



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

2025 г. Т. 201

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 ВИНИТИ 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)
Бимиш 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 ФГБУН «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 ФГБУН «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 ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)
Криксунов Е.А., профессор кафедры ихтиологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д.б.н., член-корреспондент РАН (Москва, Россия)
Кузицин 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)
Лендьель П., начальник отдела развития аквакультуры, Министерство сельского хозяйства Венгрии (Сарваш, Венгрия)
Мизюркин М.А., гл. научный сотрудник, Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), д.т.н., профессор (Владивосток, Россия)
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 «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 ФГБУН «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 ФГБУН «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 Гохуэй, Президент Академии рыбоводческих 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 16.12.2025 г.

Адрес редакции:

105187, Москва, проезд Окружной, 19.

Тел.: 8 (499) 369-92-86

E-mail: trudy@vniro.ru

© ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», 2025

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 the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («PINRO named after N.M. Knipovich»), 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 Russian Federal Research Institute of Fisheries («SakhNIRO»), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
- Laptikhovsky 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
- Mizyurkin M.A.*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Scientist of the Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («TINRO»), Vladivostok, 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
- Paptsov 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 Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («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

| | |
|---|----|
| Мухаметова О.Н. | |
| О нересте субтропических видов рыб в юго-восточной части Татарского пролива (по материалам 2025 г.) | 5 |
| Белоусов В.Н., Пятинский М.М., Шляхов В.А., Кульба С.Н., Битютский Д.Г., Надолинский Р.В. | |
| Роль пространственно-временной изменчивости морских течений в зимовальной миграции азовской хамсы в Чёрном море | 24 |
| Сидоров Л.К., Бизиков В.А. | |
| Применение беспилотных авиационных систем и технологии искусственного интеллекта для оценки численности байкальской нерпы | 33 |
| Матафонов Д.В. | |
| Опыт количественного учёта <i>Gammarus lacustris</i> (Crustacea: Amphipoda) в подлёдном слое озера Белое методом подводного видеонаблюдения | 48 |
| Евсеева Н.В. | |
| Эксплуатация полей пластообразующих красных водорослей в морях России | 56 |

ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

| | |
|--|----|
| Датский А.В., Антонов Н.П. | |
| Тресковые рыбы дальневосточных морей и тихоокеанских вод Камчатки и Курильских островов: запасы и перспективы промысла | 70 |

АКВАКУЛЬТУРА

| | |
|---|-----|
| Рудакова С.Л., Тюрина-Кузьмина Е.А., Черенков А.В., Мюге Н.С. | |
| Филогенетический анализ и молекулярно-эпидемиологическая характеристика изолятов вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани радужной форели из рыбоводных хозяйств России | 96 |
| Алимова А.Ш., Усатов А.В., Небесихина Н.А., Мюге Н.С. | |
| Динамика природного полиморфизма русского осетра в Азовском море за двадцатилетний период использования ремонтно-маточных стад в искусственном воспроизводстве | 109 |

СРЕДА ОБИТАНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

| | |
|--|-----|
| Косенко Ю.В., Горгола Л.Г., Кораблина И.В., Баскакова Т.Е. | |
| Результаты многолетнего мониторинга загрязнения ртутью компонентов экосистемы Нижнего Дона | 118 |
| Шаталин В.А., Интересова Е.А., Селезнева М.В. | |
| Влияние гидрологического режима пойменно-речной системы Средней Оби и температуры в весенний период на состояние запасов рыб с разной репродуктивной экологией | 131 |

ЭКОНОМИКА, МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО И НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

| | |
|--|-----|
| Толикова Е.Э. Багимов П.М. | |
| Отраслевые инструменты обеспечения арктической безопасности РФ | 140 |
| Огий О.Г. | |
| Оценка влияния цифровизации на результативность организаций рыболовства и аквакультуры | 154 |
| Побегайло М.Г. | |
| Совершенствование подходов к диагностике регионального рыбохозяйственного комплекса | 172 |

ИСТОРИЯ

| | |
|---|-----|
| Зиланов В.К. | |
| Министр А.А. Ишков в воспоминаниях учёных | 181 |
| Алексеев А.П. | |
| А.А. Ишков: отношение к науке и учёным | 186 |

ИНФОРМАЦИЯ

| | |
|---|-----|
| Шейбак А.Ю., Кузнецова Е.Н., Антонов Н.П. | |
| Результаты учётной траловой съёмки водных биологических ресурсов в Охотском море весной 2025 г. | 193 |
| Быков А.Д., Долгов А.В., Бражник С.Ю., Болтнев Е.А. | |
| Краткие результаты рыбохозяйственных исследований сублиторали залива Дежнёва (остров Земля Александры, архипелаг Земля Франца Иосифа) в 2025 г. | 199 |

CONTENTS

COMMERCIAL SPECIES AND THEIR BIOLOGY

| | |
|--|----|
| <i>Mukhametova O.N.</i> | |
| Eggs and larvae of subtropical fishes in the southeastern part of the Tatar strait in 2025 | 5 |
| <i>Belousov V.N., Piatinskii M.M., Shlyakhov V.A., Kulba S.N., Bitiutskii D.G., Nadolinskii R.V.</i> | |
| Role of sea current spatio-temporal variability in the Azov anchovy overwintering migration into the Black Sea..... | 24 |
| <i>Sidorov L.K., Bizikov V.A.</i> | |
| Application of unmanned aerial systems and artificial intelligence technology to assess the population of Baikal seals..... | 33 |
| <i>Matafonov D.V.</i> | |
| The experience of <i>Gammarus lacustris</i> (Crustacea: Amphipoda) counting in the under ice layer of the Beloe lake with the method of underwater imaging | 48 |
| <i>Evseeva N.V.</i> | |
| Exploitation of bed-forming red algae fields in Russian seas | 56 |

AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES

| | |
|--|-----|
| <i>Datsky A.V., Antonov N.P.</i> | |
| Cod fishes of the Far Eastern seas and the Pacific waters of Kamchatka and the Kuril Islands: stocks and fishery prospects | 70 |
| <i>AQUACULTURE</i> | |
| <i>Rudakova S.L., Tyurina-Kuzmina E.A., Cherenkov A.V., Mugue N.S.</i> | |
| Phylogenetic analysis and molecular epidemiological characteristics of infectious hematopoietic necrosis virus isolates from rainbow trout in Russian fish farms | 96 |
| <i>Alimova A.Sh., Usatov A.V., Nebesikhina N.A., Mugue N.S.</i> | |
| Dynamics of natural polymorphism of Russian sturgeon in the Sea of Azov over a twenty-year period of using broodstock in artificial reproduction | 109 |

HABITAT OF AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES

| | |
|--|-----|
| <i>Kosenko J.V., Gorgola L.G., Korablina I.V., Baskakova T.E.</i> | |
| Results of long-term monitoring of mercury contamination of components of the Lower Don ecosystem | 119 |
| <i>Shatalin V.A., Interesova E.A., Selezneva M.V.</i> | |
| The impact of the hydrological regime and temperature of the spring period in floodplain-river system on the catches of fish with different reproductive ecology in the Middle Ob River (Western Siberia)..... | 131 |

ECONOMICS, INTERNATIONAL COOPERATION AND REGULATORY BASES OF FISHERIES MANAGEMENT

| | |
|--|-----|
| <i>Tolikova E.E., Bagimov P.M.</i> | |
| Industry tools for arctic security of Russian Federation | 140 |
| <i>Ogiy O.G.</i> | |
| Assessing the impact of digitalization on the performance of fisheries and aquaculture organizations | 154 |
| <i>Pobegaylo M.G.</i> | |
| Improving approaches to the diagnosis of the regional fisheries complex | 172 |

HISTORY

| | |
|---|-----|
| <i>Zilanov V.K.</i> | |
| Minister A.A. Ishkov in the memoirs of scientists | 181 |
| <i>Alekseev A.P.</i> | |
| A.A. Ishkov: attitude to science and scientists..... | 186 |

INFORMATION

| | |
|---|-----|
| <i>Sheibak A.Y., Kuznetsova E.N., Antonov N.P.</i> | |
| The results of the accounting trawl survey of aquatic biological resources in the Sea of Okhotsk in the spring of 2025 | 193 |
| <i>Bykov A.D., Dolgov A.V., Brazhnik S.Y., Boltnev E.A.</i> | |
| Brief results of the fisheries survey of the sublitoral area of Dezhnev Bay, Alexandra Land, Franz Josef Land Archipelago in 2025 | 199 |

УДК 574.583: 597.4/5

Промысловые виды и их биология

О нересте субтропических видов рыб в юго-восточной части Татарского пролива (по материалам 2025 г.)

О.Н. Мухаметова

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

E-mail: muhametovaon@sakhniro.vniro.ru

SPIN-код: О.Н. Мухаметова – 4924-2367

Цель: анализ ихтиопланктона и характеристика икры и личинок мигрирующих субтропических видов рыб.

Методы: ихтиопланкtonные сборы, обработанные по общепринятым в РФ методикам.

Новизна: впервые после более чем 70-летнего перерыва получены данные по нересту скумбрии в юго-восточной части Татарского пролива. Нерест сардины в данном районе зарегистрирован впервые.

Результаты: в мае – первой половине июля ихтиопланктон был представлен типичными для района видами, преимущественно представителями семейства камбаловых. В третьей декаде июля резидентные виды рыб были замещены видами субтропического комплекса – японской скумбрией и дальневосточной сардиной. Их нерест стал возможен в результате увеличения численности популяций и формирования благоприятных температурных условий у северных границ ареала. Доминировали икра и личинки скумбрии. По результатам обловов разными сетями средняя численность икры скумбрии составляла 16,9-20,6 экз./м², личинок – 1,3-1,9 экз./м². Размеры икры и личинок скумбрии в 2025 г. были меньше, чем в 40-е годы прошлого столетия, что может быть следствием действия материнского эффекта. Доля нежизнеспособных икринок составляла 27%. Сардина была представлена только икрой со средней численностью 2,5-3,1 экз./м². Патологии были отмечены у 8% эмбрионов.

Практическая значимость: икра и личинки субтропических рыб являются индикаторами потепления вод Татарского пролива и современных экосистемных перестроек в летней ихтиофауне района. Данные о расширении репродуктивной части их ареала могут быть учтены в прогнозных оценках и рекомендациях по промыслу, а также в планировании специализированных исследований раннего онтогенеза мигрантов.

Ключевые слова: о. Сахалин, сардина, скумбрия, стадии развития, температура.

Eggs and larvae of subtropical fishes in the southeastern part of the Tatar strait in 2025

Olga N. Mukhametova

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

The aim: analysis of ichthyoplankton and characteristics of eggs and larvae of migrating subtropical species.

Methods: Ichthyoplankton samples, processed using generally accepted methods in the Russian Federation.

Innovations: data on chub mackerel spawning in the southeastern part of the Tatar Strait has been obtained for the first time after more than 70 years absence. Pacific sardine spawning has been recorded in study area for the first time.

Results: from May to the first half of July, ichthyoplankton was composed by typical species for study area, mainly by Pleuronectidae. In the third decade of July, resident species were replaced by species of subtropical complex – chub mackerel and Pacific sardine. Their spawning became possible as a result of increase in population abundance and formation of optimal temperature conditions at the northern boundary of areal. Mackerel eggs and larvae were predominant. Based on catches by different nets, the average density of mackerel eggs was 16.9-20.6 ind./m², density of mackerel larvae was 1.3-1.9 ind./m². The sizes of mackerel eggs and larvae in 2025 were smaller than in the 1940s, which may be due to the maternal effect. The proportion of non-viable eggs was 27%. Sardine was presented only by eggs with average density of 2.5-3.1 ind./m². The proportion of embryonic pathologies was 8%.

Practical significance: eggs and larvae of subtropical fishes are indicators of the Tatar Strait warming and current ecosystem changes in summer ichthyofauna of this area. Information about extension of reproductive area can be taken into account in forecast assessments, recommendations for fishery as well as in the planning of specialized scientific projects in early ontogeny of migrants.

Keywords: Sakhalin Island, chub mackerel, Pacific sardine, stages of development, temperature.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в российском секторе Японского моря, в том числе в Татарском проливе сохраняется тренд на повышение температуры воды [Хен и др., 2020; Шевченко, Ложкин, 2023]. Потепление вод отражается на структуре ихтиофауны. Эти изменения наиболее заметны в тёплый период года, когда в пролив проникают субтропические мигранты. К наиболее массовым и широко распространённым можно отнести японского анчоуса *Engraulis japonicus* Temminck & Schlegel, 1846, дальневосточную сардину *Sardinops melanosticta* (Temminck & Schlegel, 1846) и японскую скумбрию *Scomber japonicus* Houttuyn 1782 [Великанов, 2006; Великанов и др., 2017; Байтюк, Радченко, 2024]. Масштабы и протяжённость нагульно-нерестовых миграций тепловодных видов зависят от ряда факторов, наиболее важными из которых являются температура воды и численность рыб [Беляев, 1986; Bai et al., 2022]. Некоторые виды не только нагуливаются, но и размножаются в более продуктивных северных районах [Дехник, 1959; Мухаметова, 2004]. Если о нагульных миграциях субтропических видов в Татарский пролив информация эпизодически появляется [Новиков, 1979; Великанов и др., 2025], то сведений о распределении и численности их икры и личинок на севере ареала значительно меньше. В то же время, обнаружение ранних стадий развития анчоуса, скумбрии, сардины свидетельствует не только о формировании благоприятных условий для нагула, но и для воспроизводства, а, следовательно, даёт представление о расширении репродуктивной части ареала, что важно для понимания процессов пополнения и колебаний численности популяций этих мелких, сильно флюктуирующих стайных пелагических видов. Данные о нересте тепловодных представителей не менее важны для изучения перестроек в составе ихтиофауны в связи с процессами глобального потепления, которые могут привести к изменению ресурсной базы рыбодобывающей промышленности.

Рост температуры поверхности моря (ТПМ) в Татарском проливе позволяет предположить, что миграции тепловодных представителей ихтиофауны в данный район будут всё более регулярными. При устойчивых положительных аномалиях, наблюдавшихся в 2025 г., можно было ожидать не только нагульных подходов субтропических рыб, но и нереста на участках с подходящими условиями. К таким участкам относится юго-восточная часть Татарского пролива между 46 и 48° с. ш., находящаяся под постоянным действием тёплого Цусимского течения [Дьяков,

2011], что обусловило выбор полигона для мониторинга у юго-западного побережья о. Сахалин в районе 47° с. ш. Исследования нереста проще всего проводить при помощи ихтиопланкtonных съёмок, которые позволяют оперативно отслеживать изменения в репродуктивной части пелагфилов, к которым относится большинство стайных видов из южных широт.

