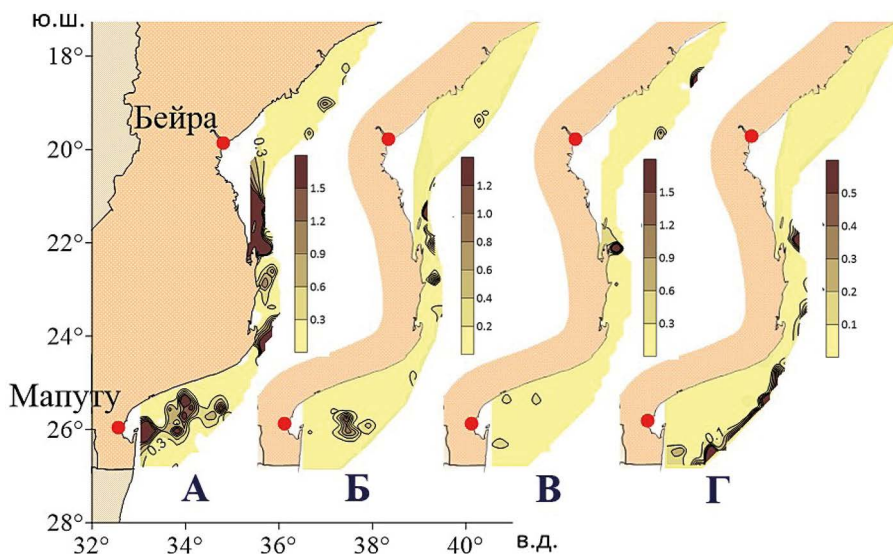


Рис. 9. Уловы беспозвоночных на 30 мин. траление, в кг: А – гавайского летающего кальмара, Б – кревет-нож; В – лангуста Наталья; Г – трехшипного краба-паука

Fig. 9. Invertebrate catches, for 30 min. trawling, in kg: А – *Nototodarus hawaiiensis*; Б – *Haliporoides triarthrus*; В – *Palinurus delagoae*; Г – *Platymaia turbynei*

Встречались особи длиной от 6,0 до 23,3 см, преобладающие длины 12 и 13 см. Соотношение самцов к самкам 54,5:45,5%. У самцов доминировали участвующие в нересте особи – 53,7% (стадия III), созревающие особи составляли 35,8% (стадия II), незрелые – 10,0% (стадия I), посленерестовые особи составляли 0,4% (стадия IV). Самки: преобладали особи III ста-

дии – 51,8%, созревающие особи – 34,0% (стадия II), незрелые – 13,1% (стадия I), посленерестовые особи составляли 1,0% (стадия IV). Ювенильные особи составляли 0,5%. Интенсивность питания была низкой – 1,3 балла (рис. 10).

Креветка-нож встречена в 39 тралениях на глубинах от 336 до 786 м. Его распределение характери-

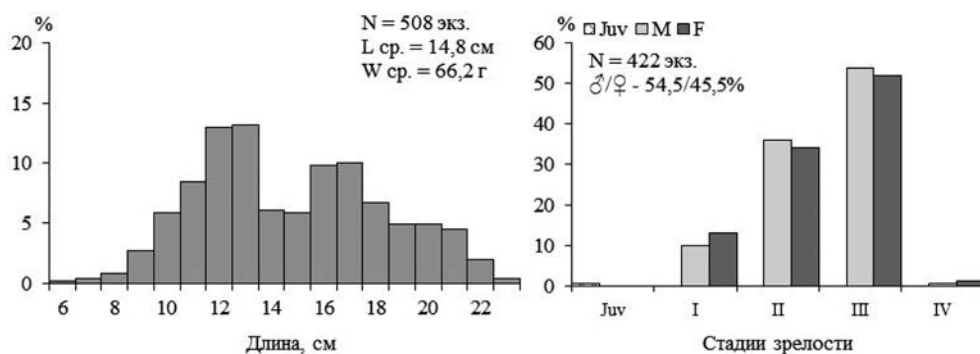


Рис. 10. Размерный состав и биологическая характеристика гавайского летающего кальмара

Fig. 10. Size composition and biological characteristics of the *Nototodarus hawaiiensis*

зовалось значительной мозаичностью. Максимальные уловы зарегистрированы между п. Мапуту и п. Бейра на глубинах 348–648 м (см. рис. 9). Встречались особи длиной от 1,8 до 16,1 см, преобладающая длина 13 см. Соотношение самцов к самкам 36,9:63,1%. У самок до-

минировали особи II стадии 37,7%, ювенилы и особи III стадии составляли 21,9 и 19,3%, соответственно. Особей IV и V стадий было 6,6 и 14,5%. Интенсивность питания была очень низкой – 0,3 балла (рис. 11).

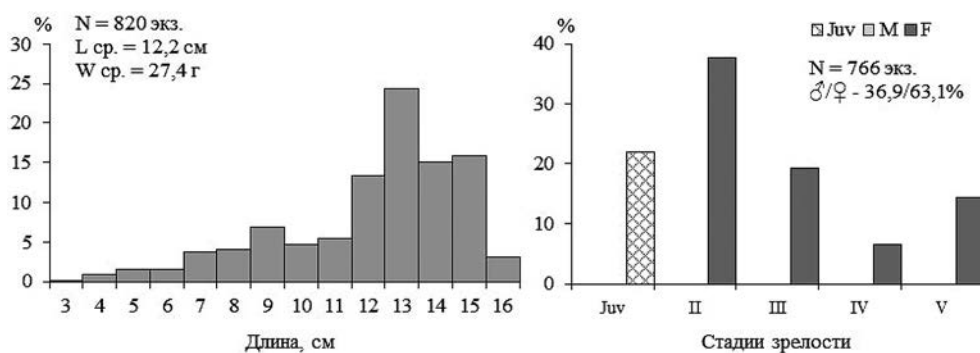


Рис. 11. Размерный состав и биологическая характеристика креветки-нож

Fig. 11. Size composition and biological characteristics of the *Haliporoides triarthrus*

Колючий лангуст Наталя встречен в 11 тралениях на глубинах от 334 до 562 м. Максимальные уловы были зарегистрированы южнее п. Бейра на глубине 402 м и севернее п. Бейра глубинах 352–362 м (см. рис. 9). Встречались особи длиной от 17,7 до 38,5 см, преобладающие длины – 19 и 20 см (рис. 12).

Трёхшипый краб-паук встречен в 29 тралениях на глубинах от 334 до 786 м. Распределение вида характеризовалось значительной мозаичностью (см. рис. 9).

Максимальные уловы зарегистрированы южнее и на траверзе п. Мапуту на глубинах 647–780 м. Встречались особи длиной от 1 до 3,9 см, преобладающая длина 4 см.

В целом размерный состав ихтиофауны ИЭЗ Мозамбика характеризовалась мелко- и среднеразмерными видами рыб.

Оценка биомассы и распределения демерсальных и пелагических организмов показала, что наиболь-

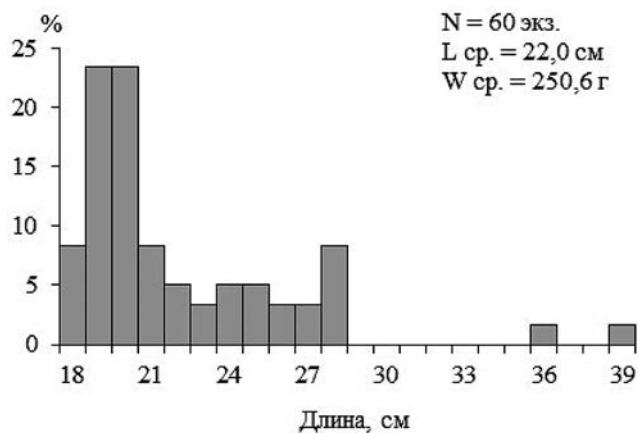


Рис. 12. Размерный состав колючего лангуста Наталя
 Fig. 12. Size composition of the *Palinurus delagoae*

шую долю от общей биомассы в исследованных стратах составляли: индийская сигарная ставрида, сцифоидные медузы, лессепсийская заурида, обыкновенная рыба-сабля, козобородки (*Upeneus* spp. Cuvier, 1829), полорылы (*Coelorinchus* spp. Giorna, 1809), кальмары, светящиеся анчоусы и полимиксия Бернда (*Polymixia berndti* Gilbert, 1905) (рис. 13).

В целом охваченная работами площадь акватория составила 91759 км², общая оценённая минимальная биомасса – 97,7 тыс. т. С учётом применения коэффициентов уловистости для рыб (0,5) и для головоногих и ракообразных (0,2), суммарная оценённая абсолютная биомасса по всем видам у берегов Мозамбика в марте-мае 2025 г. составила 245,6 тыс. т (табл. 2).

Наибольшая биомасса ВБР была отмечена в мелководных стратах – 20–200 м и 201–500 м, ее основу составляли различные виды рыб. Над большими глубинами отмечено максимальное количество ракообразных и головоногих моллюском.

Гидроакустическое сопровождение донной съёмки выполнялось с помощью судового гидроакустического комплекса, включающего научный эхолот EK-80 (Норвегия) и пакет постобработки EchoView 10.0.283

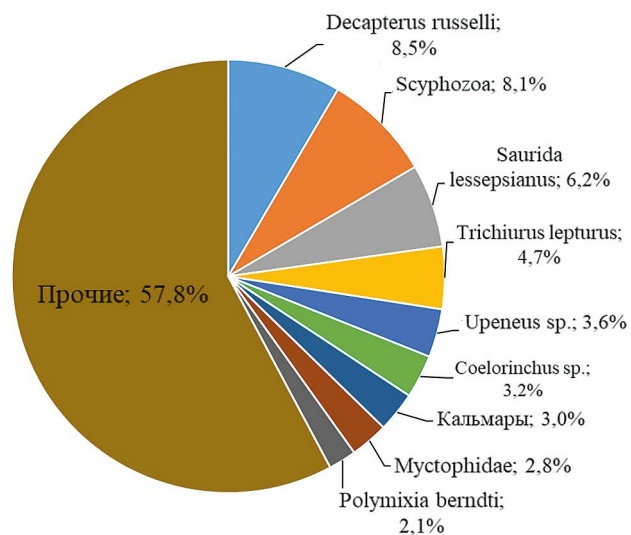


Рис. 13. Соотношение оценённых минимальных биомасс наиболее представленных в уловах видов у берегов Мозамбика (март-май 2025 г.)

Fig. 13. Ratio of estimated minimum biomasses of the most represented aquatic biological species in catches off the Mozambique (March-May 2025)

(64-bit edition) [Simrad ..., 2020¹³]. Модели трансдьюсеров, входящих в комплекс EK-80: 38 кГц: Simrad ES38-B (расщеплённый луч); 120 кГц: Simrad ES120-7 (расщеплённый луч). Целью гидроакустических работ являлась регистрация значений индексов относительной плотности пелагических и донных видов NASC (м²/морская миля²) на обеих частотах с последующим построением карт распределения плотностных полей. Проведённые работы позволили получить схемы пространственного распределения относительной плотности NASC в придонном и пелагическом слоях (рис. 14).

Максимальные величины NASC в придонном 6-метровом слое на севере и западе центральной части шельфа Мозамбика достигали значений 500–1500 м²/морских миль² и наблюдались над глубинами 40–170 м. Данные плотностные величины образуют

Таблица 2. Биомасса биологических ресурсов у берегов Мозамбика (март-май 2025 г.)

Table 2. Biomass of aquatic biological resources off the Mozambique (March-May 2025)

Показатель	Страта 20–200 м	Страта 201–500 м	Страта 501–600 м	Страта 601–700 м	Страта 701–800 м	Весь ареал
Мин. биомасса, тыс. т	51,9	29,5	4,1	4,8	7,5	97,7
Абс. биомасса, тыс. т	136,6	66,6	10,2	12,7	19,4	245,6
Площадь, км ²	40338	26124	7526	8635	9136	91759

¹³ EK80 Scientific Echo Sounder reference manual. 120 pp. https://marine-electronics-manuals.com/preview/preview_1.php?url=sou_sim230 30.03.2026

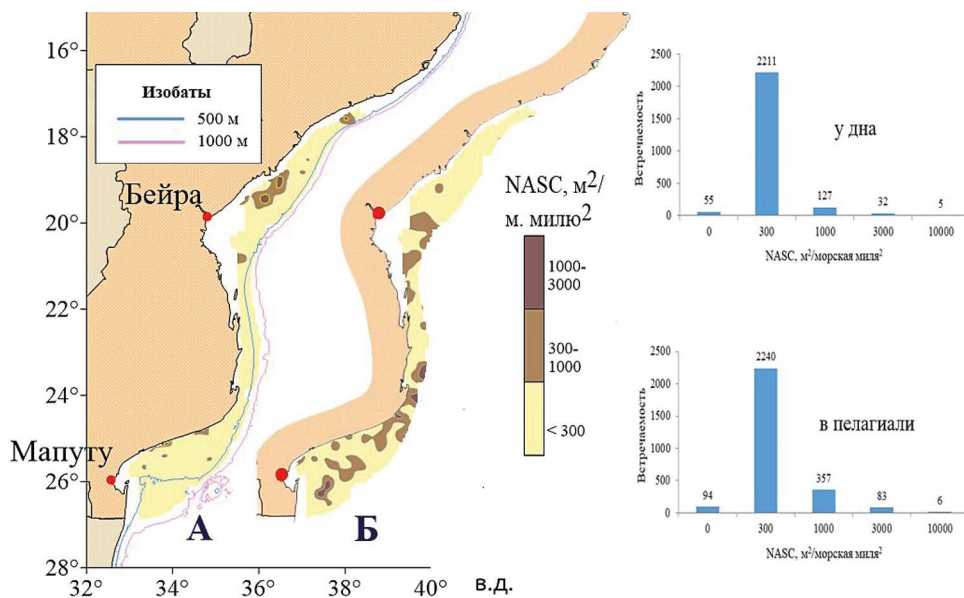


Рис. 14. Коэффициенты поверхностного рассеяния NASC смешанных скоплений рыб в придонном (А) и пелагическом (Б) слоях, гистограммы частотной встречаемости значений NASC (справа)

Fig. 14. Surface scattering coefficients NASC of mixed fish aggregations in the near-bottom (A) and pelagic (B) layers, histograms of the frequency occurrence of NASC values (right)

вали небольшие скопления промысловых рыб, а также непромысловой ихтиофауны. В пелагическом слое более высокие значения NASC (300–1000 м²/морских миль²) регистрировались в мористой части полигона съёмки над глубинами 200–800 м и обуславливались относительно большим объёмом просматриваемой

водной толщи на квадратную милю. В этом диапазоне глубин наблюдались редкие дисперсные рыбные записи. Промысловых скоплений рыбы на протяжении всего акустического сопровождения не наблюдалось.