Цель представляемой работы – анализ состава ихтиопланктона в весенне-летний период и получение данных о распределении, численности и характеристиках икры и личинок рыб субтропического комплекса на исследуемом полигоне в юго-восточной части Татарского пролива.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробы ихтиопланктона отбирали в мае – июле в 2025 г. от уреза воды до глубины 20 м в юго-восточной части Татарского пролива на прибрежном полигоне площадью около 6,8 км², расположенному между 46°50'23" и 46°54'22". Отбор и обработку проб производили по общепринятым российским методикам [Расс, Казанова, 1966]. На каждом из четырёх разрезов точки отбора были расположены у уреза воды (глубина около 0,3 м) и на изобатах 5, 10 и 20 м. На глубинах 5-20 м пробы отбирали с борта надувной моторной лодки икорной конической сетью ИКС-50 (площадь входного отверстия 0,2 м², размер ячей 0,35 мм) в слое от дна до поверхности. У уреза воды через сеть проливали 100 л воды. Один раз в сезон – весной (вторая декада мая) и летом (третья декада июля) отбор проб выполняли на четырёх разрезах. Декадные съёмки включали только два центральных разреза (рис. 1).

В третьей декаде июля при обнаружении икры и личинок субтропических видов рыб дополнительно были просмотрены пробы зоопланктона, полученные при помощи вертикальных подъёмов большой сети Джеди (БСД), из которых также были выбраны икринки и личинки рыб. Площадь входного отверстия БСД 0,1 м², ячей газа 0,16 мм. Точки отбора зоопланктона совпадали с точками отбора ихтиопланктона. Отбор зоопланктона осуществляли таким же способом, как и ихтиопланктона, – вертикальным подъёмом сети от дна до поверхности.

Суммарно были обработаны 72 пробы, собранные ИКС-50 и 14 проб, собранных БСД (табл. 1).

При отборе проб на каждой станции зондом YSI измеряли температуру и солёность от поверхности до дна с дискретностью 1 м.

Пробы просматривали под бинокуляром Olympus SZX10. Измерения производили при помощи окуляр-микрометра. Численность икры и личинок определяли

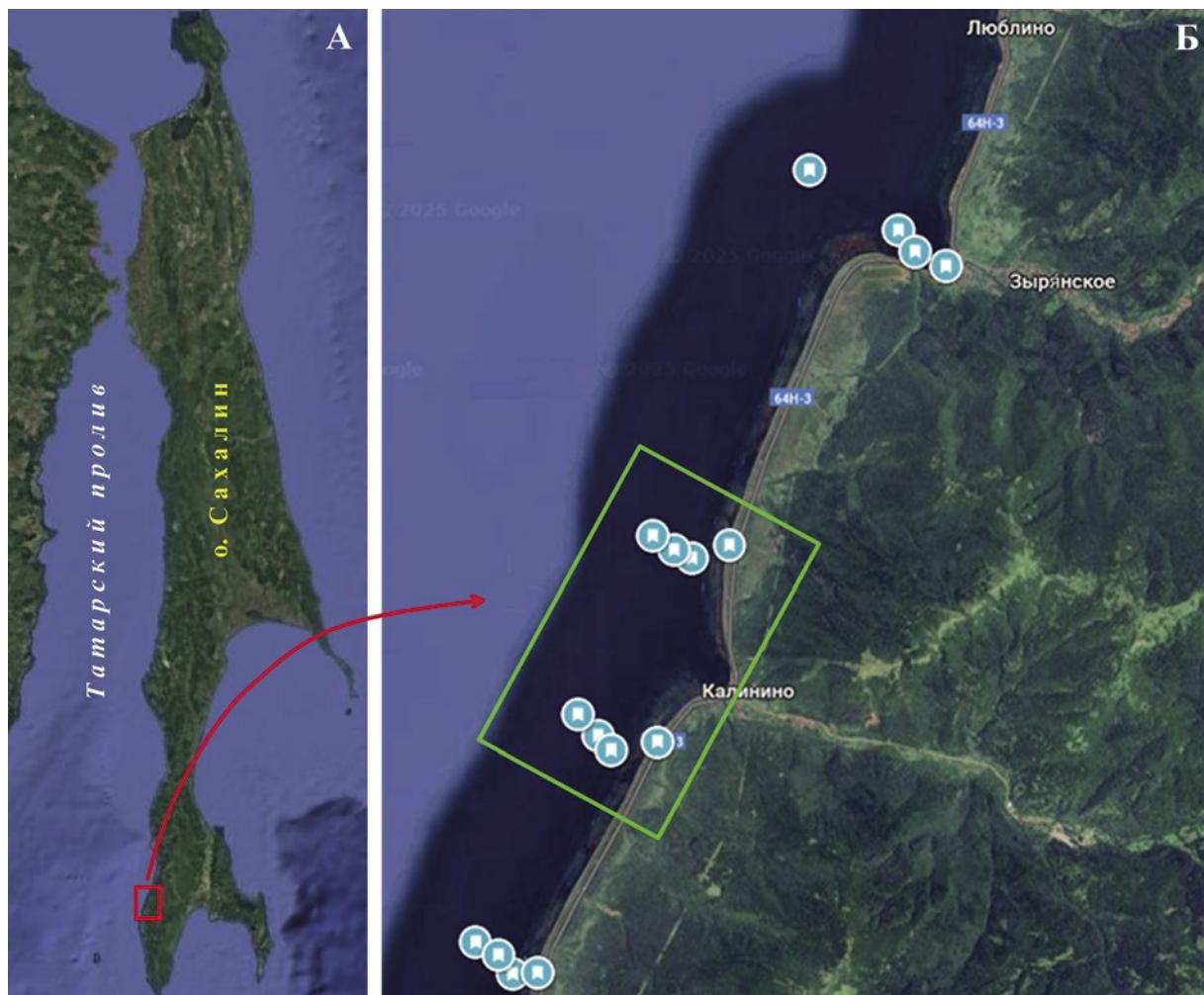


Рис. 1. Район исследований (А) и схема ихтиопланктонных станций (Б) (Картографические данные Google¹). Зелёным маркером выделены декадные разрезы

Fig. 1. The study area (A) and scheme of ichthyoplankton sampling (B) (Google Maps data¹). The decadal sections are outlined with a green marker

Таблица 1. Количество проб, собранных в 2025 г. и включённых в анализ

Table 1. Number of samples collected in 2025 and included in the analysis

| Месяц | Декада | Пробы, шт. | |
|-------|--------|------------|-----|
| | | ИКС-50 | БСД |
| Май | 2 | 16 | – |
| | 3 | 8 | – |
| Июнь | 1 | 8 | – |
| | 2 | 8 | – |
| Июль | 3 | 8 | – |
| | 1 | 8 | – |
| Всего | | 72 | 14 |

под 1 м² площади поверхности, исходя из площади входного отверстия сетей.

Стадии развития икры определяли по схеме, принятой в рыбохозяйственных исследованиях с уточнением деталей по специализированным публикациям для рассматриваемых видов [Расс, Казанова, 1966; Kim et al., 2008]. При выявлении эмбриональных патологий ориентировались на описания нормального развития и известных в раннем онтогенезе рыб патологий [Давыдова, 1994].

Для сравнения количественной структуры ихтиопланктона, полученной по уловам ИКС-50 и БСД, использовали индекс Чекановского-Сёренсена [Песенко, 1982].

$$K_2 = \sum_{i=1}^N \min(a_i^1, a_i^2),$$

¹ <https://www.google.com/maps/place/Sakhalin. 27.09.2025>

где a^1_i, a^2_i – численность i -го видов в процентах от общей численности в двух сравниваемых биоценозах; N – общее число видов.

Различия между численностью икры сардины и икры и личинок скумбрии, учтенных разными сетями, оценивали с применением двухвыборочного t -теста с одинаковыми дисперсиями в пакете Анализ данных (Microsoft Excel).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Условия среды в Татарском проливе в 2025 г.

В 2025 г. северная часть Японского моря характеризовалась значительными положительными аномалиями температуры воды. В мае к северу от 39-й параллели прогрев шёл очень быстро, и на отдельных участках поверхности температура на 3 °C превышала среднемноголетние значения. В июне рост ТПМ ускорился до 2-3 °C за декаду [Термические условия ..., 2025²]. Уже в первой декаде июня ТПМ в юго-восточной части Татарского пролива соответствовала среднемноголетней величине (8,7 °C), характерной в целом для данного месяца, а в третьей декаде июля превышала среднемноголетнюю величину (15,6 °C) самого тёплого месяца в году – августа [Стасюк, 2023³]. В июле поверхностная температура продолжала ежедекадно увеличиваться на 1-2 °C, и к третьей декаде месяца возросла до 16-18 °C [Декадные (декадные) ..., 2025⁴].

В юго-восточной части Татарского пролива у побережья о. Сахалин положительные аномалии ТПМ начали регистрировать с января, что было связано со слабым охлаждением вод в осенне-зимний период [Термические условия ..., 2025²]. Анализ спутниковой информации показывал устойчивые положительные температурные аномалии в течение всего периода исследований ихтиопланктона, максимальные величины которых приходились на июнь. Высокие положительные аномалии сохранялись и в первой декаде

июля [Месячные аномалии ТПО ..., 2025; Декадные распределения ТПО ..., 2025^{5,6}].

На исследуемом полигоне с середины мая до первой декады июня средняя температура держалась на уровне 7,1-7,9 °C, с максимумом во второй декаде мая. Ко второй декаде июня произошло увеличение температуры сразу на 4,4 °C – до 12,3 °C. В первой декаде июля прогрев немного замедлился, вариабельность температуры существенно возросла. Резкое увеличение – на 7,2 °C, произошло в третьей декаде июля. В этот период средняя температура достигла 19,8 °C (рис. 2 А).

В поверхностном и придонном слое термические условия различались. На поверхности наблюдался устойчивый рост температуры в течение всего периода. В третьей декаде июля средняя температура достигла 20,84 °C. В придонном слое глубже 15 м наблюдалась значительная вариабельность величин. С середины к концу мая на горизонте 15-20 м произошло снижение температуры с 7,6 °C до 4,7 °C. В первой декаде июня придонная температура оставалась на уровне 5,9 °C. После увеличения до 9,9-10,9 °C к первой декаде июля в результате вторжения холодных вод температура опустилась до 4,0 °C. Но к третьей декаде июля ситуация также резко изменилась. Средняя температура придонного слоя достигла очень высокой величины – 17,3 °C.

Вариации солёности были невелики в течение всего периода исследований. В поверхностном слое средние значения возрастили с 31,8-32,6 PSU в мае, когда пресноводный сток был максимальным, до 32,9-33,1 PSU в июне-июле. В придонном слое 15-20 м наблюдалась сходная динамика при незначительно более высоких величинах – от 32,9 PSU в середине мая до 33,1-33,9 PSU в июне – июле (см. рис. 2).

Таким образом, в 2025 г. предпосылки для формирования субтропического ихтиопланкtonного комплекса в Татарском проливе имели как региональный, так и локальный характер. Район исследований, с одной стороны, находится в зоне высокой частоты флюктуаций температурных аномалий. С другой стороны, весной и летом в данном районе проявляется отепляющее действие Цусимского течения, которое, несмотря на межгодовые вариации, позволяет выделить участок юго-восточной части Татарского пролива к югу от 48° с. ш. как зону тё

² Термические условия дальневосточных морей, 2025. <https://tinyurl.com/265abufp>

³ Стасюк Е.И. 2023. Обзор системы прибрежных наблюдений Росгидромета на морской береговой сети Охотского моря по состоянию на 01.01.2023 г. Аналитический материал АМ.2023.2 // Владивосток: ФГБУ «ДВНИГМИ». 18 с. <http://www.ferhri.ru/images/stories/FERHRI/Materials/AM.2023.02.pdf>. 27.09.2025

⁴ Декадные (декадные) климатические поля температуры воды на поверхности Японского моря (Tw). Росгидромет: ФГБНУ «ДВНИГМИ», 2025. <http://ferhri.org/2-uncategorised/264-dekadnye-dezyatidnevnye-klimaticheskie-polya-temperatury-vody-na-povrkhnosti-yaponskogo-morya-tw.html>. 27.09.2025

⁵ Месячные аномалии ТПО, январь-июнь, 2025. http://188.113.189.205/site.php?Lang=RU&page=sst&template=rep_sst_anomalies_month_2025_jan-jun. 27.09.2025

⁶ Декадные распределения ТПО и её аномалии, июль-сентябрь, 2025. http://188.113.189.205/site.php?Lang=RU&page=sst&template=rep_sst_anomalies_tenday_2025_jul-sep. 27.09.2025

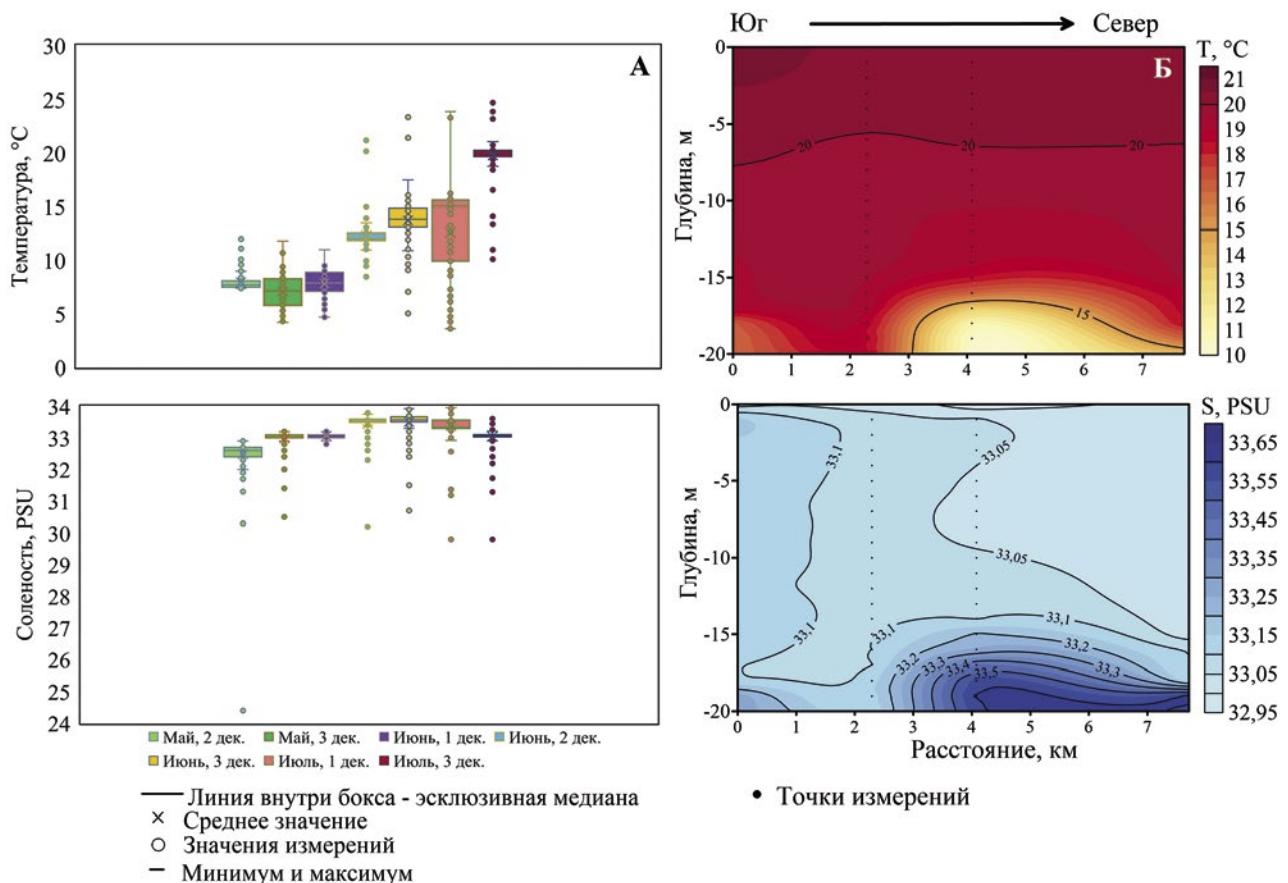


Рис. 2. Сезонные изменения температуры и солености воды в юго-восточной части Татарского пролива в 2025 г. (А), вертикальный профиль температуры и солености в третьей декаде июля на глубине 20 м (Б)

Fig. 2. Seasonal changes of water temperature and salinity in the southeastern part of the Tatar Strait in 2025 (A), vertical profile of temperature and salinity in the third decade of July at a depth of 20 m (B)

плого Цусимского течения [Дьяков, 2011]. В 2025 г. зимнее охлаждение поверхностного слоя Японского моря было слабым. Положительные аномалии ТПО регистрировали почти повсеместно. Температурные барьеры на путях миграций субтропических видов, пролегающих преимущественно в северной части Японского моря и вдоль западного побережья о. Хоккайдо (Япония), к концу июля были полностью разрушены, что позволяло не только нагуливаться, но и продолжать нерест в южной части Татарского пролива.

Икра и личинки субтропических видов рыб в ихтиопланктоне

В 2025 г. в составе ихтиопланктона были обнаружены икра и личинки 18 видов рыб из 10 семейств, половина из которых относились к семейству камбаловых *Pleuronectidae*. Высокой была доля низкобореальных представителей, составлявших 44% от их общего числа. Только из камбаловых в эту группу

входило пять видов – остроголовая *Cleisthenes herzensteini* (Schmidt, 1904), япономорская палтусовидная *Hippoglossoides dubius* Schmidt, 1904, длиннорылая *Myzopsetta punctatissima* (Steindachner, 1879), желтополосая *Pseudopleuronectes herzensteini* (Jordan & Snyder, 1901) и тёмная *Pseudopleuronectes obscurus* (Herzenstein, 1890) камбалы. Многие из этих видов являются типичными представителями ихтиопланкtonных комплексов Татарского пролива [Шелехов и др., 2020].

Средняя численность икры рыб возрастила с 1,3 во второй декаде мая до 35,6 экз./м² в третьей декаде июня. В июле концентрации икры оставались высокими – 20,7-32,2 экз./м². Суммарная численность личинок была наиболее высокой во второй декаде мая (8,3 экз./м²) и в первой декаде июня (8,8 экз./м²) (табл. 2).

В мае основу численности уловов формировали личинки (92% от суммарной численности личинок) и донная икра сельди (64% от суммарной численности икры). В период массового нереста или при силь-

Таблица 2. Видовой состав и численность ихтиопланктона в уловах ИКС-50 в юго-восточной части Татарского пролива в 2025 г. (численность, экз./м²/доля в суммарной численности, %)

Table 2. Species composition and abundance of ichthyoplankton in IKS-50 catches in the southeastern part of the Tatar Strait in 2025 (abundance, ind./m²/proportion in total abundance, %)

| Месяц | Май | | | Июнь | | | Июль | |
|--|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| | Декада | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 |
| Число | 17 | 27 | 5 | 18 | 27 | 3 | 28 | |
| Икра | | | | | | | | |
| Сем. Clupeidae | | | | | | | | |
| <i>Clupea pallasii</i> Valenciennes, 1847 | - | 3,33/64,0 | - | - | - | - | - | - |
| Сем. Alosidae | | | | | | | | |
| <i>Sardinops melanostictus</i> (Temminck & Schlegel, 1846) | - | - | - | - | - | - | - | 2,5/7,8 |
| Сем. Gadidae | | | | | | | | |
| <i>Gadus chalcogrammus</i> Pallas, 1814 | - | - | - | - | - | - | 0,63/3,0 | - |
| Сем. Scombridae | | | | | | | | |
| <i>Scomber japonicus</i> Houttuyn, 1782 | - | - | - | - | - | - | - | 16,88/52,4 |
| Сем. Pleuronectidae | | | | | | | | |
| <i>Cleisthenes herzensteini</i> (Schmidt, 1904) | - | - | - | - | - | - | 4,38/21,2 | 5,31/16,5 |
| <i>Hippoglossoides dubius</i> Schmidt, 1904 | 0,67/50,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Glyptocephalus stelleri</i> (Schmidt, 1904) | - | - | - | - | - | - | - | 3,44/10,7 |
| <i>Limanda aspera</i> (Pallas, 1814) | - | - | - | - | - | - | - | 1,56/4,9 |
| <i>Limanda sakhalinensis</i> Hubbs, 1915 | - | - | 1,88/15,8 | - | - | - | 1,88/9,1 | 0,31/1,0 |
| <i>Myzopsetta punctatissima</i> (Steindachner, 1879) | - | - | 2,50/21,1 | 11,88/63,3 | 23,13/64,9 | 11,88/57,6 | 0,31/1,0 | |
| <i>Platichthys stellatus</i> (Pallas, 1787) | 0,33/25,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Pseudopleuronectes herzensteini</i> (Jordan & Snyder, 1901) | 0,33/25,0 | 1,88/36,0 | 7,50/63,1 | 6,88/36,7 | 12,50/35,1 | 1,88/9,1 | 1,88/5,7 | |
| Итого икра | 1,33/100 | 5,21/100 | 11,88/100 | 18,76/100 | 35,63/100 | 20,65/100 | 32,19/100 | |
| Личинки | | | | | | | | |
| Сем. Clupeidae | | | | | | | | |
| <i>Clupea pallasii</i> Valenciennes, 1847 | 7,67/92,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Сем. Scombridae | | | | | | | | |
| <i>Scomber japonicus</i> Houttuyn, 1782 | - | - | - | - | - | - | - | 1,25/50,0 |
| Сем. Scorpaenidae | | | | | | | | |
| <i>Sebastes minor</i> Barsukov, 1972 | - | - | - | - | - | - | - | 0,31/12,5 |
| Сем. Psychrolutidae | | | | | | | | |
| <i>Gymnophantherus pistilliger</i> (Pallas, 1814) | 0,33/4,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Сем. Liparidae | | | | | | | | |
| <i>Liparis kusnetzovi</i> Tarantsov, 1936 | - | - | 4,38/50,0 | - | - | - | - | - |
| Сем. Neozoarcidae | | | | | | | | |
| <i>Neozoarcus steindachneri</i> Jordan & Snyder, 1902 | - | - | - | 0,42/100,0 | - | - | - | - |
| Сем. Stichaeidae | | | | | | | | |
| <i>Opisthocentrus ocellatus</i> (Tilesius, 1811) | 0,33/4,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Сем. Pleuronectidae | | | | | | | | |
| <i>Cleisthenes herzensteini</i> (Schmidt, 1904) | - | - | - | - | - | - | - | 0,31/12,5 |

Окончание табл. 2

| Месяц | Май | | | Июнь | | | Июль | |
|--|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | Декада | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 |
| Число | 17 | 27 | 5 | 18 | 27 | 3 | 28 | |
| <i>Limanda sakhalinensis</i> Hubbs, 1915 | — | — | — | — | — | — | 0,63/100 | 0,31/12,5 |
| <i>Myzopsetta punctatissima</i> (Steindachner, 1879) | — | — | — | — | 1,25/66,7 | — | — | — |
| <i>Pseudopleuronectes herzensteini</i> (Jordan & Snyder, 1901) | — | — | — | — | 0,63/33,3 | — | 0,31/12,5 | |
| <i>Pseudopleuronectes obscurus</i> (Herzenstein, 1890) | — | 0,63/100 | 4,38/50,0 | — | — | — | — | — |
| Итого личинки | 8,33/100 | 0,63/100 | 8,76/100 | 0,42/100 | 1,88/100 | 0,63/100 | 2,49/100 | |

ном волнении и отжимном ветре икра сельди, как и других рыб, откладывающих донную икру на литорали и в верхних горизонтах сублиторали (мойвы, морской малоротой корюшки, тёмной камбалы), может выноситься в толщу воды, формировать значительные концентрации в прибрежье и, соответственно, достигать высокой численности в уловах икорных сетей [Мухаметова, Баланов, 2013]. Вынос донной икры – достаточно распространённое явление в прибрежной зоне морей, поэтому икру сельди включили в анализ ихтиопланктонных уловов.

В последующий период вплоть до третьей декады июля в ихтиопланктоне доминировали икра и личинки камбал. Большую часть времени наблюдений на долю икры камбал приходилось 97-100% от общей численности икры рыб. Снижение до 36% было отмечено в третьей декаде мая за счет увеличения выноса икры сельди. Без донной икры сельди уловы были представлены исключительно икрой желтополосой камбалы.

Значительные изменения в структуре ихтиопланктона произошли в третьей декаде июля. Доля икры камбаловых в суммарной численности икры рыб снизилась до 40%. Ихтиопланктонный комплекс приобрёл субтропический облик с высокой численностью икры и личинок мигрантов – скумбрии и сардины.

Для получения более репрезентативного материала анализа икры и личинок субтропических видов выполнен по обловам двух типов сетей – ИКС-50 и БСД. На полигоне доминировала икра рыб, доля которой по уловам сети ИКС-50 составила 92,8%, по уловам сети БСД – 92,6% от суммарного количества учтённого ихтиопланктона. Массовые формы хорошо облавливались обеими сетями. Структура ихтиопланктона имела достаточно высокое сходство. Индекс Чекановского-Сёренсена достигал 86% при сравнении состава икры рыб и 63% при сравнении состава личинок рыб.

В уловах обеих сетей доминировали икра и личинки скумбрии. Икра скумбрии формировалась 52,4% от суммарной численности икры рыб как в уловах ИКС-50, так и в уловах БСД. Численность личинок скумбрии достигала 50% в ИКС-50 и 60,0% в БСД от общей численности личинок рыб. Икра сардины относилась к второстепенным формам. Её доля составляла 7,8% в уловах ИКС-50 и 7,9% в уловах БСД.

Частота встречаемости икры скумбрии была одинакова в обеих сетях – 56%. Средняя численность в уловах БСД (20,63 экз./м²) превышала соответствующую величину в ИКС-50 (16,88 экз./м²). Личинки скумбрии имели более высокую встречаемость в ИКС-50 – 25%, против 19% в БСД. Численность личинок, напротив, была несколько выше в уловах БСД – 1,88 экз./м², тогда как в ИКС составляла 1,25 экз./м². Частота встречаемости икры сардины в уловах ИКС-50 была выше – 38%. В уловах БСД икра была обнаружена в 25% случаев. Средняя численность икры в уловах БСД была несколько выше, чем в уловах ИКС-50, – 2,50 и 3,13 экз./м², соответственно. Но в целом, значимые различия между уловами икры сардины и икры и личинок скумбрии в ИКС-50 и БСД не обнаружены. Во всех случаях модуль значения t-статистики был меньше t критического (табл. 3).

Икра скумбрии была отмечена на всей обследованной акватории, за исключением минимальных глубин. По результатам обловов обеими сетями наибольшие скопления икры – от 70 до 130 экз./м², формировались к северу от устья р. Калинка. Напротив устья р. Сова результативные уловы наблюдались над глубинами от 10 до 20 м, на трёх южных разрезах – от 5 до 20 м. Личинки скумбрии отсутствовали на северном разрезе напротив устья р. Сова. На остальной акватории численность личинок не превышала 5-10 экз./м².

Икра сардины также не встречалась на северном разрезе. По данным уловов ИКС-50 численность икры

Таблица 3. Численность икры и личинок субтропических видов по результатам уловов ИКС-50 и БСД (Max – максимальная; $M \pm s$ – средняя величина±стандартное отклонение)

Table 3. Abundance of eggs and larvae of subtropical species based on the results of catches of IKS-50 and BSD (Max – maximum; $M \pm s$ – average value ± standard deviation)

| Вид | ИКС-50 | | | БСД | | | t-статистика | t критическое | | |
|------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|--------------|---------------|--|--|
| | Численность, экз./ m^2 | | Частота встречаемости, % | Численность, экз./ m^2 | | Частота встречаемости, % | | | | |
| | Max | $M \pm s$ | | Max | $M \pm s$ | | | | | |
| Икра <i>S. japonicus</i> | 125 | 16,88±31,77 | 56 | 130 | 20,63±34,92 | 56 | -0,31 | 2,04 | | |
| Личинки <i>S. japonicus</i> | 5 | 1,25±2,24 | 25 | 10 | 1,88±4,03 | 19 | -0,54 | 2,04 | | |
| Икра <i>S. melanostictus</i> | 15 | 2,50±4,08 | 38 | 20 | 3,13±6,02 | 25 | -0,34 | 2,04 | | |

на большей части акватории не превышала 5-10 экз./ m^2 , максимальная достигала 15 экз./ m^2 . В уловах БСД численность была немного выше – чаще всего 10-15 экз./ m^2 с максимумом 20 экз./ m^2 (рис. 3).

Суммарно наибольшее количество икры скумбрии было учтено у мористой границы полигона над изобатой 20 м – 59% от общей численности в уловах ИКС-50 и 58% – в уловах БСД. Личинки скумбрии были отмечены в уловах только на глубинах 10-20 м. Икра сардины встречалась от 5 м и глубже. По результатам обловов ИКС-50 основное количество икры (50%) было сосредоточено над глубиной 10 м и 38% – на глубинах 20 м.

Диаметр жизнеспособных икринок скумбрии изменялся от 0,86 до 1,12 мм и в среднем составил 1,015±0,041 мм. Перивителлиновое пространство находилось в пределах от 2,5 до 12,0% при средней величине 6,3%. Желток в среднем занимал 67,8% объема икринки (табл. 4).

В норме жировая капля одна. У 18% фиксированных икринок в результате физического воздействия были отмечены смещение и разрыв жировых капель с вытеканием содержимого. В этом случае размеры и количество капель менялись (рис. 4).