Результаты анализа антропогенного загрязнения по данным учётных тралений показали, что его ин-

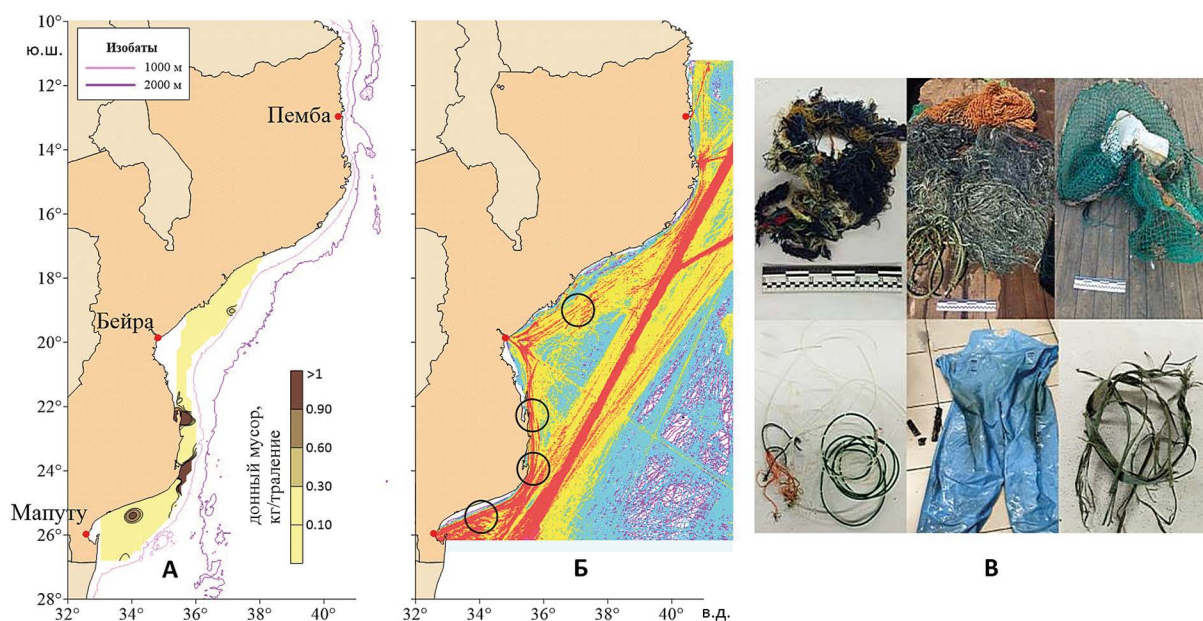


Рис. 15. Участки наибольшей встречаемости донного антропогенного мусора (слева) и их приуроченность к основным транспортным путям по данным MarineTraffic.com (справа)

Fig. 15. Areas with the highest concentrations of bottom anthropogenic garbage (left) and their association with major shipping routes according to MarineTraffic.com (right)

тенсивность невелика. Мусор был отмечен лишь в 7 из 132 уловов донных тралений. Во всех случаях основным материалом был пластик либо пластик и металл, при этом все отмеченные объекты относились либо к остаткам орудий лова (части тралов, донные ловушки, остатки ярусов), либо к отходам, возникающим в результате рыболовного промысла. Величина прилова мусора варьировала от 4 г до 20,7 кг за траление, в среднем составила 0,348 кг (рис. 15).

Наибольшие фактические показатели загрязнения дна были отмечены в южной части ИЭЗ в непосредственной близости от портов Бейра и Мапуту, где отмечается наибольшая транспортная и рыбопромысловая активность [Marinetraffic, 2026¹⁴].

Благодарности

Авторы выражают благодарность членам научной группы и экипажа СТМ «Атлантида» Абрамову А. М., Богачевой Т. Б., Гусеву А. А., Казаковой Е. Ю., Кобякову К. А., Приставко Ю. В., Сидорскому В. В., Соколову М. Ю., Трофимову Р. В., Халматовой Э. Р., внесшим большой вклад в сбор и анализ натурных данных в ходе работ у берегов Мозамбика в марте-мае 2025 г.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Буруковский Р. Н. 1974. Определитель креветок, langoustes и омаров. М.: Пищевая промышленность. 126 с.
- Методическое руководство по планированию и проведению морских экспедиционных исследований состояния запасов промысловых гидробионтов в Атлантическом океане, Юго-Восточной части Тихого океана и в Балтийском море (районы сферы деятельности АтлантНИРО). 2006. Калининград: АтлантНИРО. 182 с.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9. Ч. 3. 1979. Л.: Гидрометеиздат. 198 с.
- Наставление по службе прогнозов. Служба морских гидрологических прогнозов. Раз. 3. Ч. 3. 2011. М.: Росгидромет. 202 с.
- Несис К. Н. 1982. Краткий определитель головоногих моллюсков Мирового океана. М.: Легкая и пищевая промышленность. 358 с.

Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоёмов и перспективных для промысла районов Мирового океана. 2003. М.: ВНИРО. 202 с.

Сорокин Ю. И. 1979. К методике концентрирования проб фитопланктона // Гидробиологический журнал. Т. 15. № 2. С. 71–76.

Справочник по химическому составу и технологическим свойствам морских и океанических рыб / В. П. Быков, Г. П. Ионас, Г. Н. Головкова и др. 1998. М.: ВНИРО. 225 с.

Филиппова Ю. А., Алексеев Д. О., Бизиков В. А., Хромов Д. Н. 1997. Справочник-определитель промысловых и массовых головоногих моллюсков Мирового океана. М.: ВНИРО. 272 с.

Bai L, Zhu G, Huang H, Zhang L, Lü H, Zhang Y. 2024. Characteristics of mesoscale eddies in the Mozambique Channel // PLoS ONE 19(4): e0302367. DOI: 10.1371/journal.pone.0302367

Emery W. J., Meincke J. 1986. Global water masses: summary and review // Oceanologica. Acta 9. pp. 383–391.

Saville A. 1977. Survey methods of appraising of appraising fisheries resources // FAO Fish. Tech. Pap. № 171. 76 pp.

Sutton T. T., Hulley P. A., Wienerroither R., Zaera-Perez D., Paxton J. R. 2020. Identification guide to the mesopelagic fishes of the central and south east Atlantic Ocean // FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. Rome: FAO. 364 pp. DOI: 10.4060/cb0365en.

REFERENCES

- Burukovskii R. N. 1974. Identification guide for shrimp, langoustes and lobsters. M.: Pishchevaya promyshlennost'. 126 pp.
- Methodological guidelines for planning and conducting marine expeditionary research into the state of stocks of commercial aquatic organisms in the Atlantic Ocean, the South-East Pacific Ocean and the Baltic Sea (areas of activity of AtlantNIRO). 2006. Kaliningrad: AtlantNIRO. 182 pp.
- Instructions for hydrometeorological stations and posts. Vyp. 9. Ch. 3. 1979. L.: Gidrometeoizdat, 198 pp.
- Instructions for the Forecasting Service. Marine Hydrological Forecasting Service. Raz. 3. Ch. 3. 2011. M.: Rosgidromet. 202 pp.
- Nesis K. N. 1982. A brief guide to the cephalopods of the World Ocean. M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost'. 358 pp.
- Guidelines for chemical analysis of marine and fresh waters in environmental monitoring of fishery waters and promising areas of the World Ocean for fishing. 2003. M.: VNIRO. 202 pp.
- Sorokin Yu. I. 1979. On the method of concentrating phytoplankton samples // Gidrobiologicheskii zhurnal. T. 15. № 2. P. 71–76.
- Handbook of the chemical composition and technological properties of marine and ocean fish / V. P. Bykov, G. P. Ionas, G. N. Golovkova i dr. 1998. M.: VNIRO. 225 pp.

¹⁴ MarineTraffic <https://marinetraffic.com> 23.04.2026

- Filippova Yu.A., Alekseev D.O., Bizikov V.A., Khromov D.N.* 1997. Handbook of commercial and abundant cephalopods of the World Ocean. M.: VNIRO. 272 pp.
- Bai L, Zhu G, Huang H, Zhang L, Lü H, Zhang Y.* 2024. Characteristics of mesoscale eddies in the Mozambique Channel // PLoS ONE 19(4): e0302367. DOI: 10.1371/journal.pone.0302367
- Emery W.J., Meincke J.* 1986. Global water masses: summary and review // Oceanologica. Acta 9. pp. 383–391.
- Saville A.* 1977. Survey methods of appraising of appraising fisheries resources // FAO Fish. Tech. Pap. № 171. 76 pp.
- Sutton T. T., Hulley P.A., Wienerroither R., Zaera-Perez D., Paxton J.R.* 2020. Identification guide to the mesopelagic fishes of the central and south east Atlantic Ocean // FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. Rome: FAO. 364 pp. DOI: 10.4060/cb0365en.

Поступила в редакцию 12.03.2026 г.
Принята после рецензий 08.05.2026 г.



УДК 597.08.591.9

Информация. Экспедиции ВНИРО

Совместные исследования ВНИРО и РГО на Земле Франца-Иосифа

П. М. Багимов¹, Н. Ю. Белякова², А. В. Лабутин¹, Н. Н. Лукин¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

² Русское географическое общество (ВОО «РГО»), Новая площадь, д. № 10, стр. 2., Москва, 109012; Высшая школа экономики (НИУ «ВШЭ»), ул. Мясницкая, д. № 20, Москва, 101000; Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы («РУДН»), ул. Миклухо-Маклая, д. № 6, Москва, 117198
E-mail: bagimov@vniro.ru

SPIN-код: Н. Ю. Белякова – 5639-6347; А. В. Лабутин – 9170-9953; Н. Н. Лукин – 4229-7962

В **целях** получения сведений о современном состоянии морской биоты высокоширотной части Арктики, включая промысловых и потенциально промысловых гидробионтов, продолжения работ по ландшафтному картографированию распределения водных биологических ресурсов (ВБР) прибрежной зоны архипелага Земля Франца-Иосифа в апреле и августе 2025 года состоялись совместные с Русским географическим обществом экспедиционные исследования литорали и sublиторали острова Земля Александры. В ходе проведения работ использовались **стандартные гидробиологические методы** и орудия сбора первичного материала, а также подводный дрон Chasing mini.

В **результате** исследований были собраны инструментальные данные о среде обитания ВБР, осуществлены ихтиологические съёмки и сбор образцов морских беспозвоночных, получены фото- и видеоматериалы о донных сообществах. **Новизна.** Впервые в месте проведения исследований был использован подводный беспилотный аппарат, в том числе, для точечного отбора гидрологических проб непосредственно в местах сетевых порядков.

Ключевые слова: Земля Франца-Иосифа, РГО, водные биоресурсы, бентосные сообщества, подводный дрон.

Joint research of VNIRO and Russian Geographical Society on the Franz Josef Land

Pavel M. Bagimov¹, Nataliya Y. Belyakova², Alexey V. Labutin¹, Nikolay N. Lukin¹

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

² Russian Geographical Society («RGS»), 10, p. 2, New Square, Moscow, 109012, Russia; Higher School of Economics (NRU «HSE»), 20, Myasnikskaya, Moscow, 101000, Russia; The Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia («RUDN»), 6, Miklukho-Maklaya, Moscow, 117198 Russia

In order to obtain information about the current state of the marine biota in the high-latitude part of the Arctic, including commercial and potentially commercial hydrobionts, and to continue the work on landscape mapping of the distribution of aquatic biological resources (ABR) in the coastal zone of the Franz Josef Land archipelago, joint expeditionary studies of the littoral and sublittoral zones of Alexandra Land were conducted in April and August 2025 with the Russian Geographical Society. During the work, **standard hydrobiological methods** and tools for collecting primary material were used, as well as the Chasing mini underwater drone. As a **result** of the research, instrumental data on the habitat of aquatic biological resources was collected, ichthyological surveys and collection of samples of marine invertebrates were carried out, and photos and videos of bottom communities were obtained. **Novelty.** For the first time, an underwater unmanned aerial vehicle was used in the research area, including for point-based collection of hydrological samples directly at the locations of the network orders.

Keywords: Franz Josef Land, Russian Geographical Society, aquatic biological resources, benthic communities, underwater drone.

В соответствии с соглашением о сотрудничестве между ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» (далее – ВНИРО) и Всероссийской общественной организацией «Русское географическое общество» (далее – РГО) от 16 марта 2023 года, в 2025 году в рамках комплексной экспедиции РГО были продолжены экспедиционные исследования литорали и sublиторали Земли Александры архипелага Земля Франца-Иосифа, в ходе которых научной группой ВНИРО собраны данные о состоянии среды обитания гидробионтов;

пробы фито- и зоопланктона, ихтиологических материалов; фото- и видеоматериалы о донных сообществах.

Работы проводились в два этапа: в апреле выполнялись комплексные станции со льда в sublиторали и в августе – с борта маломерного судна с мотором. В целях мониторинга возможных изменений состояния биоты и среды её обитания точки сбора материала были определены по сетке станций, выполненных в ходе аналогичных экспедиций в 2024 году (рис. 1).

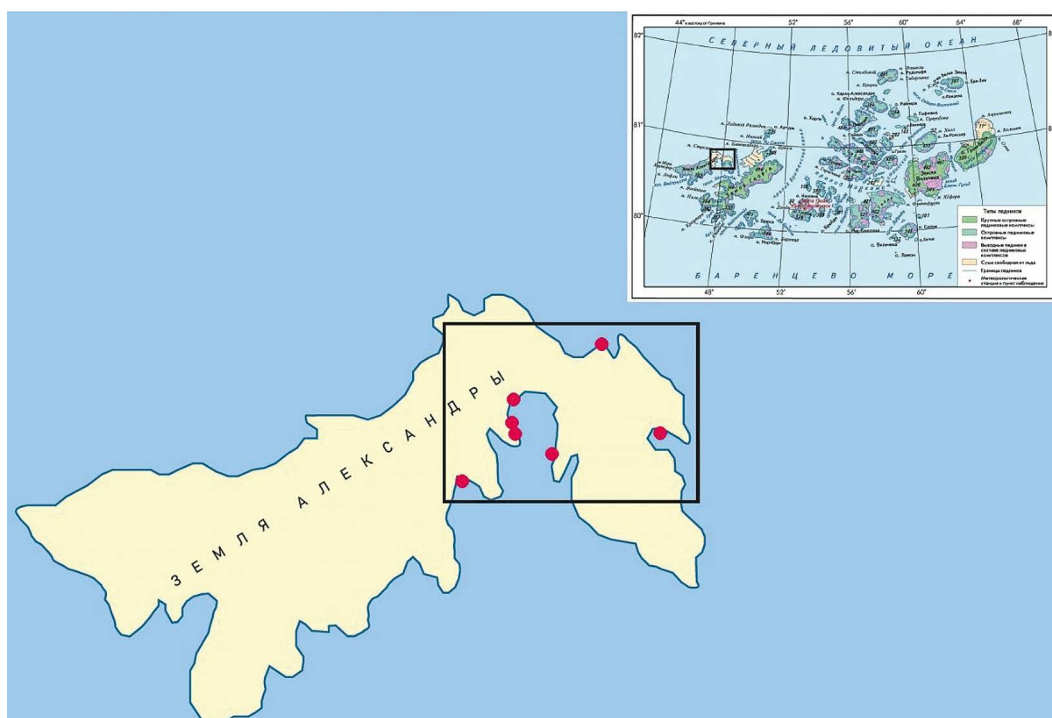


Рис. 1. Схема станций (красные точки) в 2024 и 2025 гг.
Fig. 1. Diagram of stations (red point) in 2024 and 2025

Использовались стандартные гидробиологические методы и орудия сбора первичного материала, а также подводный дрон Chasing mini.