В уловах встречались икринки на разных стадиях развития. Преобладали икринки на II стадии развития.

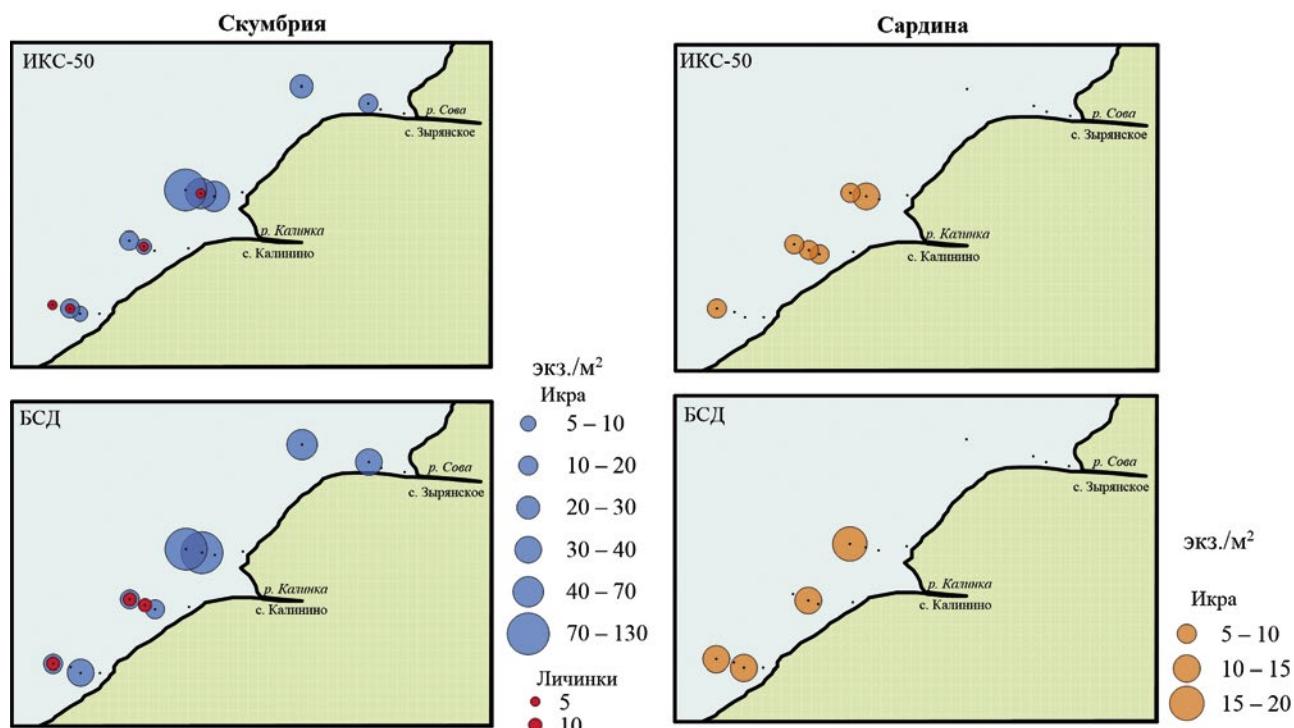


Рис. 3. Распределение икры и личинок скумбрии и икры сардины в уловах ИКС-50 и БСД в юго-восточной части Татарского пролива в июле 2025 г.

Fig. 3. Distribution of chub mackerel eggs and larvae and Pacific sardine eggs in the catches of IKS-50 and BSD in the southeastern part of the Tatar Strait in July 2025

Таблица 4. Характеристики икринок субтропических видов в юго-восточной части Татарского пролива в июле 2025 г.
($M \pm s$ – средняя величина \pm стандартное отклонение)

Table 4. Characteristics of eggs of subtropical species in the southeastern part of the Tatar Strait in July 2025
($M \pm s$ – mean value \pm standard deviation)

| Характеристики | Диаметр, мм | | | | Объём, % | |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| | икринок | желтка | жировой капли | желтка от объёма икринки | цитоплазмы от объёма икринки | жировой капли от объёма желтка |
| <i>S. japonicus</i> | | | | | | |
| Предельные значения | 0,86-1,12 | 0,76-0,97 | 0,16-0,40 | 44,31-85,74 | 14,26-55,69 | 1,24-7,71 |
| $M \pm s$ | 1,015 \pm 0,041 | 0,885 \pm 0,062 | 0,256 \pm 0,035 | 67,83 \pm 11,67 | 32,17 \pm 11,67 | 2,56 \pm 1,27 |
| <i>S. melanostictus</i> | | | | | | |
| Предельные значения | 1,38-1,87 | 0,88-1 | 0,14-0,17 | 22,33-26,88 | 73,12-77,67 | 0,34-0,54 |
| $M \pm s$ | 1,532 \pm 0,139 | 0,946 \pm 0,047 | 0,153 \pm 0,01 | 25,10 \pm 1,89 | 74,91 \pm 1,89 | 0,45 \pm 0,09 |

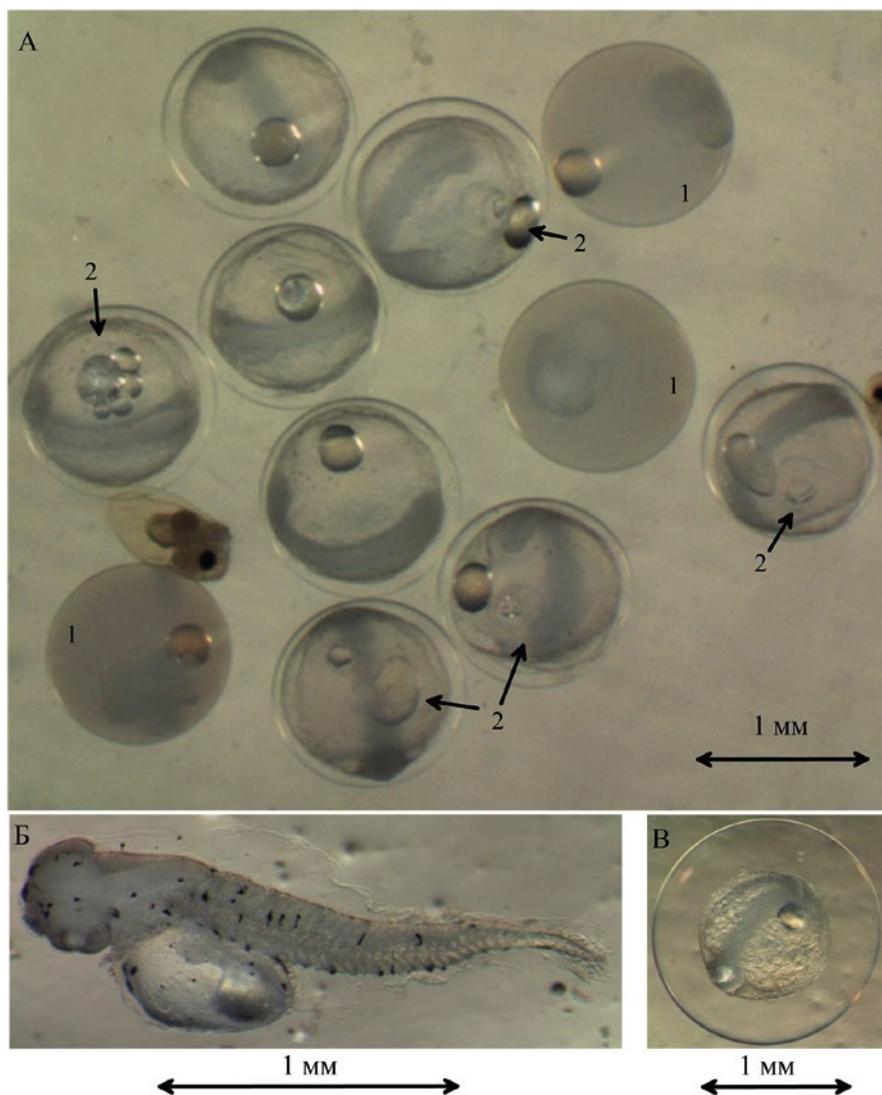


Рис. 4. Фиксированная формальдегидом (4%) икра скомбрии (А), предличинка скомбрии, 2,0 мм (Б), икринка сардиньи, 1,54 мм (В) в юго-восточной части Татарского пролива в конце июля 2025 г. (1 – патологии развития эмбрионов; 2 – разрушения жировых капель вследствие физического воздействия)

Fig. 4. Chub mackerel eggs (A), chub mackerel prelarva (B), sardine egg (C) from the southeastern part of the Tatar Strait at the end of July 2025 conservated in 4% formaldehyde (1 – embryo development pathologies; 2 – destruction of fat droplets due to physical impact)

На их долю приходилось 90,5% суммарной численности икры (табл. 5). Патологии имели 26,7% эмбрионов.

Таблица 5. Соотношение стадий развития икры субтропических видов рыб в юго-восточной части Татарского пролива в июле 2025 г.

Table 5. Proportion of egg stages of subtropical fish species in the southeastern part of the Tatar Strait in July 2025

| Вид | Стадии развития, % | | | | Нежизнеспособные икринки, % |
|-------------------------|--------------------|------|------|-----|-----------------------------|
| | I | II | III | IV | |
| <i>S. japonicus</i> | 1,6 | 90,5 | 6,3 | 1,6 | 26,7 |
| <i>S. melanostictus</i> | – | 27,3 | 72,7 | – | 8,3 |

Основная гибель происходила при переходе с I на II стадии. Доля нежизнеспособных эмбрионов на II стадии достигала 74% от всех эмбрионов с патологиями. На I стадии аномалии развития были отмечены в 9% случаев, на III стадии – в 17% случаев.

На полигоне встречались преимущественно предличинки скумбрии длиной 1,98-2,20 мм с разным объёмом запасов желтка. Их доля в общей численности достигала 86%.

Диаметр икринок сардины изменялся от 1,38 до 1,87 мм и в среднем составлял $1,532 \pm 0,139$ мм. Диаметр желтка находился в пределах 0,88-1,00 мм, в среднем $0,946 \pm 0,047$ мм. Для икринки сардины характерно большое перивителлиновое пространство – 25,0-29,5%, в среднем 27,8%. Объём цитоплазмы составлял 73-78% от объёма икринки (см. табл. 4), что позволяло отнести икринки к полиплазматическому типу. Икра сардины находилась на II и III стадиях развития. Преобладала III стадия развития, численность которой достигала 72,7% от общего количества икры этого вида. Доля нежизнеспособных икринок была не-высокой – 8,3% (см. табл. 5).

Судя по отсутствию в уловах икры на IV стадии развития и личинок, нерест сардины на полигоне начался позже, чем скумбрии. В период исследований гибель икры сардины была невысокой, а температура и солёность на полигоне имели оптимальные для развития икры и личинок значения. При сохранении благоприятных условий в последующий период можно ожидать успешного завершения эмбриогенеза сардины и появления в планктоне её личинок. Не исключено, что икра на IV стадии и личинки сардины встречались и во время съёмки, но численность была настолько низкой, что применяемые вертикальные ловы не позволили их учесть. Для получения полного представления о течении нереста субтропических видов необходимы специализированные исследования с недельной периодичностью съёмок и с включением

на каждой станции, помимо вертикальных ловов, горизонтальных тралений, позволяющих лучше учитывать малочисленные формы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В конце июля 2025 г. в сезонной динамике ихтиопланктона юго-восточной части Татарского пролива были отмечены значительные изменения, заключавшиеся в снижении доли резидентных видов камбал и увеличении численности икры и личинок субтропических мигрантов – скумбрии и сардины, массовый нерест которых в последние годы в данном районе не регистрировали [Moukhamedova, 2012, 2014; Шелехов и др., 2020].

При сравнении полученных данных с результатами предыдущих исследований, выполненных в аналогичные сроки, также можно отметить перестройки в составе ихтиопланктона. В 2017 г. в юго-восточной части Татарского пролива в месте расположения исследуемого полигона икра и личинки субтропических мигрантов не отмечены. Нерест японского анчоуса, относящегося к этой группе, происходил только у материкового побережья. В районе полигона в небольшом количестве встречалась икра длиннорылой, остроголовой, дальневосточной длинной *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt, 1904) камбал [Шелехов и др., 2020]. Ещё раньше, в 2010 г. и в 2013 гг., на этом же участке был зарегистрирован массовый нерест японского анчоуса [Moukhamedova, 2012]. В августе анчоус доминировал в ихтиопланктоне: 62% суммарной численности ихтиопланктона приходилась на икру и 35% – на личинок этого вида. Суммарная доля камбал в июле составляла 42%, что близко к нашим данным [Moukhamedova, 2014].

Скумбрия и сардина относятся к стайным пелагическим видам, совершающим нерегулярные миграции в северном направлении. Для обоих видов характерно относительное разделение нерестового и нагульного ареалов, но при благоприятных температурных условиях нерест также может происходить и в местах нагула.

Ареал скумбрии тянется от берегов Тайваня и Восточно-Китайского моря на юге до зал. Де-Кастри на севере. В Татарский пролив мигрирует скумбрия Цусимской популяции. В период миграций отдельные экземпляры могли достигать лимана р. Амур. Скумбрию встречали также у берегов Камчатки и в Охотском море [Веденский, 1953]. Миграции из районов нереста, расположенных у западного побережья Японии, в северном направлении идут двумя потоками – вдоль западного и восточного берегов Японии и далее – в Татарский пролив [Новиков, 1979]. В период

миграций головные косяки скумбрии следуют за изотермой 10 °C [Веденский, 1951]. Количество, половозрастной состав рыб, протяжённость миграций определяются сложным механизмом взаимоотношения численности популяций с факторами среды – температурой, продолжительностью светового дня, кормовой базой [Takasuka et al., 2008; Kanamori et al., 2019]. Основными регуляторами репродуктивного цикла скумбрии, как и большинства видов рыб, являются температура воды и продолжительность фотопериода [Wang et al., 2010; Kaneko et al., 2019].

В последние годы в северной части Японского моря наблюдается благоприятное сочетание многих факторов, способствующих расширению миграций субтропических видов рыб в северном направлении, в том числе, в Татарский пролив. Несмотря на замедление темпов, в последние годы в Японском море продолжается рост ТПМ [Хен и др., 2020]. С 2015 г. в июле – сентябре отмечается значительное потепление акватории у западного побережья о. Сахалин [Шевченко, Ложкин, 2023]. В летний период обеспеченность кормовыми ресурсами в северной части Японского моря достаточно высока. Доля макропланктона, являющегося основой рациона мелких пелагических видов рыб, возрастает с юга на север. Летом в юго-восточной части Татарского пролива биомасса планктона оценивается в 0,5-0,7 г/м³ [Долганова, 2010]. В последнее десятилетие отмечается рост численности трёх массово мигрирующих в данный район тепловодных видов – японской скумбрии [Kume et al., 2021], дальневосточной сардины [Yang et al., 2023] и японского анчоуса [Yatsu, 2019]. Высокие температуры, обилие планктона и рост численности япономорских популяций перечисленных видов создаёт предпосылки для расширения нагульных миграций к северным границам ареала. Продолжительность светового дня в северных широтах больше, чем на юге ареала, соответственно при прочих благоприятных условиях, это ещё один фактор, позволяющий мигрантам продлить нерестовый период.

Увеличение численности сардины, скумбрии и анчоуса в Татарском проливе подтверждается как траловыми съёмками, так и массовыми береговыми выбросами рыб. У побережья Западного Сахалина выбросы субтропических видов регистрируют преимущественно в осенний период и связывают со снижением температуры воды на путях их миграций к местам зимовки. При резком падении температуры рыбы становятся малоактивными, не могут сопротивляться воздействию ветра и волн и попадают в приливную зону, где происходит их гибель [Великанов и др., 2017, 2025]. В других районах, например, в Приморье, могут быть

другие причины выбросов рыб на берег, в частности, уход стаи к урезу воды от хищников [Байталюк, Радченко, 2024].

В 2025 г. возможность нереста определялась высокими температурами воды во всей северной части Японского моря, включая Татарский пролив. Уже в начале июля температура на полигоне приблизилась к нижней границе оптимума (10-14 °C), при котором возможен нерест анчоуса, сардины, скумбрии. К третьей декаде июля весь слой до 20 м в прибрежье юго-восточной части Татарского пролива был прогрет до оптимальных значений, при которых эти виды размножаются на всём ареале, в том числе, на юге Японского моря [Беляев, 1986; Funamoto, Aoki, 2002].

Нерест скумбрии порционный, начинается ещё в местах зимовки до начала миграций в северном направлении. В районе основных нерестилищ температура составляет 15-22 °C. У западного побережья Кореи и в зал. Петра Великого большая часть рыб нерестится в мае – июне [Yukami et al., 2009].

В Татарский пролив подходят не только посленерестовые особи, но и не нерестившиеся в текущем году рыбы, которые мигрируют не далее 10-20 миль от берега. В 1948 г. около 20% особей в этом районе имели половые продукты на стадии зрелости V и V-VI, что указывало на текущий нерест части рыб [Веденский, 1951, 1953].

Анализ ихтиопланктона, собранного в Курило-Сахалинской экспедиции в 1947-1949 гг., подтвердил нерест и наличие выростных зон скумбрии в Татарском проливе. Вдоль побережья Юго-Западного Сахалина икра встречалась от м. Крильон почти до 48° с. ш. Распределение икры ограничивалось изобатами 200 м или немногим более. Чаще всего высокую численность икры отмечали над глубинами менее 40 м, а максимальную – над глубинами 0-20 м при температуре 16,5-17,0 °C. Наибольшие концентрации икры – до 12,4 тыс. экз. в 10-минутном горизонтальном лове сетью ИКС-80 и 294 экз./м² в вертикальных ловах были отмечены в зал. Невельского и в прилежащих прибрежных водах. Личинки скумбрии встречались только на прибрежных станциях при температуре воды от 10 до 19 °C [Дехник, 1959].

После длительного перерыва икра и личинки скумбрии были отмечены в Татарском проливе в июле – августе 2017 г. Уловы икры были значительно ниже отмечавшихся в 40-е годы – до 4 экз. в 10-минутном лове в поверхностном слое и до 4 экз./м² при вертикальном лове от дна до поверхности [Шелевхов и др., 2020].

Полигон, исследованный в 2025 г., входил в зону массового нереста скумбрии, наблюдавшегося в 40-е

годы. Температуры нереста в 2025 г. были близки к температурам нереста в 1947 г. Количество икры скумбрии в уловах 2025 г. было ниже величин, отмечавшихся в 1947 г., и выше значений 2017 г. Различия с 1947 г. могут объясняться как ограниченностью в 2025 г. района исследований, так и межгодовой вариабельностью численности. Рост уловов икры по сравнению с 2017 г. может быть связан с увеличением численности нерестящихся рыб на фоне роста общей численности япономорской скумбрии и ТПМ в Татарском проливе.

Икра скумбрии, собранная в 2025 г., в среднем была несколько мельче, чем собранная в середине прошлого столетия, – 1,02 мм (0,86-1,12 мм) против 1,11 мм (0,89-1,32 мм). В то же время средний диаметр желтка – 0,89 мм, был почти таким же, как и в 40-е годы – 0,88 мм. Но здесь нужно отметить, что минимальный диаметр желтка – 0,5 мм, указанный у Т.В. Дехник [1959], скорее всего, был измерен у нежизнеспособных икринок, так как минимальный диаметр икринок превышал значения, полученные в наших исследованиях.

У части встречавшихся в 2025 г. эмбрионов на поздних стадиях развития не наблюдалось явно выраженных патологий, но диаметр желтка (0,5-0,6 мм) был меньше, а перивителлиновое пространство (около 20% и более) и объём цитоплазмы (70% и более)

превышали средние величины, характерные для нормально развивающихся икринок (рис. 5).

Уменьшение размеров желтка у эмбрионов до 0,5-0,6 мм относительно среднего диаметра около 0,9 мм, характерного для скумбрии, при сохраняющихся средних размерах икринки около 1 мм означает сокращение запасов питательных веществ, необходимых для нормального роста и развития в критический период перехода на внешнее питание. Даже если такие эмбрионы доживают до выклева, при выходе в среду они обычно недоразвиты, остаются мелкими, не имеют достаточных эндогенных запасов для перехода в личиночную фазу и погибают в первые дни.

В нашем случае такие икринки в промеры включены не были. Учитывая возможные различия в методических подходах, можно предполагать, что средние размеры желтка, указанные у Т.В. Дехник [1959], были несколько занижены. Косвенно это предположение подтверждается и более крупными размерами жировых капель – 0,22-0,40 (0,46 мм), в среднем 0,3 мм, и соответственно большим объёмом липидов, являющихся дополнительным резервом питательных веществ и влияющих на плавучесть икринок [Nande et al., 2024]. В 2025 г. диаметр жировых капель изменился от 0,16 до 0,40 и в среднем составлял 0,26 мм.

Продолжительность эмбрионального развития при температуре от 18 до 20 °C, близкой к температурным условиям в юго-восточной части Татарского пролива в конце июля 2025 г., составляет 53-56 часов [Castro Hernández, Santana Ortega, 2000] и сокращается до 41 часа при повышении температуры до 23-24 °C [Kim, 2008]. Быстрое эмбриональное развитие объясняет присутствие личинок скумбрии в местах нереста, что позволяет считать места нахождения икры на разных стадиях и личинок районами нереста.

Личинки скумбрии в 2025 г. при выклеве также были мельче, чем в 1940-е годы, – около 2,0-2,2 мм против 2,5-2,9 мм [Дехник, 1959]. Более крупные размеры личинок при выклеве отмечены и на южных нерестилищах Японского моря – 2,8-3,2 мм, в среднем 3,0 мм [Kim, 2008]). Еще большие размеры личинок при выклеве зарегистрированы в условиях искусственной инкубации икры, полученной от маточного стада скумбрии, – около 3,6 мм [Murata et al., 2005]. В наших сборах по морфологическим характеристикам личинки длиной 1,98-2,2 мм соответствовали только что выклонувшимся личинкам из вод южной части Японского моря. Личинки примерно таких же размеров – 2,02-2,2 мм имели возраст около одного-двух дней, личинка длиной 2,74 мм соответствовала личинкам четырёхдневного возраста.

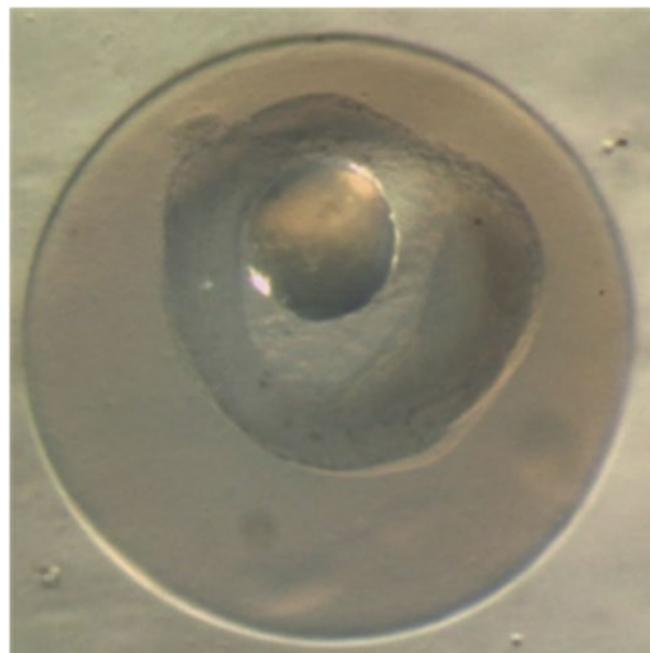


Рис. 5. Эмбрион скумбрии с малым запасом желтка в уловах 2025 г. (d икры = 0,99 мм, d желтка = 0,60 мм)

Fig. 5. Chub mackerel embryo with a small yolk in the 2025 catches (d of egg = 0,99 mm, d of yolk = 0,60 mm)

Таким образом, размеры икринок, запасы питательных веществ у эмбрионов и размеры предличинок и личинок скумбрии в 2025 г. были несколько меньше, чем описанные ранее для северной [Дехник, 1959] и южной [Kim, 2008] части ареала.

Размер икры – важный показатель её качества и адаптаций потомства в первые дни после выклева. Отмечены влияние диаметра икры на стандартную длину личинок при выклеве и их способность к переходу на экзогенное питание, в том числе, устойчивость к голоданию. Личинки, вылупившиеся из более крупных икринок, как правило, крупнее и растут быстрее, чем вылупившиеся из более мелких икринок [Houde, 2008]. В свою очередь, размеры икры зависят от возраста и условий нагула самок. Икра повторно нерестящихся двух- или трёхлетних самок скумбрии крупнее и богаче питательными веществами, чем икра, выметанная годовалыми, впервые нерестившимися самками [Yoneda et al., 2022]. Более крупные личинки скумбрии, получаемые от маточного стада, находящегося в стабильных температурных и кормовых условиях [Murata et al., 2005], также подтверждают влияние материнского эффекта на размеры потомства.

Из-за отсутствия специализированных ихтиологических съёмок данные по размерно-массовым и половозрастным характеристикам производителей скумбрии в 2025 г. собрать не удалось. Но можно предположить, что основным фактором, повлиявшим на снижение размеров икры и личинок, могло быть уменьшение возраста и размера нерестящихся особей. Средний диаметр икринок скумбрии, выметанных рыбами в возрасте около одного года, составлял 1,07 мм, что очень близко к нашим данным [Baek et al., 2025].

У сардин самой северный репродуктивный ареал имеет популяция п-ова Ното (о. Хонсю). При высокой численности нерест этой популяции происходит у северного побережья о. Хоккайдо. Нагульные миграции простираются в Татарский пролив и вдоль западного побережья о. Сахалин доходят до Александровска-Сахалинского. Сахалинский залив также отмечен как район нагула сардин [Новиков, 1979].

О размножении сардины у берегов Сахалина информацию обнаружить не удалось. Ни на одной из существующих схем даже южная часть Татарского пролива не отмечена как место нереста этого вида, что возможно связано с отсутствием регулярных ихтиопланкtonных исследований в июле–августе. Основные места воспроизводства и промысла сардин и, соответственно, научные исследования сосредоточены в тихоокеанских водах Японии и России.

В современный период массовые нагульные миграции сардины в Татарском проливе начали регистрировать с 2011 г. после отсутствия этого вида с 1992 по 2010 гг. [Великанов и др., 2017]. В 2015 г. у западного побережья Сахалина сардина появилась во второй декаде июня и встречалась в уловах до конца августа, т. е. в нерестовый период, что в условиях высоких положительных аномалий [Великанов, 2016] позволяет предполагать возможность её икрометания. Но результаты ихтиопланкtonной съёмки, выполненной в июле–августе 2017 г., не показали наличия нерестилищ. В списке ихтиопланктона Татарского пролива сардина отсутствовала [Шелехов и др., 2020].

При сложном механизме взаимоотношения численности популяций сардины с факторами среды температура поверхностного слоя в период нереста наиболее важна для её раннего онтогенеза [Nande et al., 2024]. В западной части Японского моря у о. Хонсю температура на нерестилищах сардинь меняется в пределах 13–21 °C, в зависимости от межгодового смещения икрометания к северу или к югу [Matsuoka, Konishi, 2001]. Обычно скопления икры формируются при температуре от 14 °C до 16 °C [Takasuka et al., 2008; Furuichi et al., 2020; Kodama et al., 2025]. Икра сардинь на I стадии развития встречается преимущественно на глубинах 40–60 м.

Адаптация к меняющимся климатическим условиям может происходить в двух направлениях. Это – изменение сроков нереста и пространственное смещение нерестилищ. Для северных акваторий более характерно пространственное смещение нерестилищ [Matsuoka, 2008].

В 2025 г. в юго-восточной части Татарского пролива нерест сардинь происходил над глубинами 5–20 м. Учитывая тяготение к большим глубинам, можно предполагать, что зоны икрометания располагались и мористее изученного полигона. Температура была вполне подходящей для раннего онтогенеза сардинь. При температуре 21–22 °C выклев личинок происходит через 30–36 часов [Matsuoka, 2008]. Судя по тому, что икра сардинь на IV стадии развития и личинки в уловах отсутствовали, нерест на полигоне начался за два–три дня до съёмки – ориентировочно с 25 июля. Низкая смертность икры объяснялась не только комфортной температурой, но и стабильной солёностью, резкие изменения которой могут приводить к гибели всей икры. Так, в Амурском заливе, находящемся под влиянием стока крупных рек, изменения солёности могли достигать 14‰ (14 PSU). В такие периоды доля эмбриональных патологий у сардинь возрастала до 90–100% [Давыдова, 1994].

Жизненный цикл и репродуктивная стратегия у сардин и скумбрии близки. Сардину относят к видам с порционным нерестом. Как и у скумбрии, у сардины предполагается наличие материнского эффекта, выражющегося в зависимости между размерами и упитанностью самок и размерами икринок и, соответственно, личинок, которые в последствии определяют пополнение и численность отдельных группировок [Morimoto, 2010]. Сходство жизненных циклов сардины и скумбрии объясняет возможность их совместного нереста у северных границ ареала.