В апреле во время проведения работ преобладали малооблачные дни, со слабым и умеренным северным, северо-западным ветром. Температура воздуха ночью до минус 20 °С, днём – минус 17 – минус 11 °С. Ледовый покров на гидробиологических станциях в бухте Северная колебался от 62 до 70 см, что заметно меньше, чем в 2024 г. (от 73 до 105 см), со стороны Северного Ледовитого океана (бухта Зверобоев) толщина льда составила 49 см, при этом следует отметить, что в данной точке наблюдалось сильное торошение прибрежного льда. Наибольшая толщина льда, 79 см, была отмечена в бухтах Курникова и Исаева. Толщина снежного покрова колебалась от 6 см в бухте Зверобоев до 32 см в бухте Северная. Температура воды в подлёдном слое на станциях исследований колебалась в пределах от –1,9 °С до –1,77 °С. Придонная температура, практически на всех станциях, была в пределах от –1,77 до –1,8 °С. Солёность придонного слоя морских вод колебалась в пределах от 34 до 35,5‰. В целом, океанографические параметры не изменились по сравнению с предыдущим годом и соответствовали ранее наблюдаемым [Денисов и др., 1994]. Радиационный фон на станциях был ниже среднего естественного значения и в пределах от 6 до 9 мкр/ч.

Инструментальные исследования бентосных сообществ показали следующие результаты.

В зал. Дежнёва (бухта Северная) на малых глубинах (в среднем 3,7 метра) преобладают крупновалунные грунты с доминированием сообществ морских ежей и офиур (рис. 2). По экспертной оценке, плотность морских ежей достигала десятка особей на один квадратный метр. Плотность офиур достигала нескольких десятков на квадратный метр.

Здесь же обнаружены «побитые» части талломов бурых водорослей семейства ламинариевых. Ниже начинается пояс мелкого галечника с ракушей, в котором отсутствовали морские ежи, а ламинарии составляли 10–15% проективного покрытия.

При обследовании подлёдных сообществ, формирующихся на нижней кромке льда в зимний период, обнаружены большие скопления ракообразных, среди которых доминируют представители сем. Gammaridae.

Бентосные сообщества ледовитоморской стороны о. Земля Александры (бухта Зверобоев) на средней глубине 9,6 метров заметно беднее бентоса южной стороны острова (бухта Северная). Грунты сублиторали здесь представлены мелким галечником с ракушей и неокатанными валунами среднего размера. Донные макрофиты представлены преимущественно ламинариевыми водорослями, которые на глубине 9,6 метров составляли около 60% проективного покрытия (рис. 3).

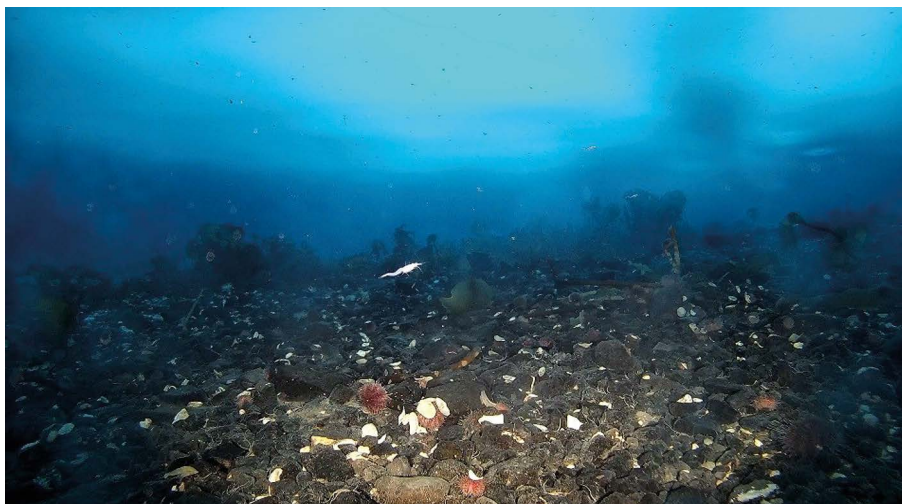


Рис. 2. Участок дна в бухте Северная
Fig. 2. A section of the bottom in Severnaya Bay



Рис. 3. Участок дна в бухте Зверобоев
Fig. 3. A section of the bottom in the Bay of Deerslayers

На участках соприкосновения ледников с подводным береговым склоном отмечено механическое перемешивание донных осадков и полное отсутствие видимого зообентоса. Однако на участках, где ледниковые массы или дрейфующие льды касались дна в прошлом, на валунно-галечном грунте отмечены взрослые актинии и масса офиур, что свидетельствует о том, что эти сообщества в течение относительно длительного времени не испытывали истирающего воздействия ледовых масс. На скальных грунтах в диапазоне глубин от 5 до 20 м отмечен богатый

биоценоз прикреплённой макрофауны — актинии нескольких видов, несколько видов крупных губок, мшанки, колонии гидроидных полипов, а также офиуры, морские ежи, балянусы и седентарные полихеты. На глубинах более 20 м на валунно-галечном, песчаном и скальном грунте отмечены плотные скопления морских ежей, колонии гидрокораллов, мшанок, губок и актиний, а также единичные особи одиночных восьмилучевых кораллов цериантусов, отдельные особи креветок и масса мизид. В бухте Курникова (западная часть зал. Дежнёва) бентосные сообщества ещё более

бедные, по сравнению с вышеописанными бухтами. Грунт — преимущественно заиленный песок, проективное покрытие которого составляет 90%. Фитобентос представлен отдельными, «битыми» талломами ламинариевых водорослей.

За время наблюдений ихтиофауна отмечена не была. В отличие от зимних наблюдений 2024 г., на двух станциях — в бухте Курникова и в восточной части бухты Северная были встречены две особи кольчатой нерпы *Pusa hispida* (Schreber, 1775).

В августе 2025 г. в сублиторальной зоне зал. Дежнёва о. Земля Александры был выполнен сбор ихтиологического материала с использованием ставных жаберных сетей на семи учётных станциях на глубинах от 2 до 50 м [Быков и др., 2025]. В местах сетепостановок были выполнены измерения глубин и температуры воды с помощью датчиков подводного дрона. Сетной порядок состоял из четырёх сетей с шагом ячеи 20, 30, 35 и 40 мм общей длиной 120 м. Время застоя сетей на станциях от 11 до 16 часов. Большинство учётных станций характеризовалось резким свалом глубин от береговой линии и каменистыми грунтами, кроме песчано-галечного дна у о. Нерпы.

Температура воды в акватории зал. Дежнёва с глубинами до 70 м в августе 2025 г. колебалась от 1,9 до 3,2 °С, в среднем +2,2 °С. На каждые 20–30 м глубины отмечалось понижение температуры на несколько десятых градуса. В бухте Глубокая температура воды достигала +3,5 °С. Уловы рыб характеризовались низким видовым разнообразием и, относительно более южных широт Баренцева моря, низкими количественными показателями. Всего в августе 2025 года в сетных уловах было зафиксировано четыре вида рыб, относящихся преимущественно к сем. Cottidae — европейский керчак *Myoxocephalus scorpius* (L., 1758), арктический шлемоносный бычок *Gymnocanthus tricuspis* (Reinhardt, 1830), остроносый триглопс *Triglops pingelii* Reinhardt, 1837, а также сем. Gadidae — атлантическая треска *Gadus morhua* L., 1758. На большинстве учётных станций доминировал как по численности, так и по массе европейский керчак. Его уловы колебались от 1 до 15 экз. на сетной порядок, среди которых встречались особи длиной от 13 до 33 см и массой от 32 до 503 г. Наибольшие уловы керчака наблюдались на каменистых и скальных грунтах до глубин 10 м. В период исследований проходил нерест этого вида, в уловах отмечены преднерестовые, нерестовые и посленерестовые особи. Арктический шлемоносец был отмечен на 4 учётных станциях, но массово встречался только на песчаных грунтах у о. Нерпы. В уловах присутствовали в основном преднерестовые и в меньшей степени нерестовые и посленерестовые

особи длиной от 12,5 до 19,8 см и массой от 19 до 114 г. Атлантическая треска в 2024 г. в уловах отсутствовала, а в 2025 г. 3 экземпляра этого вида длиной 26–35 см и массой 144–373 г были зафиксированы на трёх станциях на глубинах более 20 м. Наиболее массовый в уловах 2024 г. представитель семейства Gadidae — сайка *Boreogadus saida* (L., 1758) в уловах в 2025 г. отсутствовала, что может быть вызвано несовпадением сроков и районов проведения учётной сетной съёмки с сезонным распределением этого вида в период кормовых миграций [Долгов, 2016, Быков и др., 2025]

Как и в 2024, в 2025 г. в зал. Дежнёва встречена группа из 3 особей моржа атлантического подвида *Odobenus rosmarus rosmarus* (L., 1758) и на о. Нерпы отмечена единичная особь кольчатой нерпы.

Сравнительный анализ результатов исследований 2025 и 2024 годов позволил сделать первые предположения о состоянии ихтиоценоза в южной части вод, омывающих о. Земля Александры. В частности, в зимний период запасы ихтиофауны крайне скудны, в то время как летом наблюдаются локальные скопления рыб, в том числе, имеющих промысловое значение. Представители семейства Cottidae мигрируют в эти воды на нерест, что свидетельствует о достаточно благоприятных условиях для их личинок и молоди, включая наличие кормового зообентоса и планктона. Результаты облова порядками ставных жаберных сетей на станциях зал. Дежнёва о-ва Земля Александры показали, что сублиторальная зона характеризуется низким видовым разнообразием ихтиофауны, в количественном отношении уловы ставных сетей на глубинах более 20 м были существенно ниже, чем на мелководьях (2–10 м). Видовой состав уловов 2025 г. показал доминирующее значение бореальных видов рыб.

Совместные исследования ВНИРО и Русского географического общества на Земле Франца-Иосифа имеют значение не только как источник новых данных о состоянии морской биоты высокоширотной Арктики, но и как механизм формирования человеческого капитала российской экспедиционной науки. Применительно к арктическим экспедициям человеческий капитал следует рассматривать как полевою компетентность, формирующуюся в условиях реального исследования. Она включает владение методиками отбора проб, навыки работы с приборной базой, способность к наблюдению в сложной природной среде, умение действовать в междисциплинарной группе, соблюдение техники безопасности, знание логистики высокоширотных территорий, способность принимать реше-

ЛИТЕРАТУРА

- Быков А. Д., Долгов А. В., Бражник С. Ю., Болтнев Е. А. 2025. Краткие результаты рыбохозяйственных исследований сублиторали залива Дежнёва (остров Земля Александры, архипелаг Земля Франца-Иосифа) в 2025 г. // Труды ВНИРО. Т. 201. С. 199–202.
- Денисов В. В., Матишов Д. Г., Соколов Д. Г. 1994. Гидрометеорологические условия архипелага // Среда обитания и экосистемы Земли Франца-Иосифа (архипелаг и шельф). Апатиты: Изд. КНЦ РАН. С. 25–41.
- Долгов А. В. 2016. Состав, формирование и трофическая структура ихтиоценов Баренцева моря. / К. М. Соколов ред. Мурманск: ПИНРО. 336 с.

REFERENCES

- Bykov A. D., Dolgov A. V., Brazhnik S. Y., Boltnev E. A. 2025. Brief results of the fisheries survey of the sublittoral area of Dezhnev Bay, Alexandra Land, Franz Josef Land Archipelago in 2025 // Trudy VNIRO. V. 201. P. 199–202.
- Denisov V. V., Matishov D. G., Sokolov D. G. 1994/ Hydrometeorological conditions of the archipelago // Habitat and ecosystems of Franz Josef Land (archipelago and shelf). Apatity: KolaSC RAS Publish. P. 25–41.
- Dolgov A. V. 2016. Composition, formation and trophic structure of ichthyocenes of the Barents Sea. / K. M. Sokolov ed. Murmansk: PINRO Publish. 336 p.

Поступила в редакцию 31.03.2026 г.

ния при ограниченности времени, ресурсов и погодного окна. Так, точки сбора материала 2025 г. были определены по сетке станций, выполненных в ходе аналогичных экспедиций в предшествующие годы; в апрельском этапе работ 2025 г. фиксировались и сопоставлялись одни и те же параметры среды. Такого рода сопоставимость невозможна без устойчивой исследовательской культуры и преемственности полевых процедур. В случае взаимодействия ВНИРО и РГО имеет место не только методическая преемственность наблюдений, так и воспроизводство коллективной памяти исследования. Коллективы с обеих сторон каждый год уточняются: включаются новые участники, меняются роли уже вовлечённых в совместную работу (например, принимавший ранее в полевом этапе в новом сезоне экспедиции занимается их лабораторной обработкой и т.п.). В этом контексте экспедиция выступает не только формой получения первичных данных, но и механизмом передачи неформализуемого профессионального знания.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена за счёт собственных средств «ВНИРО» при участии ФГБУ «Национальный парк «Русская Арктика» и Министерства обороны России.



УДК: 597.2/5/592

Информация. Экспедиции ВНИРО

Результаты учётной донной траловой съёмки у южных Курильских островов и юго-восточного Сахалина осенью 2025 г.

А. Ю. Шейбак, А. В. Согрина, А. О. Трофимова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187
E-mail: sheibak@vniro.ru

SPIN-код: А. Ю. Шейбак – 3301–0064; А. В. Согрина – 8245–0040; А. О. Трофимова – 1354–5046

Цель: оценка запасов и перспектив промысла водных биологических ресурсов у южных Курильских островов и юго-восточного Сахалина.

Метод: сбор данных проводился в соответствии с общепринятыми в ихтиологической практике методиками. В качестве орудия лова использовался донный трал ДТ/ТВ 27.1/24.4.

Новизна: получены актуальные данные о составе, соотношении, численности и биомассе нектона у южных Курильских островов и юго-восточного Сахалина в осенний период 2026 г.

Результаты: проведена донная траловая съёмка по оценке запасов гидробионтов у южных Курильских островов и юго-восточного Сахалина, которые суммарно составили 24,3 млрд экз. и 899,9 тыс. т. Из которых на долю тресковых приходилось порядка 70% численности и 65% биомассы. У южных Курильских островов в уловах донного трала отмечено 106 видов рыб из 27 семейств, в то же время у юго-восточного Сахалина – 108 видов рыб из 23 семейств. Анализ пространственного распределения трески показал, что в период исследований её наиболее плотные скопления располагались на траверзе зал. Касатка, южнее мыса Анива и в юго-западной части зал. Анива. В то время как молодь наваги преимущественно находилась в Южно-Курильском проливе, а крупные особи – в зал. Терпения. У Южных Курил в семействе камбаловых одним из доминантов являлась южная двухлинейная камбала, основные скопления которой располагались в Южно-Курильском проливе и у южной оконечности о. Итуруп. В свою очередь у Сахалина в уловах камбаловых преобладала желтоперая камбала, её плотные скопления отмечены в северной части зал. Терпения.