Отсутствие в 2025 г. в юго-восточной части Татарского пролива икры и личинок японского анчоуса может быть объяснено несколькими причинами. К наиболее вероятным можно отнести слишком высокие температуры воды на исследуемом полигоне, а также выедание анчоуса другими массовыми видами, в частности, скумбрией. Для всех субтропических видов температура является наиболее важным фактором, способствующим продвижению рыб на север. Массовые субтропические мигранты, достигающие Татарского пролива, имеют следующий оптимальный для нереста диапазон температур: скумбрия – 15-22 °C в районе основных нерестилищ [Yukami et al., 2009] и 10-19 °C в северных частях ареала с образованием максимальных концентраций икры при 17 °C [Дехник, 1959]; сардина – 11-22 °C [Sarr et al., 2021] с пиком нереста при 16-17 °C [Takasuka et al., 2008]; анчоус – 13-18 °C [Zhang et al., 2021] и 5-12,6 °C для мигрирующих группировок [Funamoto, Aoki, 2002]. По приведённым данным видно, что мигрирующий анчоус может размножаться при более низких температурах. В пользу такого предположения свидетельствует и тот факт, что из всех массовых пелагических мигрантов южных широт анчоус чаще других размножается в Татарском проливе [Мухаметова, 2004; Шелехов и др., 2020] и является единственным видом из этой группы, икрометание которого было зарегистрировано в водах северного Сахалина вплоть до 55 °C [Мухаметова, 2012]. В условиях очень высоких температур, наблюдавшихся у юго-западного побережья Сахалина в 2025 г., анчоус мог уйти для нагула и нереста не только в более подходящие по температурным условиям северные районы Татарского пролива, но и в Охотское море. Кроме того, анчоус является важным кормовым видом [Байталюк, Радченко, 2024]. При значительной доле в питании скумбрии планктонных организмов в местах высоких концентраций мелких рыб её рацион смещается в сторону их потребления. Доля рыб в рационе скумбрии может достигать 35-48%, что позволило отнести этот вид к активным хищникам-оппортунистам [Chen et al., 2024].

Японский анчоус является одним из важных объектов питания скумбрии [Park et al., 2025]. Учитывая доминирование скумбрии в ихтиопланктоне, надо полагать, что численность её была высока и в составе пелагического ихтиоцена. В местах образования совместных скоплений анчоус мог активно выедаться скумбрией.

Анализ литературной информации и наши данные свидетельствуют не только о возобновлении масштабных миграций субтропических видов в Татарский пролив, но и о расширении их репродуктивного ареала в связи с формированием комплекса условий, прежде всего, благоприятного температурного режима на фоне роста численности популяций. Регулярные наблюдения за этими процессами чрезвычайно важны для получения дополнительных данных, необходимых для оценки пополнения южных мигрантов у северных границ ареала. Ихтиопланктонные съёмки являются одним из инструментов, позволяющих определить площадь нерестилищ и через суточную продукцию и общую численность выметанной икры рассчитать нерестовую биомассу рыб, оценить естественную смертность и другие параметры, необходимые для прогнозирования промысловых запасов. В дальневосточных морях данный подход применяется пока только для оценки запасов минтая. Однако при правильно подобранных методах сбора, сроках и периодичности ихтиопланктонные съёмки вполне применимы для определения нерестовой биомассы других видов с пелагическими стадиями развития. В странах, где сардина и скумбрия являются постоянными объектами промысла, результаты ихтиопланктонных съёмок широко используют в прогнозных оценках этих видов [Ward et al., 2021].

В 2025 г. обследованная акватория была сильно ограничена по площади, что не позволило полностью оконтурить нерестилища субтропических видов. Для получения более полной информации по их размножению и особенностям раннего онтогенеза в Татарском проливе необходимо проведение специализированных ихтиопланктонных и траловых съёмок в период максимального прогрева ТПМ (июль-август) с охватом большей по площади акватории, в том числе хорошо прогреваемых заливов и прибрежных участков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В третьей декаде июля 2025 г. в ихтиопланктоне юго-восточной части Татарского пролива были отмечены существенные изменения, заключавшиеся в снижении относительной численности икры и личинок резидентных видов и увеличении доли субтропических мигрантов – скумбрии и сардины. Возможность нереста субтропических видов была обусловлена вы-

сокой температурой воды, достигшей к концу июля в среднем 19,8 °С.

Скумбрия была представлена как икрой, так и личинками, сардина – только икрой. Доминировала скумбрия. Икра скумбрии в уловах ИКС-50 формировалась 52% от общей численности икры, личинки – 50% от общей численности личинок. Икра сардины относилась к второстепенным формам с суммарной численностью около 8%. Основная часть икры скумбрии находилась на II стадии развития (91%), сардины – на III стадии (73%). Доля нежизнеспособных икринок составляла 27% у скумбрии и 8% у сардины.

Расширение репродуктивной части ареала субтропических видов, таких как сардина и скумбрия, является одним из индикаторов климатических изменений и перестроек летнего пелагического ихтиоценаТатарского пролива.

Благодарности

Автор выражает признательность всем сотрудникам СахНИРО, принимавшим участие в сборе материала, и лично заведующему Лабораторией гидробиологии Корнееву Егору Сергеевичу за организацию экспедиционных работ и ведущему специалисту этой лаборатории Атамановой Инге Алексеевне за помощь в отборе материала.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

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

ЛИТЕРАТУРА

Байталюк А.А., Радченко В.И. 2024. Современное состояние и тенденции промыслового запаса японского анчоуса *Engraulis japonicus* (Engraulidae) в российских водах Японского моря // Известия ТИНРО. Т. 204. Вып. 2. С. 257-275. DOI 10.26428/1606-9919-2024-204-257-275.

Беляев В.А. 1986. Японская скумбрия. Обыкновенные скумбрии // Биологические ресурсы Тихого океана. М.: Наука. С. 259-268.

Веденский А.Н. 1951. Материалы по биологии скумбрии Японского моря // Известия ТИНРО. Т. 34. С. 47-66.

Веденский А.П. 1953. Биология скумбрии Японского моря: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДФ АН СССР. 24 с.

Великанов А.Я. 2006. Новая волна миграций рыб южных широт к берегам Сахалина // Вестник Сахалинского музея. № 13. С. 265-278.

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.

Великанов А.Я., Буслов А.В., Никитин В.Д., Кусайлло О.В., Цхай Ж.Р., Латковская Е.М., Фролов Е.В., Лысикова А.С. 2012. Очередное появление дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* (Clupeidae) у западного побережья Сахалина // Известия ТИНРО. Т. 171. С. 62-68.

Великанов А.Я., Ким С.Т., Цхай Ж.Р., Пометеев Е.В., Полтев Ю.Н., Заварзина Н.К. 2017. О миграциях, распространении и численности дальневосточной сардины (*Sardinops melanostictus*) у западного побережья Сахалина в 2015 году // Вестник Сахалинского музея. № 24. С. 291-304.

Великанов А.Я., Мухаметов И.Н., Шевченко Г.В., Заварзина Н.К. 2025. Биологическая характеристика японского анчоуса *Engraulis japonicus* (Engraulidae) в период сезонных миграций у берегов о. Сахалин в 2000-2023 гг. // Вопросы рыболовства. Т. 26. № 1. С. 59-76. DOI 10.36038/0234-2774-2025-26-1-59-76.

Давыдова С.В. 1994. Встречаемость икры дальневосточной сардины и японского анчоуса в заливе Петра Великого (Японское море) // Известия ТИНРО. Т. 115. С 130-136.

Дехник Т.В. 1959. Размножение и развитие японской скумбрии *Pneumatophorus japonicus* (Houttuyn) у берегов Южного Сахалина // Исследования дальневосточных морей. Т. 6. С. 97-108.

Долганова Н.Т. 2010. Зоопланктон Японского моря как потенциальная кормовая база для пастбищного выращивания лососей // Известия ТИНРО. Т. 163. С. 311-337.

Дьяков Б.С. 2011. Крупномасштабные колебания в системе океан – атмосфера и перспектива сверхдолгосрочного прогноза температуры воды Японского моря // Известия ТИНРО. Т. 165. С. 281-299.

Мухаметова О.Н. 2004. Некоторые особенности пространственного распределения и развития икры и личинок японского анчоуса *Engraulis japonicus* (Engraulidae) // Вопросы ихтиологии. Т. 44. № 2. Р. 239-248.

Мухаметова О.Н., Баланов А.А. 2013. Ихтиопланктон лагунных озёр юго-восточной части острова Сахалин-Южно-Сахалинск: СахНИРО. 188 с.

Новиков Ю.В. 1979. Сардина, скумбрия, сайра. Промысловобиологическое описание Владивосток: ТИНРО. 67 с.

Песенко Ю.А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука. 288 с.

Расс Т.С., Казанова И.И. 1966. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб. М: Пищевая промышленность 43 с.

Хен Г.В., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д. 2020. Многолетние изменения термических условий на поверхности дальневосточных морей и СЗТО и их связь с крупномасштаб-

- ными климатическими процессами // Известия ТИНРО. Т. 202. Вып. 1. С. 187-207. DOI 10.26428/1606-9919-2022-202-187-207.
- Шевченко Г.В., Ложкин Д.М. 2023. Сезонные и межгодовые вариации температуры поверхности моря в Татарском проливе по спутниковым данным // Геосистемы переходных зон. Т. 7. № 3. С. 276-291. DOI 10.30730/grz.2023.7.3.276-291.
- Шелехов В.А., Епур И.В., Баланов А.А. 2020. Видовой состав и структура ихтиопланктона северной части Японского моря в летний период 2017 г. // Вопросы ихтиологии. Т. 60. № 1. С. 40-51. DOI 10.31857/S0042875220010178.
- Baek S.I., Ji S.C., Cho J-H. 2025. Reproductive cycle of cultured chub mackerel (*Scomber japonicus*), in a land-based tank system in Jeju Island, Korea // Front. Mar. Sci. 12:1617181. 15 p. DOI 10.3389/fmars.2025.1617181.
- Bai X., Gao L., Choi S. 2022. Exploring the response of the Japanese Sardine (*Sardinops melanostictus*) stock-recruitment relationship to environmental changes under different structural models // Fishes. V. 7. № 5. 276. 20. p. DOI 10.3390/fishes7050276.
- Castro Hernández J.J.; Santana Ortega A.T. 2000. Synopsis of biological data on the chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782). FAO Fisheries Synopsis. No. 157. Rome, FAO. 77 p.
- Chen Y., Hu G., Zhao Z., Chen X., Liu B. 2024. Feeding Habits of *Scomber japonicus* Inferred by Stable Isotope and Fatty Acid Analyses // J. Mar. Sci. Eng. V. 12. 18 p. 1335. DOI 10.3390/jmse12081335.
- Funamoto T., Aoki I. 2002. Reproductive ecology of Japanese anchovy off the Pacific coast of eastern Honshu, Japan // Journal of Fish Biology. V. 60. P. 154-169. DOI 10.1111/j.1095-8649.2002.tb02395.x.
- Furuichi, S., Yasuda T., Kurota H., Yoda M., Suzuki K., Takahashi M., Fukuwaka M. 2020. Disentangling the Effects of Climate and Density-Dependent Factors on Spatiotemporal Dynamics of Japanese Sardine Spawning // Marine Ecology Progress Series. V. 633. P. 157-168. DOI 10.3354/meps13169.
- Houde E.D. 2008. Emerging from Hjort's Shadow // J. Northwest Atl. Fish. Sci. V. 41. P. 53-70. DOI 10.2960/J.v41.m634
- Kanamori Y., Takasuka A., Nishijima S., Okamura H. 2019. Climate change shifts the spawning ground northward and extends the spawning period of chub mackerel in the western north pacific // Mar. Ecol. Prog. Ser. V. 624. P. 155-166. DOI 10.3354/meps13037.
- Kaneko H., Okunishi T., Seto, T., Kuroda H., Itoh S., Kouketsu S. et al. 2019. Dual effects of reversed winter-spring temperatures on year-to-year variation in the recruitment of chub mackerel (*Scomber japonicus*) // Fish. Oceanogr. V. 28. № 2. P. 212-227. DOI 10.1111/fog.12403.
- Kim D.K., Kim J.D., Yoon S.J., Hwang G.H., Kim E.O., Son S.G. et al. 2008. Development of the Eggs, Larvae and Juveniles by Artificially-Matured Pacific Mackerel, *Scomber japonicus* in the Korean Waters // Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 41. № 6. P. 471-477. DOI 10.5657/kfas.2008.41.6.471.
- Kodama T., Igeta Y., Yasuda T., Muko S. 2025. Habitat Suitability Modeling Predicts Two Migratory Groups of the Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus*, in the Sea of Japan // Fisheries Oceanography V. 0. P. 1-13. DOI 10.1111/fog.70010.
- Kume G., Shigemura T., Okanishi M., Hirai J., Shiozaki K., Ichinomiya M. et al. 2021. Distribution, feeding habits, and growth of Chub Mackerel, *Scomber japonicus*, larvae during a high-stock period in the Northern Satsunan area, Southern Japan // Front. Mar. Sci. V. 8. 725227. 14 p. DOI 10.3389/fmars.2021.725227.
- Matsuoka M., Konishi Y. 2001. Abundance and distributional changes of Japanese sardine [*Sardinops melanostictus*] eggs around Kyushu, Japan, from 1979 to 1995 // Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography. V. 65. № 2. P. 67-73.
- Matsuoka M. 2008. Studies on early development and spawning ecology in Japanese Sardine *Sardinops melanostictus* // Bull. Fish. Res. Agen. № 22. 87-183.
- Morimoto H. 2010. Temporal and spatial changes in the reproductive characteristics of female Japanese sardine *Sardinops melanostictus* and their effects on the population dynamics // Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr. V. 74. p. 35-45.
- Moukhamedova O.N. 2014. Reproductive and nursery potential of nearshore area in the East of Tatarskyi Strait // Proceedings of the 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 16-19 February 2014. Mombetsu. P. 288-291.
- Moukhamedova O.N. 2012. Ichthyoplankton as an indicator of fish reproduction in Tatarskiy Strait (Japan Sea) // Proceedings of the 27th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 19-24 February 2012. Mombetsu. P. 133-136.
- Mukhametova O.N., Balanov A.A. 2013. Ichthyoplankton of lagoon lakes of the southeastern part of Sakhalin. Yuzhno-Sakhalinsk Island: SakhNIRO. 188 p.
- Murata O., Yamamoto S., Ishibashi R., Oka Y., Yoneshima H., Kato K. et al. 2005. Egg development and growth of larval and juvenile cultured Chub Mackerel *Scomber japonicus* (Perciformes: Scombridae) in a captive spawning experiment // Aquaculture Science Japan. V. 53. № . 3. P. 319-324. DOI 10.11233/aquaculturesci1953.53.319.
- Nande M., Pérez M., Presa P. 2024. The embryo-oil drop assembly: the timing and morphology of a critical event for fish early-life history survival // Scientific Reports. V. 14. 6918. P. 15. DOI 10.1038/s41598-024-57429-9.
- Park H.-S., Song S.H., Jeong J.M., Yang J.H., Kim C. 2025. Comparison of the Feeding Characteristics of Chub Mackerel *Scomber japonicus* in Jeju Island and the Yellow Sea of Korea // Water. V. 17. 19 p. 1804. DOI 10.3390/w17121804.
- 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. V. 9. 1403. 19 p. DOI 10.3390/jmse9121403.
- Takasuka A., Oozeki Y., Kubota H., Lluch-Cota S.E. 2008. Contrasting spawning temperature optima: Why are

- anchovy and sardine regime shifts synchronous across the North Pacific? // *Prog. Oceanogr.* V. 77. P. 225-232. DOI 10.1016/j.pocean.2008.03.008.
- Wang N., Teletchea F., Kestemont P., Milla S., Fontaine P. 2010. Photothermal control of the reproductive cycle in temperate fishes. *Rev. Aquacult.* V. 2. P. 209-222. DOI 10.1111/j.1753-5131.2010.01037.x
- Yang C., Han H., Zhang H., Shi Y., Su B., Jiang P. et al. 2023. Assessment and management recommendations for the status of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* population in the Northwest Pacific // *Ecological Indicators*. V. 148. 110111. 9 p. DOI 10.1016/j.ecolind.2023.110111.
- Yatsu A. 2019. Review of population dynamics and management of small pelagic fishes around the Japanese archipelago // *Fish. Sci.* V. 85. P. 611-639. DOI 10.1007/s12562-019-01305-3.
- Yoneda M., Kitano H., Nyuji M., Nakamura M., Takahashi M., Kawabata A. et al. 2022. Maternal spawning experience and thermal effects on offspring viability of chub mackerel and their influence on reproductive success. *Front. Mar. Sci.* 9:1063468. 20 p. DOI 10.3389/fmars.2022.1063468.
- Yukami R., Ohshima S., Yoda M., Hiyama Y. 2009. Estimation of the spawning grounds of chub mackerel *Scomber japonicus* and spotted mackerel *Scomber australasicus* in the East China Sea based on catch statistics and biometric data // *Fish. Sci.* V. 75. P. 167-174. DOI 10.1007/s12562-008-0015-7.
- Ward T.M., Grammer G.L., Ivey A.R. 2021. Spawning biomass of Blue Mackerel (*Scomber australasicus*) and Australian Sardine (*Sardinops sagax*) in the East sub-area of the small pelagic fishery // Report to the Australian Fisheries Management Authority. RR2019/0804. March. P. 54.
- Zhang W., Yu H., Ye Zh., Tian Y., Liu Y., Li J., Xing Q., Jiang Y. 2021. Spawning strategy of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the coastal Yellow Sea: Choice and dynamics // *Fisheries Oceanography*. V. 30. № 4. P. 366-381. DOI 10.1111/fog.12523
- REFERENCES**
- Baitaliuk A.A., Radchenko V.I. 2024. Current status and trends for commercial stock of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* (Engraulidae) in Russian waters of the Japan Sea. *Izvestiya TINRO*. V. 204. № 2. P. 257-275. (In Russ.) DOI 10.26428/1606-9919-2024-204-257-275.
- Belyaev V.A. 1986. Chub mackerel. Common mackerels // *Biological resources of the Pacific Ocean*. Moscow: Nauka. P. 259-268. (In Russ.).
- Vedensky A.N. 1951. Materials on the biology of mackerel of the Japan Sea // *Izvestia TINRO*. Vol. 34. P. 47-66. (In Russ.).
- Vedensky A.P. 1953. Biology of mackerel of the Japan Sea: Abstract of a dissertation for of philosophy doctor degree. Vladivostok: Far-East Branch of USSR Academy of Sciences. 24 p. (In Russ.).
- Velikanov A.Ya. 2006. New wave of fish migrations from southern latitudes to the shores of Sakhalin Island // *Bulletin of the Sakhalin Museum*. № . 13. P. 265-278. (In Russ.).
- Velikanov A.Y. 2016. Pacific sardine (*Sardinops melanostictus*) migrations to the shores of Sakhalin Island in the 20th-early 21st centuries // *J. Ichthyol.* V. 56. P. 715-727. DOI 10.1134/S0032945216040147 (In Russ.).
- Velikanov A.Ya., Nikitin V.D., Kusailo O.V., Tshay Zh.R., Latkovskaya E.M. et al. 2012. New appearance of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* (Clupeidae) at the western coast of Sakhalin // *Izvestiya TINRO*. V. 171. P. 62-68. (In Russ.).
- Velikanov A.Ya., Kim S.T., Tshai Zh.R., Pometeev E.V., Poltev Yu.N., Zavarzina N.K. 2017. On the migrations, distribution and abundance of the Pacific sardine (*Sardinops melanostictus*) off the western coast of Sakhalin in 2015 // *Bulletin of the Sakhalin Museum*. No. 24. P. 291-304. (In Russ.).
- Velikanov A.Ya., Mukhametov I.N., Shevchenko G.V., Zavarzina N.K. 2025 Biological characteristics of the Japanese anchovy *Engraulis japonicus* (Engraulidae) during seasonal migrations off the Sakhalin island in 2000-2023 // *Fisheries Issues* V. 26. № 1. P. 59-76. (In Russ.) DOI 10.36038/0234-2774-2025-26-1-59-76.
- Davydova S.V. 1994. Occurrence of Pacific sardine and Japanese anchovy eggs in the Bay of Peter the Great (the Sea of Japan) // *TINRO News*. V. 115. P. 130-136. (In Russ.).
- Dekhnik T.V. 1959. Reproduction and development of chub mackerel *Pneumatophorus japonicus* (Houttuyn) off the coast of Southern Sakhalin // *Research of the Far Eastern Seas*. V. 6. P. 97-108. (In Russ.).
- Dolganova N.T. 2010. Zooplankton in the Japan Sea as a potential forage base for salmons pasturing // *Izvestiya TINRO*. V. 163. P. 311-337. (In Russ.).
- Dyakov B.S. 2011. Large-scale fluctuations in the ocean-atmosphere system and prospects of long-term forecasting for water temperature of the Japan Sea // *Izvestiya TINRO*. V. 165. P. 231-250. (In Russ.).
- Mukhametova O.N. 2004. Some characteristics of spatial distribution and development of eggs and larvae in the Japanese anchovy *Engraulis japonicus* (Engraulidae) in waters off Sakhalin // *Journal of Ichthyology*. V. 44. № 2. P. 158-166.
- Novikov Yu.V. 1979. Sardine, mackerel, saury. Commercial and biological description. Vladivostok: TINRO. 67 p. (In Russ.).
- Pesenko Yu.A. 1982. Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies. Moscow: Nauka. 288 p. (In Russ.).
- Rass T.S., Kasanova I.I. 1966. Methodological guide for collecting of fish eggs, larvae and fry. Moscow: Food industry, 43 p. (In Russ.).
- Khen G.V., Ustinova E.I., Sorokin Yu.D. 2022. Long-term changes in thermal conditions on the surface of the Far-Eastern Seas and North-West Pacific and their relationship with large-scale climate processes // *Izvestiya TINRO*. V. 202. № 1. P. 187-207. (In Russ.) DOI 10.26428/1606-9919-2022-202-187-207

- Shevchenko G.V., Lozhkin D.M. 2023. Seasonal and interannual variations in sea surface temperature in the Tatar Strait according to satellite data. Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones, V. 7. № 3. P. 276-291. (In Russ.) DOI 10.30730/gtrz.2023.7.3.276-291
- Shelekhov V.A., Epur I.V., Balanov A.A. 2020. Species Composition and Structure of Ichthyoplankton of the Northern Part of the Sea of Japan in Summer of 2017 // J. Ichthyol. V. 60. P. 36-47. DOI 10.1134/S0032945220010154
- Baek S.I., Ji S.C., Cho J-H. 2025. Reproductive cycle of cultured chub mackerel (*Scomber japonicus*), in a land-based tank system in Jeju Island, Korea // Front. Mar. Sci. 12:1617181. 15 p. DOI 10.3389/fmars.2025.1617181
- Bai X., Gao L., Choi S. 2022. Exploring the response of the Japanese Sardine (*Sardinops melanostictus*) stock-recruitment relationship to environmental changes under different structural models // Fishes. V. 7. № 5. 276. 20. p. DOI 10.3390/fishes7050276
- Castro Hernández J.J.; Santana Ortega A.T. 2000. Synopsis of biological data on the chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782). FAO Fisheries Synopsis. No. 157. Rome, FAO. 77 p.
- Chen Y., Hu G., Zhao Z., Chen X., Liu B. 2024. Feeding Habits of *Scomber japonicus* Inferred by Stable Isotope and Fatty Acid Analyses // J. Mar. Sci. Eng. V. 12. 18 p. 1335. DOI 10.3390/jmse12081335
- Funamoto T., Aoki I. 2002. Reproductive ecology of Japanese anchovy off the Pacific coast of eastern Honshu, Japan // Journal of Fish Biology. V. 60. P. 154-169. DOI 10.1111/j.1095-8649.2002.tb02395.x
- Furuichi, S., Yasuda T., Kurota H., Yoda M., Suzuki K., Takahashi M., Fukukawa M. 2020. Disentangling the Effects of Climate and Density-Dependent Factors on Spatiotemporal Dynamics of Japanese Sardine Spawning // Marine Ecology Progress Series. V. 633. P. 157-168. DOI 10.3354/meps13169
- Houde E.D. 2008. Emerging from Hjort's Shadow // J. Northwest Atl. Fish. Sci. V. 41. P. 53-70. DOI 10.2960/J.v41.m634
- Kanamori Y., Takasuka A., Nishijima S., Okamura H. 2019. Climate change shifts the spawning ground northward and extends the spawning period of chub mackerel in the western north pacific // Mar. Ecol. Prog. Ser. V. 624. P. 155-166. DOI 10.3354/meps13037
- Kaneko H., Okunishi T., Seto T., Kuroda H., Itoh S., Kouketsu S. et al. 2019. Dual effects of reversed winter-spring temperatures on year-to-year variation in the recruitment of chub mackerel (*Scomber japonicus*) // Fish. Oceanogr. V. 28. № 2. P. 212-227. DOI 10.1111/fog.12403
- Kim D.K., Kim J.D., Yoon S.J., Hwang G.H., Kim E.O., Son S.G. et al. 2008. Development of the Eggs, Larvae and Juveniles by Artificially-Matured Pacific Mackerel, *Scomber japonicus* in the Korean Waters // Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 41. № 6. P. 471-477. DOI 10.5657/kfas.2008.41.6.471
- Kodama T., Igeta Y., Yasuda T., Muko S. 2025. Habitat Suitability Modeling Predicts Two Migratory Groups of the Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus*, in the Sea of Japan // Fisheries Oceanography V. 0. P. 1-13. DOI 10.1111/fog.70010.
- Kume G., Shigemura T., Okanishi M., Hirai J., Shiozaki K., Ichinomiya M. et al. 2021. Distribution, feeding habits, and growth of Chub Mackerel, *Scomber japonicus*, larvae during a high-stock period in the Northern Satsunan area, Southern Japan // Front. Mar. Sci. V. 8. 725227. 14 p. DOI 10.3389/fmars.2021.725227
- Matsuoka M., Konishi Y. 2001. Abundance and distributional changes of Japanese sardine [*Sardinops melanostictus*] eggs around Kyushu, Japan, from 1979 to 1995 // Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography. V. 65. № 2. P. 67-73.
- Matsuoka M. 2008. Studies on early development and spawning ecology in Japanese Sardine *Sardinops melanostictus* // Bull. Fish. Res. Agen. № 22. 87-183.
- Morimoto H. 2010. Temporal and spatial changes in the reproductive characteristics of female Japanese sardine *Sardinops melanostictus* and their effects on the population dynamics // Bull. Jpn. Soc. Fish. Oceanogr. V. 74. p. 35-45.
- Moukhamedova O.N. 2014. Reproductive and nursery potential of nearshore area in the East of Tatarskyi Strait // Proceedings of the 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 16-19 February 2014. Mombetsu. P. 288-291.
- Moukhamedova O.N. 2012. Ichthyoplankton as an indicator of fish reproduction in Tatarskiy Strait (Japan Sea) // Proceedings of the 27th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan, 19-24 February 2012. Mombetsu. P. 133-136.
- Mukhametova O.N., Balanov A.A. 2013. Ichthyoplankton of lagoon lakes of the southeastern part of Sakhalin. Yuzhno-Sakhalinsk Island: SakhNIRO. 188 p.
- Murata O., Yamamoto S., Ishibashi R., Oka Y., Yoneshima H., Kato K. et al. 2005. Egg development and growth of larval and juvenile cultured Chub Mackerel *Scomber japonicus* (Perciformes: Scombridae) in a captive spawning experiment // Aquaculture Science Japan. V. 53. № . 3. P. 319-324. DOI 10.11233/aquaculturesci1953.53.319
- Nande M., Pérez M., Presa P. 2024. The embryo-oil drop assembly: the timing and morphology of a critical event for fish early-life history survival // Scientific Reports. V. 14. 6918. P. 15. DOI 10.1038/s41598-024-57429-9
- Park H.-S., Song S.H., Jeong J.M., Yang J.H., Kim C. 2025. Comparison of the Feeding Characteristics of Chub Mackerel *Scomber japonicus* in Jeju Island and the Yellow Sea of Korea // Water. V. 17. 19 p. 1804. DOI 10.3390/w17121804
- 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. V. 9. 1403. 19 p. DOI 10.3390/jmse9121403.
- Takasuka A., Oozeki Y., Kubota H., Lluch-Cota S.E. 2008. Contrasting spawning temperature optima: Why are anchovy and sardine regime shifts synchronous across the North Pacific? // Prog. Oceanogr. V. 77. P. 225-232. DOI 10.1016/j.pocean.2008.03.008

- Wang N., Teletchea F., Kestemont P., Milla S., Fontaine P. 2010. Photothermal control of the reproductive cycle in temperate fishes. *Rev. Aquacult.* V. 2. P. 209-222. DOI 10.1111/j.1753-5131.2010.01037.x
- Yang C., Han H., Zhang H., Shi Y., Su B., Jiang P. et al. 2023. Assessment and management recommendations for the status of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* population in the Northwest Pacific // *Ecological Indicators*. V. 148. 110111. 9 p. DOI 10.1016/j.ecolind.2023.110111
- Yatsu A. 2019. Review of population dynamics and management of small pelagic fishes around the Japanese archipelago // *Fish. Sci.* V. 85. P. 611-639. DOI 10.1007/s12562-019-01305-3
- Yoneda M., Kitano H., Nyuji M., Nakamura M., Takahashi M., Kawabata A. et al. 2022. Maternal spawning experience and thermal effects on offspring viability of chub mackerel and their influence on reproductive success. *Front. Mar. Sci.* 9:1063468. 20 p. DOI 10.3389/fmars.2022.1063468
- Yukami R., Ohshima S., Yoda M., Hiyama Y. 2009. Estimation of the spawning grounds of chub mackerel *Scomber japonicus* and spotted mackerel *Scomber australasicus* in the East China Sea based on catch statistics and biometric data // *Fish. Sci.* V. 75. P. 167-174. DOI 10.1007/s12562-008-0015-7
- Ward T.M., Grammer G.L., Ivey A.R. 2021. Spawning biomass of Blue Mackerel (*Scomber australasicus*) and Australian Sardine (*Sardinops sagax*) in the East sub-area of the small pelagic fishery // *Report to the Australian Fisheries Management Authority*. RR2019/0804. March. P. 54.
- Zhang W., Yu H., Ye Zh., Tian Y., Liu Y., Li J., Xing Q., Jiang Y. 2021. Spawning strategy of Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the coastal Yellow Sea: Choice and dynamics // *Fisheries Oceanography*. V. 30. № 4. P. 366-381. DOI 10.1111/fog.12523

Поступила в редакцию 06.10.2025 г.
Принята после рецензий 27.10.2025 г.