Практическая значимость: результаты исследования послужат основой для разработки материалов прогнозов ОДУ и РВ видов ВБР у южных Курильских островов и юго-восточного Сахалина.

Ключевые слова: Курилы, Сахалин, нектон, запасы, численность, биомасса, донный трал.

The results of the bottom trawl survey off the southern Kuril Islands and southeastern Sakhalin in the fall of 2025

Artem Y. Sheibak, Anastasia V. Sogrina, Anastasia O. Trofimova

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okružhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

The aim: assessment of stocks and prospects of fishing for aquatic biological resources off the southern Kuril Islands and southeastern Sakhalin.

Methods: data collection was carried out in accordance with generally accepted methods in ichthyological practice. The bottom trawl DT/TV 27.1/24.4 was used as a fishing gear.

Innovations: up-to-date data on the composition, ratio, abundance, and biomass of nekton in the southern Kuril Islands and southeastern Sakhalin in the autumn of 2026 have been obtained.

Results: a bottom trawl survey was conducted to assess the stocks of aquatic organisms off the southern Kuril Islands and southeastern Sakhalin, which totaled 24,3 billion specimens and 899,9 thousand tons, of which cod accounted for about 70% of the abundance and 65% of the biomass. 106 species of fish from 27 families were recorded in bottom trawl catches in the southern Kuril Islands, while 108 species of fish from 23 families were recorded in southeastern Sakhalin. An analysis of the spatial distribution of cod showed that during the research period, its densest clusters were located on the traverse of the bay Kasatka, south of Cape Aniva and in the southwestern part of the bay Aniva. While the juveniles of the saffron were mainly located in the South Kuril Strait, and large individuals – in the bay Terpenia. In the Southern Kuril family, one of the dominants was the southern rock sole, the main aggregations of which were located in the South Kuril Strait and at the southern tip of the island Iturup. In turn, Sakhalin's flounder catches were dominated by yellowfin flounder, its dense accumulations were noted in the northern part of the bay Terpenia.

The practical significance: the results of the study will serve as the basis for developing materials for forecasting the total number of species of aquatic biological resources in the southern Kuril Islands and southeastern Sakhalin.

Keywords: Kuril Islands, Sakhalin, nekton, reserves, abundance, biomass, bottom trawl.

Исследования выполнены в соответствии с разделом 4 Государственного задания № 076–00005–25–00 на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов «Проведение ресурсных исследований водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях», пунктом 28 Перечня приоритетных морских и пресноводных экспедиционных исследований ФГБНУ «ВНИРО» на 2025 г., а также Планом ресурсных исследований и Государственного мониторинга водных биологических ресурсов на 2025 год. В период со 2 сентября по 15 ноября 2025 г. на РС «Дмитрий Песков» («БИФ ВНИРО») выполнена донная траловая съёмка запасов водных биологических ресурсов на шельфе и верхней части материкового склона у южных

Курильских островов и юго-восточного Сахалина (в зал. Терпения и Анива) (рис. 1).

В ходе работ донные траления выполнялись в светлое время суток стандартным донным тралом (ДТ/ТВ 27.1/24.4) с 10-метровой мелкоячеистой вставкой (шаг ячеи 10×10 мм) в кутце. Трал был вооружён мягким грунтопом, расстояние между поводцами (стальные кольца), соединяющими грунтопом с нижней подборой, составляло 70 см, длина поводцов – 15 см. Траловые доски сферические площадью 4,2 м². Скорость траления в зависимости от ветра, волнения, течений и состояния грунтов изменялась от 2,0 до 3,3 узлов (средняя – 2,4 узла). Продолжительность тралений составляла 20–30 минут, сокращаясь на сложных грунтах до 8–10 минут. Для контроля хода трала и параметров его вертикального раскрытия использовался безкабельный траловый комплекс «Scanmar AS Scanbas». Вертикальное раскрытие трала составляло 2–4 м (среднее – 3,3 м). В период проведения донной траловой съёмки у южных Курильских островов с 11 сентября по 5 октября 2025 г. выполнено 95 тралений, площадь обследованной акватории составила 13 473 км², у юго-восточного Сахалина с 7 октября по 9 ноября 2025 г. – 83 траления, площадь обследованной акватории – 41 675 км². Биологический материал собран в соответствии с общепринятыми методиками ихтиологических исследований [Правдин, 1966; Савин, 2011]. Запасы водных биоресурсов рассчитывались площадным методом [Аксюткина, 1968].

В донных траловых уловах, полученных в тихоокеанских и охотоморских водах у южных Курильских островов отмечено 106 видов рыб донного, придонного и пелагического комплексов, принадлежащих к 27 семействам. В свою очередь в охотоморских водах у юго-восточного Сахалина в уловах встречено 108 видов рыб из 23 семейств.

У южных Курильских островов наибольшим видовым разнообразием выделялись сем. рогатковых и камбаловых, в которых насчитывалось по 18 и 17 видов, соответственно.

Основу учтённой численности и биомассы ихтиоценоза у южных Курильских островов, с учётом видов придонно-пелагического комплекса, формировало семейство тресковых – 7,1 млрд экз. (68,4%) и 129,4 тыс. т (65,2%). На втором месте по численности находилось семейство сельдевых – 2,7 млрд экз. (26,5%). Однако, за счёт доминирования по численности в запасе этого семейства сеголеток тихоокеанской сельди, по биомассе оно находилось только на третьем месте – 21,1 тыс. т (10,6%). В свою очередь на втором месте по биомассе находились камбаловые –

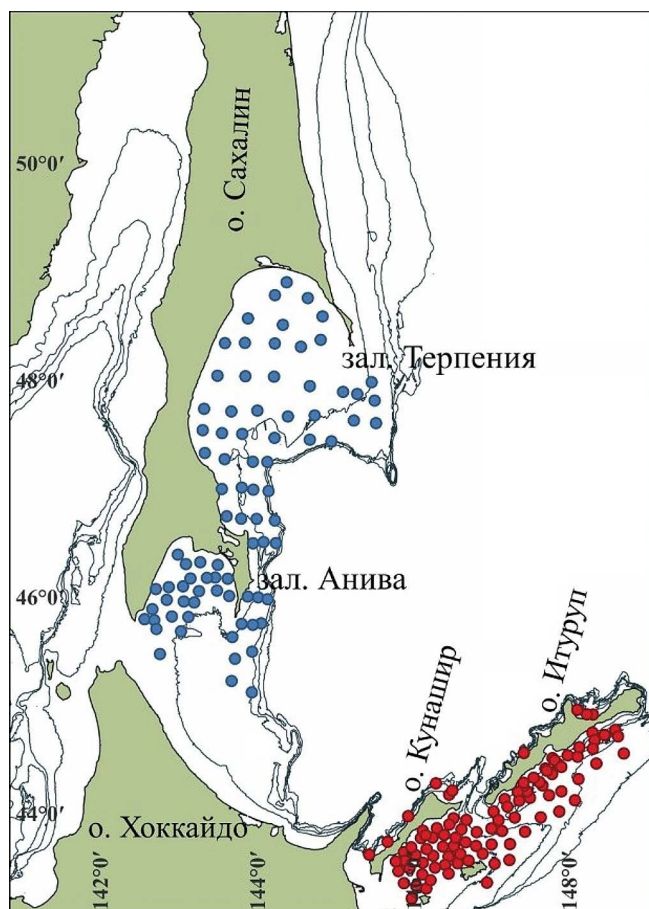


Рис. 1. Схема станций донных траловых съёмок у южных Курильских островов и юго-восточного Сахалина в сентябре-ноябре 2025 г.

Fig. 1. The scheme of bottom trawl survey stations off the southern Kuril Islands and southeastern Sakhalin in September-November 2025

23,8 тыс. т (12,0%), которые по численности занимали только пятое место – 0,2 млрд экз. (0,7%).

У юго-восточного Сахалина наибольшим видовым разнообразием были представлены семейства рогатковых и камбаловых – по 17 видов в каждом из семейств.

У юго-восточного Сахалина основу учётной численности и биомассы ихтиоцена, также, как и у южных Курильских островов, формировало семейство тресковых 9,7 млрд экз. (69,6%) и 129,4 тыс. т (65,2%). На втором месте по уровню запаса находились сельдёвые – 2,4 млрд экз. (17,2%) и 165,6 тыс. т (23,6%). На третьем месте по биомассе были камбаловые – 70,3 тыс. т (10,0%), а по численности представители этого семейства занимали лишь шестое место – 0,3 млрд экз. (1,9%).

Тихоокеанская треска *Gadus macrocephalus* Tilesius, 1810. У южных Курильских островов встречалась преимущественно от центральной до северной части обследованного полигона в пределах изобатного диапазона 68–348 м (рис. 2).

Сеголетки на обследованной акватории встречены не были, тогда как крупные и старшевозрастные особи (длиной более 15 см и возрастом от 1+ лет) встречались в 48,5% уловов. Общая плотность скоплений варьировала в пределах 0,06–6,3 тыс. экз./км² (0,006–15,9 т/км²), при средних значениях – 1,2 тыс. экз./км² и 2,5 т/км². Наиболее плотные концентрации

взрослой трески обнаружены на траверзе зал. Касатка в изобатном диапазоне 170–300 м.

У юго-восточного Сахалина треска встречалась не на всем обследованном полигоне (рис. 2). Встречаемость сеголеток (длина менее 15 см) составила 3,6% на глубинах 33–81 м в юго-западной части зал. Анива, где их плотность варьировала в пределах 0,1–11,4 тыс. экз./км² (0,003–0,2 т/км²), при средних значениях 4,3 тыс. экз./км² и 0,09 т/км². При этом встречаемость взрослых и более крупных особей (длиной более 15 см) составляла 51,8%. Её скопления обнаружены в восточной и юго-западной частях зал. Терпения, к востоку и южнее от мыса Анива и в юго-западной части зал. Анива на глубинах от 27 до 286 м. Общая плотность скоплений трески длиной более 15 см на обследованной акватории составила 0,06–4,5 тыс. экз./км² (0,01–9,2 т/км²), при средних значениях 0,9 тыс. экз./км² и 1,8 т/км². При этом в зал. Анива средняя плотность её скоплений (1,3 тыс. экз./км² и 2,3 т/км²) была выше, чем в зал. Терпения (0,7 тыс. экз./км² и 1,5 т/км²).

У южных Курильских островов треска в уловах донного трала была представлена молодью, средне- и крупноразмерными особями (рис. 3).

Общие размеры особей варьировали в пределах 14–95 см, при средней длине – 53,6 см. Основу уловов составляли три модальные размерные группы – 20–26 (9,8%), 46–56 (32,7%) и 65–76 см (23,4%). В то

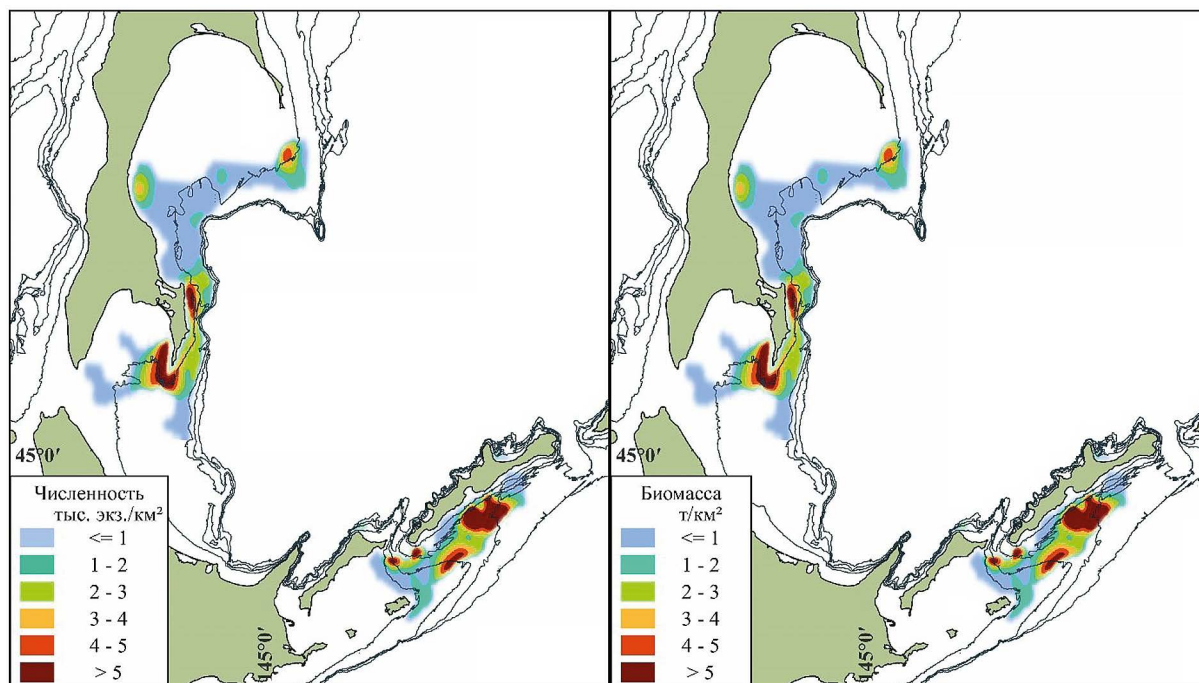


Рис. 2. Пространственное распределение трески у южных Курильских островов и юго-восточного Сахалина

Fig. 2. Spatial distribution of cod in the southern Kuril Islands and southeastern Sakhalin

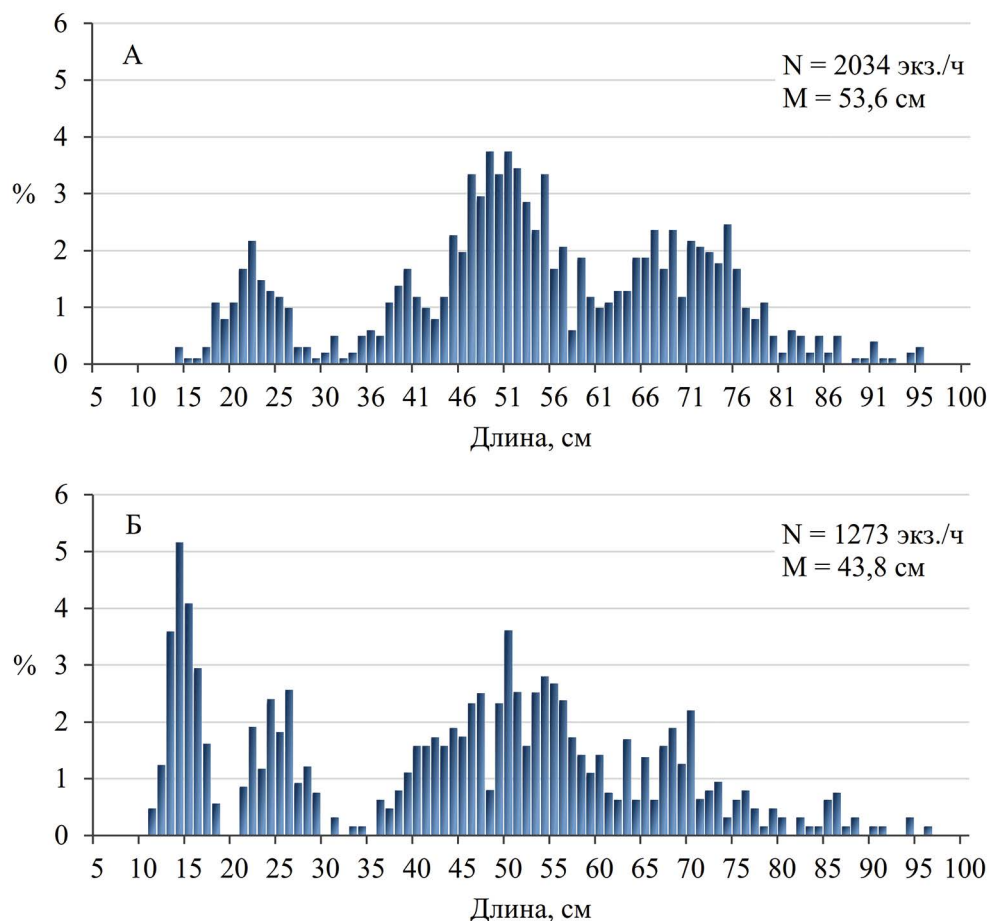


Рис. 3. Размерный состав трески у южных Курильских островов (А) и юго-восточного Сахалина (Б)
Fig. 3. The size composition of cod in the southern Kuril Islands (A) and southeastern Sakhalin (B)

же время на обследованной акватории у юго-восточного Сахалина размеры трески варьировали в пределах 11–111 см, при средней длине – 43,8 см. Распределение по размерным классам имело полимодальный характер. При этом основу уловов составляли сеголетки длиной 13–15 см (12,8%), среднеразмерные – 24–26 см (6,8%) и крупноразмерные особи – 46–56 см (26%) и 68–70 см (5,3%) (рис. 3).

По результатам съёмки индексы численности и биомассы трески у южных Курильских островов оценены в 11,0 млн экз. и 27,2 тыс. т, у юго-восточного Сахалина – 20,8 млн экз. и 34,4 тыс. т.

Тихоокеанская навага *Eleginus gracilis* Tilesius, 1810. У южных Курильских островов была представлена сеголетками (длиной менее 15 см), неполовозрелой молодью и взрослыми особями. Встречаемость сеголеток на обследованной акватории составила 40,9%, более взрослых и крупных особей – 39,0% (рис. 4).

Пространственное распределение скоплений сеголеток наваги в большей степени имело локальный характер. Концентрации различной плотности преи-

мущественно располагались в пределах мелководья Южно-Курильского пролива, на глубинах 17–107 м (рис. 4). Общая плотность их распределения была значительной и варьировала в пределах 0,5–5198 тыс. экз./км² (0,007–46,3 т/км²), в среднем составляя 1049,7 тыс. экз./км² и 8,4 т/км².

Взрослые особи наваги были распределены несколько шире, чем её молодь (рис. 4). Скопления незначительной плотности также обнаружены за пределами Южно-Курильского пролива. Общая плотность скоплений варьировала от 0,08 до 115,1 тыс. экз./км² (0,004–8,8 т/км²), в среднем составляя 15,4 тыс. экз./км² и 1,0 т/км². Однако наиболее плотные скопления были расположены в центральной части Южно-Курильского пролива в пределах изобат 28–75 м.

У юго-восточного Сахалина навага в уловах донного трала была представлена сеголетками, неполовозрелой молодью и взрослыми особями. Встречаемость сеголеток на обследованной акватории составила 47,0%, более взрослых особей – 60,2%. Скопления сеголеток были обнаружены на глубинах от 23 до 98 м, взрослых особей – до 118 м (рис. 4).

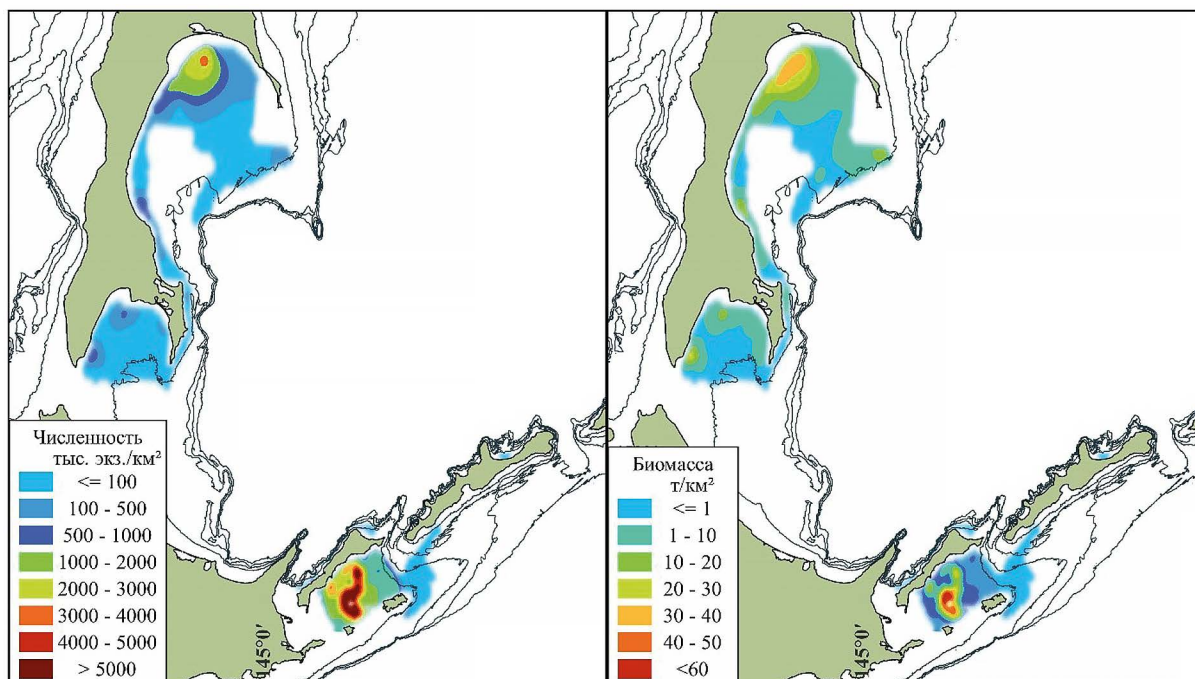


Рис. 4. Пространственное распределение наваги у южных Курильских островов и юго-восточного Сахалина
 Fig. 4. Spatial distribution of saffron cod off the southern Kuril Islands and southeastern Sakhalin

Наибольшее количество сеголеток наваги (длиной менее 15 см) учтено в зал. Терпения, где средняя плотность их скоплений составляла 417,3 тыс. экз./км² и 3,2 т/км². В зал. Анива учтённая численность сеголеток была в 3,9 раза меньше, чем в зал. Терпения, составляя в среднем 105,9 тыс. экз./км². При этом средняя относительная биомасса составляла 1,7 т/км².

Навага длиной более 15 см встречалась в уловах несколько чаще, чем сеголетки этого вида. Общая плотность скоплений составляла 0,07–557,3 тыс. экз./км² (0,01–27,3 т/км²), в среднем – 37,6 тыс. экз./км² и 3,1 т/км². В то же время средняя плотность скоплений наваги в зал. Терпения (40,1 тыс. экз./км²

и 1,9 т/км²) была на одном уровне с аналогичным показателем в зал. Анива (34,9 тыс. экз./км² и 1,9 т/км²).

У южных Курильских островов размерный ряд наваги включал особей длиной от 6 до 44 см, при среднем значении 10,7 см. Общий размерный ряд был одномодальным, основу которого составляли сеголетки длиной 9–12 см (81,4%) (рис. 5). У юго-восточного Сахалина облавливалась навага размерами 8–41 см, при средней длине 14,4 см. Общий размерный ряд был бимодальным, основу численности составляли сеголетки длиной 10–11 см (31,7%) и особи размерами 16–18 см (16,5%).

По результатам съёмки численность сеголеток наваги у южных Курильских островов оценена

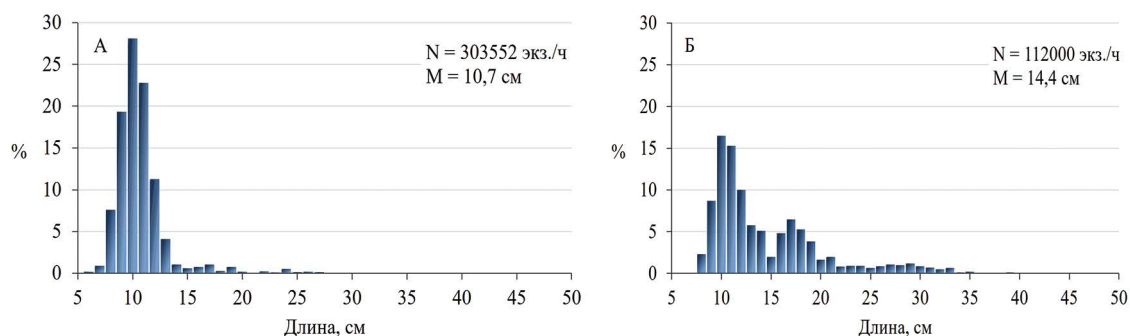


Рис. 5. Размерный состав наваги у южных Курильских островов (А) и юго-восточного Сахалина (Б)
 Fig. 5. The size composition of saffron cod off the southern Kuril Islands (A) and southeastern Sakhalin (B)

в 5 613,6 млн экз., а биомасса в 44,8 тыс. т. При этом численность взрослых особей составила 77,2 млн экз., биомасса – 5,4 тыс. т. У юго-восточного Сахалина запас наваги длиной менее 15 см оценён в 7 502,6 млн экз. (биомасса 58,3 тыс. т), для особей длиной более 15 см – 1 032,4 млн экз. (биомасса 89,9 тыс. т).

Южная двухлинейная камбала *Lepidopsetta mochigarei* Snyder, 1911. В период выполнения донной съёмки у южных Курильских островов встречена в 54,2% уловов, в диапазоне глубин 38–300 м (рис. 6). Её скопления различной плотности наблюдались от Южно-Курильского пролива до северо-восточной периферии полигона исследований, где общие плотностные характеристики параметров обилия варьировали в пределах 0,05–8,7 тыс. экз./км² (0,003–4,2 т/км²), в среднем составляя 2,2 тыс. экз./км² и 0,7 т/км².

В период выполнения исследований у юго-восточного Сахалина вид встречен в 26,5% тралений в диапазоне глубин 27–190 м (рис. 6). Результативные уловы камбалы получены только в пределах акватории зал. Анива и частично в охотоморских водах восточнее м. Анива, где плотность её скоплений варьировала в пределах 0,05–14,9 тыс. экз./км² (0,01–4,8 т/км²), в среднем составляя 1,3 тыс. экз./км² и 0,4 т/км².

У южных Курильских островов размерный ряд южной двухлинейной камбалы находился в пределах 9–49 см, при средней длине 28,3 см (рис. 7). Основу

уловов составляли молодь длиной 18–23 см (34,3%), средне- и крупноразмерные особи промыслового размера, среди которых выделялась модальная группа размерами 35–40 см (23,4%). У юго-восточного Сахалина размерный ряд складывали особи длиной 18–41 см, при среднем её значении 28,7 см. Основу уловов составляли средне- и крупноразмерные особи промыслового размера 25–32 см (72,3%). Доля особей непромысловой длины составила 0,9%.

По результатам съёмки у Южных Курил численность и биомасса южной двухлинейной камбалы оценены в 15,9 млн экз. и 5,3 тыс. т, у юго-восточного Сахалина – в 6,7 млн экз., биомасса – 2,3 тыс. т.

Желтопёрная камбала *Limanda aspera* Pallas, 1814 элиторальный вид, самый многочисленный вид камбал в дальневосточных морях, особенно в Японском и Охотском морях, имеющий промысловую ценность.

На обследованной акватории у южных Курильских островов камбала встречена только в уловах четырёх тралений (3,8%), выполненных в Южно-Курильском проливе на глубинах 68–90 м, где плотность скоплений варьировала в пределах 0,05–3,0 тыс. экз./км² (0,002–0,2 т/км²), в среднем составляя 0,8 тыс. экз./км² и 0,07 т/км² (рис. 8).

У юго-восточного Сахалина встречаемость желтопёрной камбалы была значительно выше и составляла 45,8% (рис. 8). Её скопления различной плотности были

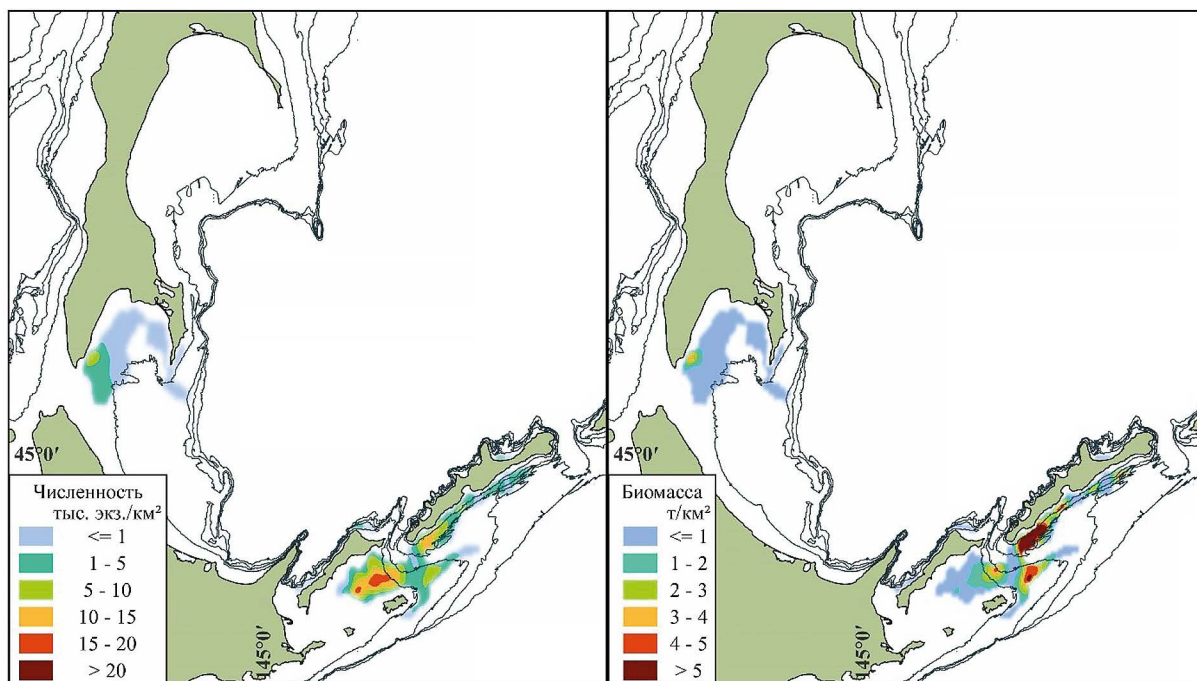


Рис. 6. Пространственное распределение южной двухлинейной камбалы у южных Курильских островов и юго-восточного Сахалина

Fig. 6. Spatial distribution of the southern rock sole off the southern Kuril Islands and southeastern Sakhalin

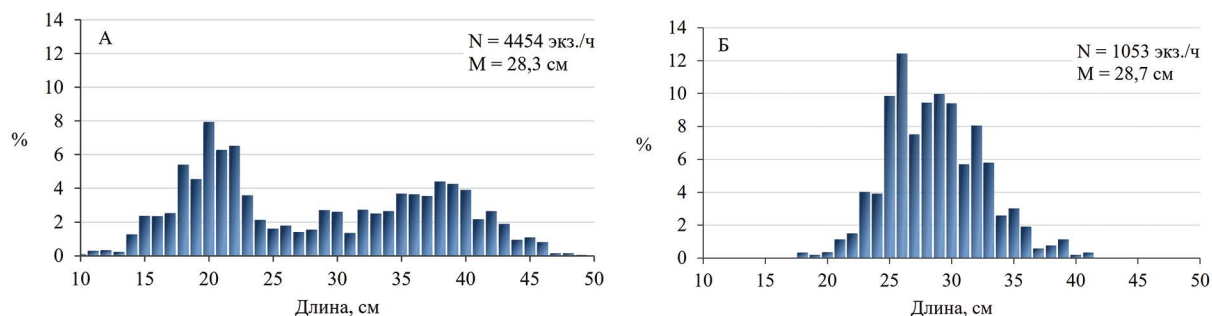


Рис. 7. Размерный состав южной двухлинейной камбалы у южных Курильских островов (А) и юго-восточного Сахалина (Б)
 Fig. 7. The size composition of the southern rock sole off the southern Kuril Islands (A) and southeastern Sakhalin (B)

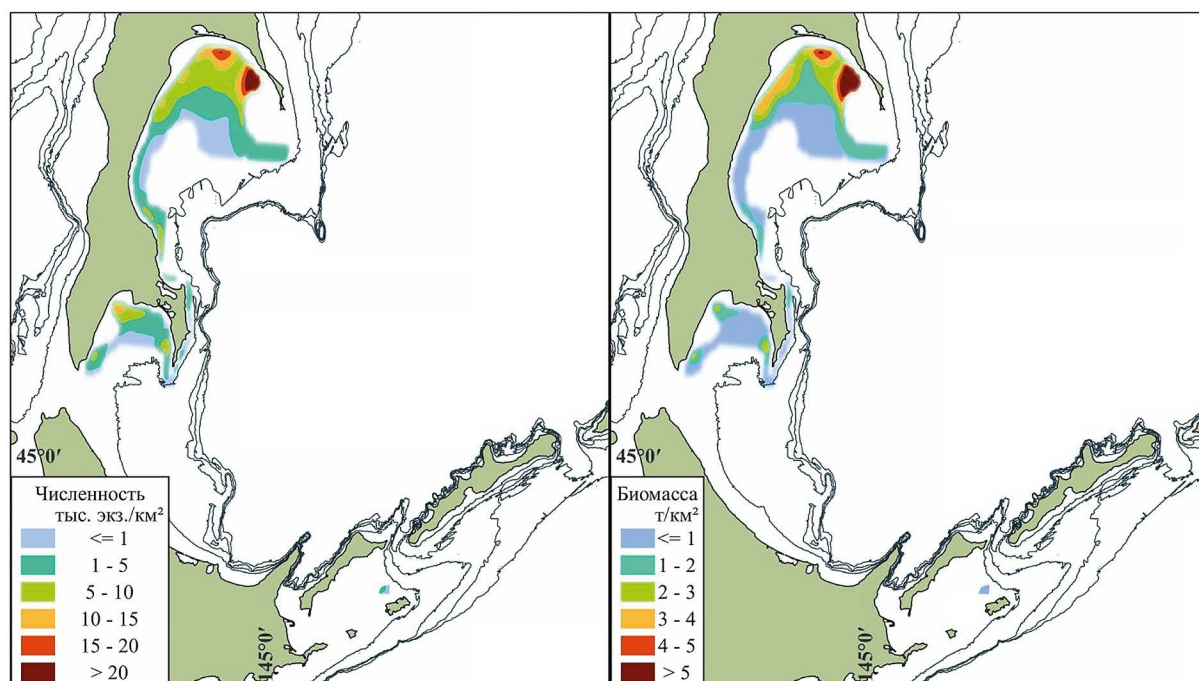


Рис. 8. Пространственное распределение желтопёрой камбалы у южных Курильских островов и юго-восточного Сахалина
 Fig. 8. Spatial distribution of yellowfin sole in the southern Kuril Islands and southeastern Sakhalin

расположены на изобатах, не превышающих 100 м. Общая плотность скоплений на обследованной акватории варьировала в пределах 0,05–37,7 тыс. экз./км² (0,008–13,7 т/км²), в среднем – 5,1 тыс. экз./км² и 1,5 т/км². По данным проведённых исследований в зал. Анива плотностные характеристики скоплений камбалы были в 2 раза ниже по численности и в 3 раза ниже по биомассе (3,2 тыс. экз./км² и 0,7 т/км²), чем в зал. Терпения (6,8 тыс. экз./км² и 2,3 т/км²).

В общем размерном составе камбалы у юго-восточного Сахалина от 11 до 47 см (средняя длина 28,5 см) преобладали среднеразмерные особи длиной 26–30 см (39,1%) (рис. 9). Доля рыб меньше промысловой длины составила 5,5%.

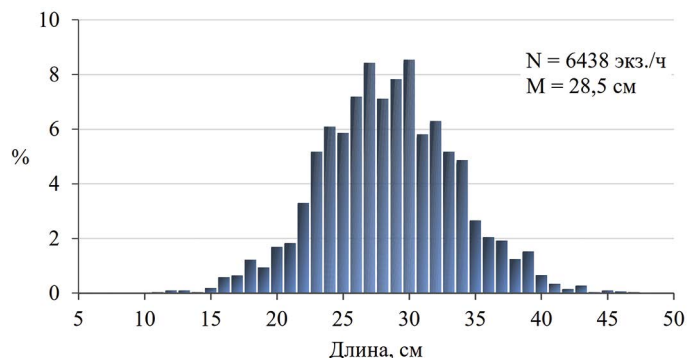


Рис. 9. Размерный состав желтопёрой камбалы у юго-восточного Сахалина
 Fig. 9. The size composition of yellowfin flounder in southeastern Sakhalin

По результатам съёмки на обследованной акватории у юго-восточного Сахалина численность желтопёрой камбалы оценена в 98,9 млн экз., биомасса — 31,7 тыс. т.

Собранные материалы по биологии водных биологических ресурсов в ходе выполнения экспедиционных исследований послужат для дальнейшей оценки состояния их запасов, разработки мер и рекомендаций эффективного и рационального промысла у южных Курильских островов и юго-восточного Сахалина.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность членам экипажа РС «Дмитрий Песков» за помощь в сборе научной информации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Исследование проводилось в соответствии с Государственным заданием ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Аксютин З. М.* 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных наблюдениях. М.: Пищевая промышленность. 288 с.
- Правдин И. Ф.* 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-ть, 376 с.
- Савин А. Б.* 2011. Методические рекомендации по планированию и проведению учётных донных траловых съёмки в Дальневосточном бассейне // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 22. С. 68–78.

REFERENCES

- Aksyutina Z. M.* 1968. Elements of mathematical evaluation of observation results in biological and fisheries observations. Moscow: Food Industry. 288 p. (In Russ.)
- Pravdin I. F.* 1966. Guide to the Study of Fish. Moscow: Food industry. 376 p. (In Russ.)
- Savin A. B.* 2011. Methodological recommendations for planning and conducting accounting bottom trawling surveys in the Far Eastern basin // Research aquatic biol. resources of Kamchatka and the north-west parts of the Pacific Ocean. Iss. 22. Pp. 68–78. (In Russ.)

Поступила в редакцию 01.04.2026 г.



УДК: 597.553.2:639.211(571.645)

Информация. Экспедиции ВНИРО

Результаты экспедиционных работ на Северных Курильских островах по мониторингу подходов тихоокеанских лососей и сбору биостатистических показателей в летний период 2025 г.

Т. Ю. Углова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187
E-mail: tasha-ug@yandex.ru
SPIN-код: Т.Ю.Углова – 9320–9530

Цель: представить данные, полученные при осуществлении мониторинга подходов четырёх видов тихоокеанских лососей (нерки, горбуши, кеты и кижуча) в 2025 г. к о. Парамушир и о. Шумшу на Северных Курилах. **Метод:** Сбор материала для биологического анализа осуществлялся на основе общепринятых методик. Сбор материала для биологического анализа проводился на базах рыбоперерабатывающих компаний ООО «Алаид» и АО «Северо-Курильская База Сейнерного Флота». **Результаты:** Подходы тихоокеанских лососей во время преднерестовой миграции у побережья о. Парамушир не были многочисленными. Доля горбуши от общего вылова в 2025 г. в Северо-Курильской зоне составила 34,7%, кеты – 29,2%, нерки – 28,2%, доля кижуча была минимальной и составила 7,9%. Был проведён биологический анализ 896 экз. тихоокеанских лососей, определён возраст у 579 экз. **Новизна:** получены актуальные данные о соотношении видового разнообразия в подходах тихоокеанских лососей, а также их биологические характеристики в 2025 г. **Практическая значимость:** полученные результаты будут положены в основу для разработки материалов прогнозируемого объёма добычи (вылова) тихоокеанских лососей Северных Курильских островов.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, о. Парамушир, биологическая характеристика.

Results of expeditionary work on the Northern Kuril Islands to monitor the approaches of Pacific salmon and collect biostatistical indicators in summer 2025

Tatyana Yu. Uglova

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okružhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

The purpose to present data obtained during monitoring of four species: sockeye salmon, pink salmon, chum salmon, coho salmon approaches to Paramushir Island in the Northern Kuril Islands in 2025. **Methods used:** material collection and biological analysis were carried out using generally accepted methods. **The research material** for biological analysis was collected at the bases of the fish processing companies LLC «Alaid» and JSK «North Kuril Seiner Fleet Base». **Results:** the approaches of Pacific salmon during pre-spawning migration off the coast of Paramushir Island were not numerous. Pink salmon accounted – for 34.7% of the total catch in the North Kuril zone in 2025, chum salmon for 29.2%, and sockeye salmon – for 28.2%. Coho salmon accounted for the lowest share at 7.9%. A biological analysis of 896 Pacific salmon specimens was conducted, and the age of 579 specimens was determined. **Innovations:** up-to-date data on the ratio of species diversity in Pacific salmon runs, as well as their biological characteristics in 2025, were obtained. **Practical significance:** the obtained results will form the basis for developing materials for projected Pacific salmon harvest (catch) volumes in the northern Kuril Islands.

Keywords: Pacific salmon, Paramushir Island, biological characteristics.

Исследования проводились с 25 июня по 30 июля в рамках Государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» и п. 60 Перечня приоритетных морских и пресноводных экспедиционных исследований ФГБНУ «ВНИРО» на 2025 год.

Экспедиционные работы по мониторингу подходов производителей тихоокеанских лососей включали в себя проведение биологических анализов на береговых предприятиях рыбодобывающих компаний ООО «Алаид» и АО «Северо-Курильская База Сейнер-

ного Флота» (АО «СК БСФ»). Сбор материала и проведение биологического анализа осуществлялись на основе общепринятых методик [Глубоковский и др., 2017]. Для определения возрастного состава тихоокеанских лососей отбирали пробу чешуи [Ельников, Зеленников, 2024]. Статистическая обработка материала проводилась при помощи программы Microsoft Excel 2010.

Район проведения научно-исследовательских работ в полевой сезон 2025 г. представлен на рис. 1

(визуализация данных на топографической основе проведена в QGIS Desktop 3.32.1¹ и доработана автором).

Собранный и обработанный материал приведён в табл. 1.



Рис. 1. Схема районов сбора материалов на Северных Курилах на указанных номерах рыболовных участках

Fig. 1. Map of the areas for collecting materials in the Northern Kuril Islands at the fishing grounds indicated by numbers

Таблица 1. Количество биологических анализов тихоокеанских лососей

Table 1. Number of Pacific salmon sampled for biological analyses

Наименование вида ВБР	Объём собранного материала, экз.	Объём собранного материала для определения возраста, экз.
Горбуша	317	–
Кета	197	197
Нерка	371	371
Кижуч	11	11

Характеристика промысла тихоокеанских лососей северных Курильских островов

В 2025 г. в первой декаде июля температура поверхности Охотского моря колебалась в пределах

6–8 °С. К 3-й декаде июля температура составляла около 8 °С, в 1-й декаде августа вода прогрелась до 9 °С и не превышала 10 °С к концу августа².

Неустойчивые погодные условия и шторма не позволяли в первой половине июля стабильно работать рыболовецким бригадам. Низкие уловы в начале августа, вероятно, связаны с высокой сейсмоактивностью в регионе и последствиями, вызванными цунами (произошедшего 30 июля) и повлекшими повреждение орудий лова и прибрежной инфраструктуры.

Горбуша – *Oncorhynchus gorbuscha*, (Walbaum, 1792). В пятой пятидневке июня доля в вылове производителей составляла 61%, затем произошло снижение до 35,9% и на приблизительно таком уровне показатель держался 3 пятидневки. В 3-й пятидневке июля доля производителей в вылове основа увеличилась до 47,8% и далее наблюдался спад численности до 15,7% ко 2-й пятидневке августа. Начиная с 3-й пятидневки августа, доля данного вида в уловах не превышала 2,3% (рис. 2).

Кета – *Oncorhynchus keta*, (Walbaum, 1792). Подходы были также малочисленными, но если в конце июня доля в вылове составляла до 44,1%, то в дальнейшем наблюдался её спад. Начиная со 2-й пятидневки июля до 1-й пятидневки августа, доля производителей в вылове колебалась в пределах 17,7–27,7%. С первой пятидневки августа доля в уловах выросла с 31,3 до 51,4% к концу путины (рис. 2).

Нерка – *Oncorhynchus nerka*, (Walbaum, 1792). К 4-й пятидневке июня (в начале открытия промысла) доля производителей в уловах составляла около 35,0%. С 5-й пятидневки июня до 1-й пятидневки июля включительно, её доля в общем вылове колебалась в пределах 17,9–24,4%. Начиная со 2-й пятидневки июля до конца путины наблюдался равномерный спад численности с 37,9% до 7,0%, исключение составила 6-я пятидневка июля, когда доля данного вида в улове приблизилась к 46,4% (рис. 2).

Кижуч – *Oncorhynchus kisutch*, (Walbaum, 1792). Отмечался в уловах с 10-х чисел июля, и был представлен единичными экземплярами (менее 2,5%). С первой декады августа доля данного вида начала увеличиваться с 9,0 до 41,7% к концу августа. С 3-й пятидневки августа, доля в улове составляла 57,3% (рис. 2) и формировала основу вылова.

Биологические показатели тихоокеанских лососей, вылавливаемых на Северных Курилах в период нерестового хода

¹ QGIS Desktop 3.32.1: <https://qgis.org/> 18.09.2025.

² Гидрометцентр России. <https://meteoinfo.ru/seascurrentsst?ysclid=m1gii95wud873588837> 04.09.2025.

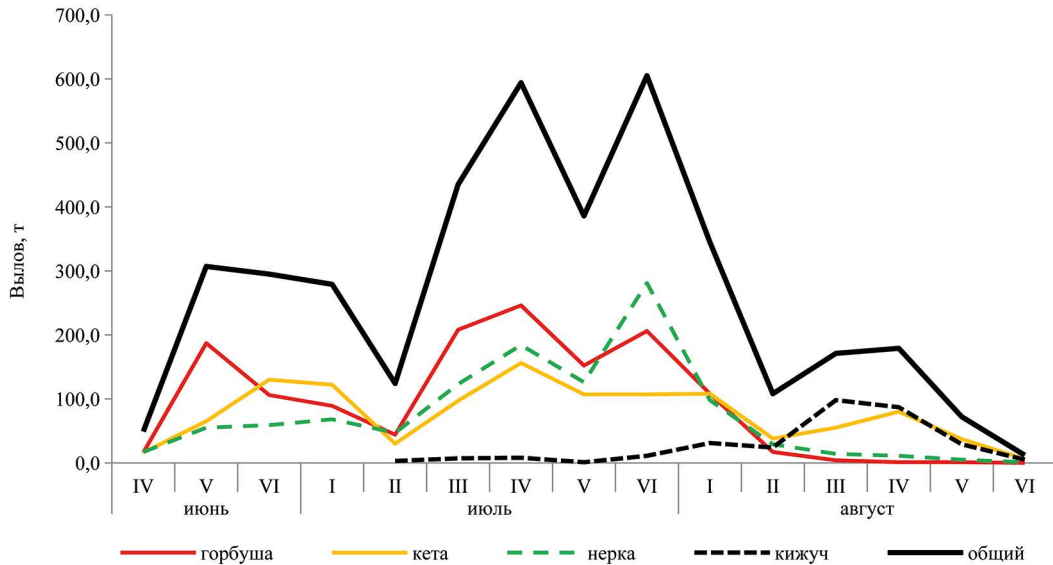


Рис. 2. Динамика вылова 4-х видов тихоокеанских лососей в Северо-Курильской зоне

Fig. 2. Dynamics of catch of 4 species of Pacific salmon in the North Kuril zone

Горбуша. Средние показатели в 2025 г. составили: АС – 48,5±0,2 (34,0–58,0) см; М – 1422,0±19,1 (456,0–2753,0) г; 41,7% самок. В начале подходов производителей (с 20-х чисел июня) наблюдались в среднем, минимальные значения размерно-массовых показателей и до конца июля отмечалось равномерное их увеличение с 45,8 до 51,3 см и с 1235,5 до 1726,0 г. (оба пола). Выборку производителей на биологический анализ с о. Шумшу удалось собрать однократно (25.07.2025 г.). Размерно-массовые показатели составили в среднем 47,9 см и 1365,0 г. (оба пола). Результаты полученных данных биологических анализов представлены в табл. 2 (стр. 4).

Нерка. Размерно-массовые характеристики в 2025 г. составили: АС – 57,5±1,4 (41,0–69,0) см; М – 2405,1±18,6 (621,0–3502,0) г; 52,6% самок.

Аналогично с динамикой изменения размерно-массовых показателей горбуши у производителей данного вида также имелась тенденция увеличения размерно-массовых характеристик с 20-х чисел июня к концу июля с 55,2 до 58,4 см и с 2073,4 до 2537,0 г (оба пола). Выборку нерки на биологический анализ с о. Шумшу также удалось собрать однократно (25.07.2025 г.). Размерно-массовые показатели составили в среднем 57,1 см и 2434,6 г. (оба пола). Результаты полученных данных биологических анализов представлены в табл. 3 (стр.4).

Возрастной состав нерки представлен четырьмя группами (табл. 4).

Таблица 4. Возрастной состав нерки Северных Курил, %

Table 4. Age composition of sockeye salmon in the Northern Kuril Islands, %

Пятидневки июля	Возрастные группы			
	3+	4+	5+	6+
I	0,5	72,0	27,5	–
II	3,9	73,7	22,4	–
III	8,7	71,1	18,8	1,4
IV	8,2	73,7	18,1	–
V	7	74,0	19,0	–
VI	14,8	80,0	5,2	–

Кета. Размерно-массовые характеристики кеты в 2025 г. в среднем составляли: АС – 58,5±0,4 (37,0–74,0) см; М – 2621,8±57,6 (483,0–5560,0) г; 49,2% самок. Как и у других представителей тихоокеанских лососей, подходящих к побережью о. Парамушир, у производителей зафиксировано увеличение средних размерно-массовых показателей с начала путины до конца июля с 57,5 до 59,4 см и с 2431,9 до 2739,7 г (оба пола). В июле была собрана выборка для биологического анализа производителей с о. Шумшу (однократно – 25.07.2025 г.). Показатели составили в среднем 59,4 см и 2646,2 г (оба пола). Результаты полученных данных биологических анализов представлены в табл. 5.

Возрастной состав кеты представлен четырьмя группами (табл. 6).

Таблица 2. Биологическая характеристика горбуши Северных Курил о. Парамушир и о. Шумшу (25.07)
Table 2. Biological characteristics of pink salmon in the Northern Kuril Islands, Paramushir and Shumshu (July 25)

Дата	Длина тела по Смитту, см			Масса тела, г			ИАП, шт. икр.	Коэффициент упитанности по Фультону	ГСИ	Доля самок, %	N, экз.
	оба пола	самцы	самки	оба пола	самцы	самки					
01-05.07	45,8±0,5	46,0±0,9	45,6±0,4	1235,5±45,5	1269,0±80,2	1203,5±58,6	1177±20	1,26±0,01	8,2±0,4	48,0	50
2025	34,0-55,0	34,0-55,0	42,0-50,0	456,0-2246,0	456,0-2246,0	724,0-1485,0	1001-1489	0,91-1,42	1,4-14,0		
11-15.07	47,8±0,2	48,3±0,4	46,8±0,3	1347,3±25,3	1411,3±34,2	1233,6±26,3	1170±14	1,23±0,01	7,2±0,2	36,0	100
2025	40,0-54,5	40,0-54,5	42,0-49,0	826,0-2103,0	850,0-2103,0	826,0-1462,0	1001-1420	0,97-1,84	2,3-14,0		
16-20.07	49,3±0,3	50,2±0,6	48,2±0,3	1498,7±35,0	1594,9±54,5	1371,0±29,0	1186±11	1,23±0,01	9,4±0,3	43,0	107
2025	35,0-58,0	35,0-58,0	45,0-52,0	497,0-2654,0	497,0-2654,0	915,0-1780,0	865-1447	1,00-1,71	1,6-15,5		
21-25.07	49,7±0,4	50,7±0,5	48,4±0,5	1443,7±42,6	1520,7±59,6	1337,4±52,5	1719±34,2	1,16±0,02	8,7±0,3	42,0	50
2025	40,5-58,0	47,0-58,0	40,5-51,0	684,0-2291,0	1084,0-2291,0	684,0-1632,0	1434-2337	0,65-1,38	3,1-14,2		
26-30.07	51,3±0,6	52,5±0,7	49,7±0,4	1726,0±55,2	1884,5±97,4	1518,9±53,4	1723±69	1,26±0,02	9,5±0,6	46,7	30
2025	46,0-58,0	44,0-55,0	47,0-53,0	1200,0-2753,0	1280,0-2753,0	1200,0-1882,0	1344-2237	1,08-1,61	4,4-13,9		
25.07.	47,9±0,5	48,0±1,0	47,8±0,5	1365,0±65,8	1388,0±90,6	1335,0±50,2	1697±49	1,22±0,02	10,0±0,5	43,3	30
2025	42,0-55,0	42,0-55,0	43,0-50,0	920,0-2201,0	920,0-2201,0	993,0-1573,0	944-2413	1,04-1,46	5,4-20,3		

Примечание: над чертой арифметическая средняя ± ст. ошибка, под чертой – пределы варьирования признака.

Таблица 3. Биологическая характеристика нерки Северных Курил о. Парамушир и о. Шумшу (25.07.2025 г.)
Table 3. Biological characteristics of sockeye salmon in the Northern Kuril Islands, Paramushir and Shumshu (July 25)

Дата	Длина тела по Смитту, см			Масса тела, г			ИАП, шт. икр.	Коэффициент упитанности по Фультону	ГСИ	Доля самок, %	N, экз.
	оба пола	самцы	самки	оба пола	самцы	самки					
06-10.07	55,2±0,4	55,2±0,6	55,3±0,5	2073,4±51,5	2105,5±80,3	2048,3±67,9	3722±63	1,22±0,02	5,4±0,3	56,0	50
2025	50,0-61,5	51,0-61,5	50,0-60,0	1422,0-2952,0	1430,0-2874,0	1422,0-2952,0	2888-4340	1,05-2,04	0,7-10,8		
11-15.07	57,0±0,3	56,6±0,4	57,3±0,3	2318,5±36,5	2268,0±51,2	2360,0±49,4	3673±101	1,25±0,01	3,8±0,3	55,0	51
2025	50,0-62,0	50,0-59,0	53,0-67,0	1534,0-3127,0	1534,0-2583,0	1817,0-3127,0	2239-4623	1,05-1,42	0,8-9,2		
16-20.07	57,3±0,6	58,4±1,0	56,3±0,5	2373,1±67,5	2492,0±119,1	2270,2±69,6	2714±94	11,24±0,01	5,9±0,4	53,6	69
2025	41,0-69,0	41,0-69,0	49,0-61,0	843,0-3502,0	843,0-3502,0	1131,0-2937,0	1434-4714	0,81-1,47	0,4-12,9		
21-25.07	58,6±0,5	59,2±1,0	58,1±0,5	2550,0±67,0	2598,2±136,3	2514,2±59,8	2784±53	1,25±0,02	8,6±0,4	57,3	61
2025	48,0-66,0	48,0-66,0	51,0-64,0	621,0-3465,0	621,0-3465,0	1575,0-3342,0	2004-3560	0,56-1,83	5,5-12,1		
26-31.07	58,4±0,6	58,2±0,6	58,2±0,3	2537,0±71,9	2595,7±69,5	2468,1±37,2	3510±55	1,26±0,01	5,9±0,5	46,0	100
2025	48,0-67,0	48,0-67,0	53,0-62,0	1433,0-3486,0	1433,0-3486,0	1880,0-2635,0	2680-4315	1,12-1,61	1,3-16,5		
25.07.	57,1±0,3	56,1±1,1	58,0±0,6	2434,6±41,5	2353,4±127,8	2508,0±73,3	2930±35	1,29±0,01	6,1±0,4	52,5	40
2025	42,0-65,0	42,0-62,0,0	53,0-65,0	940,0-3102,0	940,0-3102,0	1607,0-3060,0	2485-3628	1,27-1,47	1,6-13,7		

Примечание в табл. 3 аналогично примечанию к табл. 2.

Таблица 5. Биологическая характеристика кеты Северных Курил о. Парамушир и о. Шумшу (25.07)
Table 5. Biological characteristics of chum salmon in the Northern Kuril Islands, Paramushir and Shumshu (July 25)

Дата	Длина тела по Смитту, см			Масса тела, г			ИАП, шт. мкр	Коэффициент упитанности по Фулгону	ГСИ	Доля самок, %	N, экз.
	оба пола	самцы	самки	оба пола	самцы	самки					
06-10.07	57,5±1,5	57,5±1,8	57,4±2,7	2431,9±185,4	2441,2±221,7	2413,4±373,3	2437±50	1,25±0,04	5,2±1,0	33,3	15
2025	48,0-65,0	48,0-65,0	50,0-64,0	1462,0-3310,0	1528,0-3310,0	1462,0-3256,0	2260-2579	1,05-1,59	0,8-17,9		
11-15.07	56,8±1,3	61,3±1,7	53,5±1,2	2392,0±201,7	2997,5±331,7	1959,6±185,7	2766±65	1,26±0,05	6,8±1,0	58,3	24
2025	48,0-71,0	55,0-71,0	48,0-65,0	1258,0-5454,0	1968,0-5454,0	1258,0-3556,0	2375-3244	0,98-2,14	0,2-17,5		
16-20.07	59,2±1,0	60,7±1,6	57,5±1,2	2736,5±150,7	2974,6±237,5	2481,3±102,8	2463±41	1,28±0,02	8,2±1,8	48,3	29
2025	47,5-71,0	47,5-71,0	48,0-65,0	1387,0-4790,0	1387,0-4790,0	1390,0-3556,0	2103-2850	0,99-1,43	0,2-17,2		
21-25.07	58,2±0,7	59,0±1,1	57,4±0,8	2604,1±99,8	2799,4±161,5	2421,0±113,4	2424±36	1,28±0,02	8,2±0,5	51,6	62
2025	37,0-69,0	37,0-67,0	51,0-69,0	483,0-3692,0	483,0-4148,0	1425,0-3982,0	1764-2986	0,49-1,57	0,4-16,2		
26-31.07	59,4±0,7	61,3±1,1	57,4±0,6	2739,7±124,5	3061,6±206,1	2389,9±90,0	1877±129	1,27±0,02	9,2±0,7	47,9	48
2025	51,0-74,0	51,0-74,0	51,3,0-64,0	1647,0-5560,0	1647,0-5560,0	1749,0-3616,0	1020-2891	1,03-1,55	0,7-20,7		
25.07.	59,4±0,8	59,8±1,2	59,0±1,1	2646,2±114,7	2693,3±175,3	2593,9±152,9	2634±56	1,25±0,02	6,3±1,1	47,4	19
2025	55,0-68,0	55,0-68,0	55,0-66,0	2016,0-3906,0	2016,0-3906,0	2021,0-3418,0	2143-2899	1,09-1,50	0,1-14,7		

Примечание в табл. 5 аналогично примечанию к табл. 2.

Таблица 6. Возрастной состав кеты Северных Курил, %
Table 6. Age composition of chum salmon in the Northern Kuril Islands, %

Пятидневки июля	Возраст			
	2+	3+	4+	5+
II	-	66,7	33,3	-
III	-	29,2	50,0	20,8
IV	3,4	27,6	48,3	20,7
V	2,5	28,2	64,5	4,8
VI	-	45,8	39,6	14,6

Кижуч. Размерно-массовые характеристики составили в 2025 г.: АС – 54,4 (46,0–67,0)±1,8 см; М – 2050,4 (1097,0–3964)±229,7 г; ГСИ – 6,4 (2,9–9,5)±0,7.

С 11.07–29.07 был выполнен биологический анализ 11 экземпляров. Все рыбы были в возрасте 1.2+.

Благодарности

Автор выражает благодарность руководству ООО «Азимут» в лице П. Г. Шакун, коллективу предприятия и лично А. В. Фирсову, руководству ООО «Алаид», и отдельно начальнику цеха И. М. Смоляковой, а также исполнительному директору АО «СК БСФ» А. Г. Тетереву за помощь в осуществлении проведения данных работ.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Исследование проводилось в соответствии с Государственным заданием ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

Глубоковский М. К., Марченко С. Л., Темных О. С., Шевляков Е. А. 2017. Методические рекомендации по исследованиям тихоокеанских лососей. М.: Изд-во ВНИРО. 80 с.

Ельников А. Н., Зелеников О. В. 2024. К методике определения возраста кеты // Труды ВНИРО. Т. 197. С. 36–42.

REFERENCES

Glubokovsky MK, Marchenko SL, Temnykh OS, Shevlyakov EA. Guidelines for Pacific Salmon Research. Moscow: VNIRO Publish. 80 p.

Yelnikov A. N., Zelennikov O. V. 2024. On the method of determining the age of chum salmon // Trudy VNIRO. T. 197. P. 36–42.

Поступила в редакцию 02.02.2026 г.



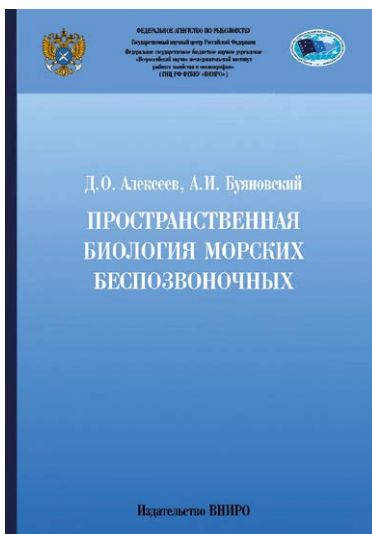
Информация. Новые книги издательства ВНИРО

Алексеев Д. О. Буяновский А. И. Пространственная биология морских беспозвоночных. М. Изд-во ВНИРО. 424 с.

В 2025 г. в издательстве ВНИРО вышла книга Д. О. Алексеева и А. И. Буяновского «Пространственная биология морских беспозвоночных». Авторы книги, сотрудники ВНИРО, в течение длительного времени занимаются вопросами популяционной биологии, и их монография, во многом, является обобщением изысканий в вопросах, связанных с динамикой и структурой популяций морских беспозвоночных.

Основная идея, развиваемая авторами в книге, — представление о пространственной биологии как самостоятельной дисциплине в рамках популяционной экологии (демэкологии), в основе которой лежит комплексный пространственно-временной подход к объяснению протекающих в популяциях процессов. Авторами показывается, как в единстве репродуктивных, миграционных, пищевых и сукцессионных процессов в популяциях реализуются общие жизненные экологические стратегии, лежащие в основе самого существования популяций.

Рассмотрение протекающих в популяциях процессов в неразрывной взаимосвязи между собой позволяет наиболее полно понять смысл и значение пространственных и темпоральных изменений, происходящих в популяциях. Возможности, предоставляемые применением пространственно-биологического подхода, показаны на примере описания динамики хорошо изученных популяций промысловых беспозвоночных, принадлежащих к разнообразным жизненным формам, от обладающих высокой подвижностью видов, до малоподвижных и неподвижных гидробионтов, характеризующихся различными продолжительностью жизни, характером миграций, пищевыми и репродуктивными стратегиями. Для этого последовательно рассмотрены представители беспозвоночных, характеризующихся разной степенью подвижности, миграционной активности и принадлежности к различным биотопам: подвижные пелагические



виды, совершающие чрезвычайно протяжённые миграции — командорский кальмар (*Beryteuthis magister*) и тихоокеанский кальмар (*Todarodes pacificus*); представители подвижного макробентоса, совершающие значительные миграции — камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus*) и краб-стригун опилю (*Chionoecetes opilio*), ведущие относительно подвижный образ жизни, но не совершающие значительных миграций — краб-стригун Бэрда (*Chionoecetes bairdi*) и травяная креветка (*Pandalus latirostris*); представитель малоподвижного бентоса — серый морской ёж (*Strongylocentrotus intermedius*) и, наконец, совершенно неподвижная во взрослом состоянии тихоокеанская мидия (*Mytilus trossulus*).

Подробное описание особенностей популяционной биологии выбранных видов позволяет последовательно проследить, как меняются особенности их жизненных стратегий, связанные не только с пространственными перемещениями особей, но и с продолжительностью жизненного цикла разных видов — от строго моноциклических видов, живущих всего около одного года и погибающих после завершения единственного репродуктивного цикла (*B. magister*, *T. pacificus*), до животных с продолжительностью жизни более 30 лет, проходящих в онтогенезе более десятка репродуктивных циклов (*P. camtschaticus*). В результате, читателю представляется широкий спектр сочетаний разной степени подвижности, различной продолжительности жизни и репродуктивных стратегий, в том числе и разной сложности репродуктивных циклов. Наиболее полная картина динамики популяций получается при этом, когда пространственные и временные аспекты их существования рассматриваются как составляющие динамики в единой пространственно-временной среде, в чём и заключается основной смысл описанного в данной книге пространственно-биологического подхода.

В завершающей книгу главе читателям предлагается несколько примеров того, как комплексный пространственно-биологический подход открывает новые возможности для более глубокого понимания популяционной биологии различных видов морских гидробионтов. Также показаны примеры того, насколько важно понимание всех аспектов популяционной биологии промысловых видов для их грамотной и рациональной эксплуатации.

В результате, вниманию читателей предлагается книга, показывающая возможности осмысленного подхода к пониманию популяционных процессов на основе комплексного рассмотрения всех динамических процессов, происходящих в популяциях

и которая будет полезна широкому кругу читателей, в первую очередь, экологам и гидробиологам, а также специалистам в области рыболовства и управления запасами водных гидробионтов, студентам и аспирантам, изучающим зоологию, экологию, гидробиологию, водные биологические ресурсы, рыбное хозяйство, аквакультуру и промышленное рыболовство, а также смежные специальности.

В.А. Бизиков, Д.О. Сологуб



Информация. Утраты

Памяти Александра Васильевича Зубченко (15.07.1948–12.10.2025)



После тяжёлой болезни ушёл из жизни Александр Васильевич Зубченко, выдающийся отечественный ихтиолог-исследователь, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Полярного филиала ВНИРО.

После окончания школы Александр Васильевич поступил на биологический факультет Пермского Государственного университета, по окончании которого в 1972 г. был по распределению направлен в Полярный НИИ рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, в стенах которого проработал до конца жизни. Свою научную деятельность Александр Васильевич начинал в должности старшего лаборанта в лаборатории сёмги.

Инициативного молодого специалиста откомандировали в штат организации Тралфлот, где в течение нескольких лет им собирался материал по паразитофауне морских рыб на научно-исследовательских судах «Одиссей», «Артемиды» и «Персей-III». В течение короткого времени Александром Васильевичем Зубченко была проделана огромная работа по изучению патогенных организмов у 81 вида рыб. Впервые для открытых вод Северной Атлантики были обобщены

данные о 224 видах паразитов, из которых 14 видов, 2 рода и 1 семейство оказались новыми для науки.

В 1975 г. Александр Васильевич перешёл в организованный к тому времени сектор болезней рыб, где занимался изучением паразитов сига и тупорылого макруруса, собирая материал для кандидатской диссертации.

Талант и трудолюбие молодого специалиста были отмечены руководством, в июле 1976 г. Александр Васильевич был переведён на должность младшего научного сотрудника, в июне 1978 г. – старшего научного сотрудника, а с начала 1984 г., с учётом качеств сложившегося учёного и организаторских способностей, – рекомендован на должность заведующего отделом биоресурсов внутренних водоёмов. В том же году Александр Васильевич в МГУ им. М.В. Ломоносова защитил кандидатскую диссертацию «Паразитофауна промысловых рыб из открытых вод Северной Атлантики».

В конце 1985 г. Александр Васильевич утверждён в должности заведующего отделом биоресурсов внутренних водоёмов. Отдел объединил три подразделения: лабораторию проходных лососевых (ранее – лаборатория сёмги), лабораторию биохимии гидробионтов и лабораторию аквакультуры. Под руководством Александра Васильевича была разработана биотехника полноценного товарного выращивания атлантического лосося в условиях Мурманской области, разработаны лососевые корма и нормы кормления.

После реструктуризации отдела Александр Зубченко возглавил лабораторию биоресурсов внутренних водоёмов, действующую поныне. Под руководством учёного были осуществлены масштабные полевые исследования нерестово-выростного фонда сёмги в реках Мурманской области. Подготовлено научное обоснование для успешного развития в Мурманской области любительского рыболовства сёмги, включая лов по принципу «поймал-отпустил», которое в настоящее время является визитной карточкой области.

Исследователем опубликовано более 100 научных работ в российских и зарубежных изданиях. В 2006 г. Александр Васильевич успешно защитил диссертацию на соискание учёной степени доктора биологических наук на тему «Особенности биологии, состояние

и управление запасами атлантического лосося (*Salmo salar* L.) Кольского полуострова».

Большое значение имело участие Александра Васильевича Зубченко в работе Организации по сохранению атлантического лосося в северной части Атлантического океана (НАСКО), практически с момента образования этой организации в конце 1980-х гг. Благодаря жёсткой позиции советской делегации, которую представлял Александр Зубченко, был запрещен морской промысел лосося в Фарерской рыболовной зоне, дрейфтерный промысел лосося в Норвежском море, где нагуливается сёмга из российских рек, включая реки Мурманской области. Не меньшее значение имело участие учёного в заседаниях Рабочей группы ИКЕС по лососю Северной Атлантики.

Александр Васильевич щедро делился своим богатым опытом с молодыми специалистами, способствуя их профессиональному росту. Под его руководством подготовлены и защищены пять кандидатских диссертаций.

В 2019 г. Александр Васильевич был награжден Почётным дипломом участника конкурса монографий и научных трудов, направленных на социально-экономическое и инновационное развитие Мурманской области в номинации «Технические и естественные науки».

За многолетний добросовестный и безупречный труд, профессиональное мастерство, за заслуги в области развития международного сотрудничества и от-

стаивание интересов отечественного рыболовства, за эффективную работу по сохранению и рациональному использованию запасов атлантического лосося Александр Васильевич Зубченко был многократно награжден почётными грамотами ПИНРО, благодарственным письмом Главы города Мурманска, благодарностью Губернатора Мурманской области, почётной грамотой Роскомрыболовства, медалью «300 лет Российскому флоту». Указом президента РФ учёному присвоено почетное звание «Заслуженный эколог Российской Федерации».

Александр Васильевич был исключительно скромным и доброжелательным человеком, настоящим тружеником, учёным, обладавшим глубокими знаниями в разных областях биологии. Он постоянно интересовался различными сторонами научной жизни института, в котором работал, и поддерживал деловые и дружеские связи с коллегами из отечественных и зарубежных научных организаций.

Даже будучи тяжело больным, Александр Васильевич продолжал удалённо работать дома и в стационаре, занимаясь написанием научных статей. Труды учёного ещё долго будут востребованы, а память о нём будет храниться в сердцах коллег и всех, кто его знал.

Соколов К. М., Ткаченко А. В.,
Алексеев М. Ю., Прусов С. В.

Основные публикации А. В. Зубченко

1981. Parasitic fauna of some Macrouridae in the Northwest Atlantic // Journal of Northwest Atlantic Fishery Science. V. 2. P. 67–72.

1985. Parasitic fauna of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) from the Northwest Atlantic // Journal of Northwest Atlantic Fishery Science. V. 6. P. 165–171.

1986. Паразитофауна рыб Баренцева моря. Морские рыбы. // Ихтиофауна и условия ее существования в Баренцевом море. Кол. фил. АН СССР. Апатиты: ММБИ. С. 232–251. (соавт. А. Б. Карасёв)

1991. Рекреационный лов лосося на Кольском полуострове (программа развития). Мурманск: Изд-во ПИНРО. 150 с. (соавт. Кузьмин О. Г., Новиков О. Н., Сорокин А. Л.).

2003. Лососевые реки Кольского полуострова. Река Кола. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 66 с. (соавт. Долотов С. И., Крылова С. С., Лазарева Л. В.).

2004. Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*): проблемы акклиматизации на Европейском Севере России. Петрозаводск-Мурманск: Фолиум. 82 с. (соавт. Веселов А. Е., Калюжин С. М.).

2006. Применение имитационного математического моделирования для оценки величины нелегального вылова семги (*Salmo salar*) в реке Умба // Вопросы рыболовства. Т. 7. № 2(26). С. 318–325. (соавт. Алексеев М. Ю., Криксунов Е. А.).

2007. Особенности воспроизводства атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в реке Умба (Кольский полуостров). Петрозаводск: Скандинавия. 164 с. (соавт. Калюжин С. М., Веселов А. Е., Алексеев М. Ю., Красовский В. В., Балашов В. В., Аликов Л. В.).

2017. Причины депрессивного состояния стада атлантического лосося реки Варзуга (Кольский полуостров) // Ученые записки Петрозаводского ГУ. № 2(163). С. 16–23 (соавт. Алексеев М. Ю.).

2018. Реестр лососевых рек Мурманской области. Бассейн Белого моря. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 308 с. (соавт. М. Ю. Алексеев, С. И. Долотов, Жилин А. Ю., Ермаева В. В., Карасёв А. Б. и др.).

2021. Состояние запасов и рыболовства андромных рыб Мурманской области – Мурманск: Изд-во ПИНРО. 72 с. (соавт. Прусов С. В., Алексеев М. Ю., Ткаченко А. В., Самохвалов И. В., Долотов С. В., Кузьмин Д. О., Потуткин А. Г.).

Эффективность искусственного воспроизводства атлантического лосося *Salmo salar* при выпуске молоди в разном возрасте на примере реки Кола (Кольский полуостров) // Вопросы ихтиологии. Т. 61. № 1. С. 109–118 (соавт. Алексеев М. Ю.).

2022. Реестр лососевых рек Мурманской области. Бассейн Баренцева моря. 2-е изд., перераб. и дополн. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 309 с. (соавт. Алексеев М. Ю., Долотов С. И., Кузьмин Д. О., Потуткин А. Г., Прусов С. В. и др.).

Оценка эффективности воспроизводства атлантического лосося *Salmo salar* (Salmonidae) в реке Кола (Кольский полуостров) на основе данных о плотности молоди // Вопросы ихтиологии. Т. 62. № 4. С. 466–475 (соавт. Алексеев М. Ю.).

2024. Состояние воспроизводства атлантического лосося в малых реках Мурманской области // Рыбное хозяйство. № 1. С. 64–72 (соавт. Алексеев М. Ю., Потуткин А. Г.).