УДК 551.468-639.2.05(262.5)

Промысловые виды и их биология

Роль пространственно-временной изменчивости морских течений в зимовальной миграции азовской хамсы в Чёрном море

В.Н. Белоусов¹, М.М. Пятинский¹, В.А. Шляхов¹, С.Н. Кульба¹, Д.Г. Битютский^{2,3}, Р.В. Надолинский¹

¹ Азово-Черноморский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), ул. Береговая, 21в, Ростов-на-Дону, 344002

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

³ Институт биологии КарНЦ РАН (ФГБУН «ИБ ФИЦ КарНЦ РАН»), ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, 185910

E-mail: pyatinskimm@azniirkh.vniro.ru

SPIN-коды: В.Н. Белоусов – 4922-9136; М.М. Пятинский – 9500-3502; В.А. Шляхов – 9785-6939; С.Н. Кульба – 9179-1125; Д.Г. Битютский – 7694-4898; Р.В. Надолинский – 5246-5236.

Цель работы: оценка влияния морских течений на направление зимовальной миграции хамсы азовской популяции в Чёрном море.

Материал и методы: работа основана на многолетних данных статистики судового и прибрежного промысла азовской хамсы и данных о течениях в Керченском предпроливном пространстве в 2015-2024 гг. по материалам мониторингового проекта «Коперник». Проверка гипотезы о наличии связи между пространственно-временными изменениями морских течений и направлением миграции азовской хамсы выполнена с использованием метода непараметрической статистики (тест Мана-Уитни-Вилкоксона) и пространственного анализа.

Результаты: показаны значимые различия в схеме зональных и меридиональных течений, которые связаны с направлением зимовальной миграции азовской хамсы в районе Керченского предпроливья Чёрного моря. Выявлены пространственные особенности в зональных и меридиональных компонентах течений, определяющие направление миграции в сторону ЮБК или Кавказского побережья. Ключевыми при определении направления миграции являются: 43, 45 и 46 недели года для зональной компоненты течений, 46 неделя для меридиональной компоненты течений.

Новизна: при помощи статистического пространственно-временного анализа многолетних данных впервые показана связь между течениями и направлением зимовальной миграции хамсы азовской популяции.

Практическая значимость: установленные многолетние особенности в схеме морских течений и их связь с направлением миграции азовской хамсы в Чёрном море позволяют повысить эффективность организации российского промысла.

Ключевые слова: Чёрное море, хамса, морские течения, промысел, зимовальная миграция, климатические изменения.

Role of sea current spatio-temporal variability in the Azov anchovy overwintering migration into the Black Sea

Vladimir N. Belousov¹, Mikhail M. Piatinskii¹, Vladislav A. Shlyakhov¹, Sergey N. Kulba¹, Dmitrii G. Bitiutskii^{2,3}, Roman V. Nadolinskii¹

¹ Azov-Black Sea branch of «VNIRO» («AzNIIRKH»), 21 в, Beregovaya st., Rostov-on-Don, 344002, Russia

² Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

³ Institute of Biology of the KarRC RAS («IB KarRC RAS»), 11, Pushkinskaya street, Petrozavodsk, 185910, Russia

The aim: to characterize sea current influence on the direction of the Azov anchovy overwintering migration into the Black Sea.

Material and methods: the assessment was based on long-term Azov anchovy catch statistics from ship and coastal fisheries and data of currents in the Kerch pre-strait area in 2015-2024 based on the Copernicus monitoring project dataset. The hypothesis of a relationship between spatio-temporal changes in sea currents and the direction of the Azov anchovy migration was tested using nonparametric statistics (Mann-Whitney-Wilcoxon test) and spatial analysis.

Results: the relationship between the eastern and northern currents, that related with the direction of the Azov anchovy migration in the Kerch Strait area, was shown. Spatial patterns in the eastern and northern components of the currents that determine the migration direction have been identified. The key factors in determining the migration direction are: 43rd, 45th and 46th weeks of the year for the eastern component of the currents, 46th week for the northern component of the currents.

Novelty: using statistical spatio-temporal analysis of long-term data the relationship between currents and Azov anchovy overwintering migration was showed.

Practical significance: long-term spatial patterns of sea currents and their influence on the direction of the Azov anchovy migration into the Black Sea can make it possible to increase the efficiency of organizing Russian fisheries.

Keywords: Black Sea, anchovy, sea currents, fisheries, overwintering migration, climate changes.

ВВЕДЕНИЕ

Азовская хамса (Европейский анчоус) (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) является массовым представителем мелкосельдевых рыб, совершающих протяжённые зимовально-нерестовые миграции между Азовским и Чёрным морями. Промысел этой рыбы приурочен к периоду её миграций, когда она формирует наиболее плотные скопления.

Зимовальная миграция хамсы азовской популяции начинается в сентябре-октябре, после достижения высокой жирности в период нагула, по мере снижения температуры воды в Азовском море [Попова,

1954]. Зимовальная миграция этой популяции является одной из ключевых особенностей поведения, позволяющей хамсе избегать летальных и сублетальных значений температуры в Азовском море в зимний период и зимовать в более тёплых водах Чёрного моря. При этом, после прохода через Керченский пролив миграция в Чёрное море может происходить по двум основным направлениям: вдоль Кавказского побережья или вдоль побережья Крыма в сторону Южного берега Крыма (далее – ЮБК) [Chashchin, 1996].

Вопрос выявления факторов и закономерностей, определяющих направление зимовальной миграции азовской хамсы, изучался исследователями начиная

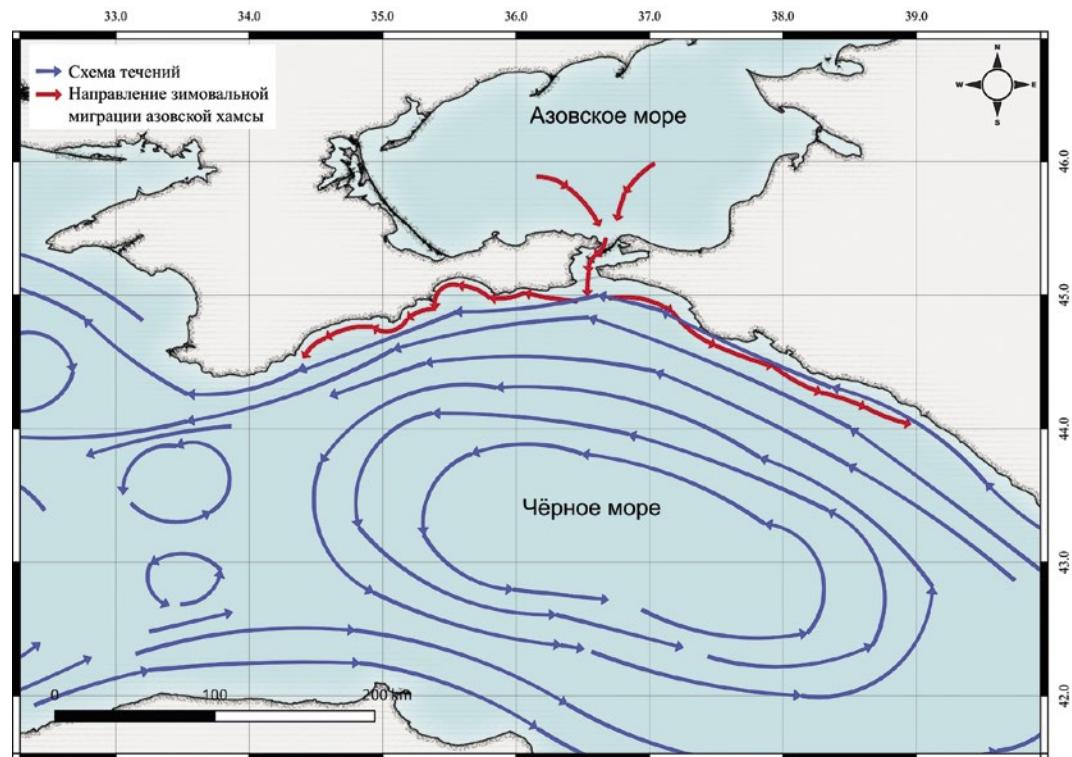


Рис. 1. Направления зимовальной миграции хамсы азовской популяции и концептуальная схема течений им. Книповича («Очки Книповича») для Чёрного моря [Книпович, 1933]

Fig. 1. The directions of winter migration of the population of Azov anchovy and the conceptual scheme of currents by Knipovich («Knipovich glasses») for the Black Sea [Knipovich, 1933]

с конца XIX века [Данилевский, 1871; Александров, 1927; Попова, 1954]. Большинство исследователей предполагают, что основными факторами, обуславливающими выбор направления миграции, являются скорость и направление морских течений, температура воды и температурные градиенты, атмосферные процессы. При этом исследователи сходятся во мнении, что ключевую роль среди этих факторов играют особенности течений в районах миграции хамсы.

Считается, что кавказские течения (перенос воды из южной части Чёрного моря вдоль побережья Кавказа по генеральной схеме течений) являются устойчивыми, вследствие чего основным направлением зимовальной миграции азовской хамсы является кавказское направление (рис. 1) [Попова, 1954; Chashchin, 1996]. Однако при появлении аномалий в генеральной схеме течений Чёрного моря азовская хамса может совершать миграцию в направлении ЮБК. В современных работах ряд авторов делает допущение о том, что ключевую роль в определении направления миграции хамсы играют направления ветров в районе Керченского предпроливья [Гришин, 2014; Zuyev, Skuratovskaya, 2023] или глобальные атмосферные процессы [Панов, Спиридонова, 2021].

Несмотря на предположения множества исследователей о связи особенностей течений в Керченском предпроливье и направлением зимовальной

миграции азовской хамсы, аналитическое подтверждение такой гипотезы не представлено. В связи с этим актуальной является количественная оценка пространственно-временных связей между течениями в Чёрном море и направлением зимовальной миграции азовской популяции хамсы. Успешное решение этой задачи имеет не только теоретическое, но и практическое значение для организации и управления промыслом хамсы в Чёрном море.

Целью данного исследования является проверка гипотезы о наличии связи между особенностями течений в районе Керченского предпроливья в Чёрном море и направлением миграции азовской хамсы в современный период.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании использованы данные о течениях в Чёрном море на глубинах 1,5, 6,5, 9,5 и 13,5 м, предоставляемые проектом «Коперник» [Le Traon et al., 2017; Lima et al., 2020] за 2015-2024 гг.

Выполнялся анализ следующих переменных:

- «ио» – Eastward Eulerian velocity, зональная составляющая течений (положительное значение указывает на направление с запада на восток, отрицательное – с востока на запад), м/с;
- «во» – Northward Eulerian velocity, меридиональная составляющая течений (положительное значение

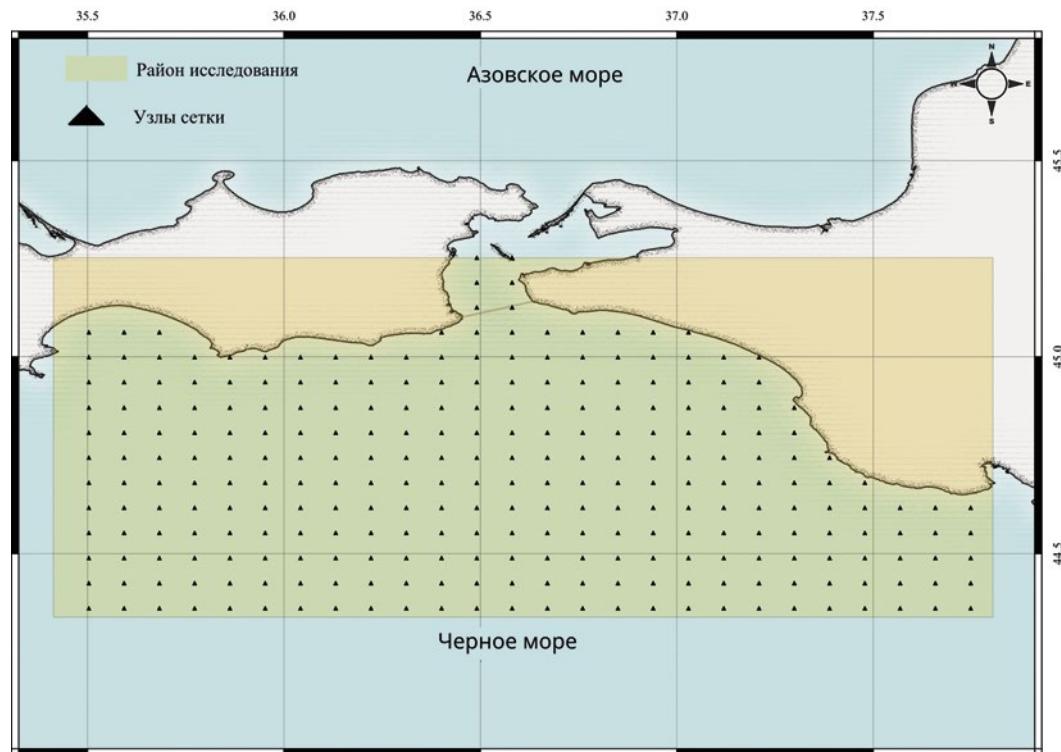


Рис. 2. Район исследования

Fig. 2. Research area

указывает на направление с юга на север, отрицательное – с севера на юг), м/с.

Данные представлены в узлах равномерной сетки с шагом 10 км. На рис. 2 показан район исследования и узлы такой сетки.

Все данные, характеризующие течения в узлах сетки, получали путём билинейной интерполяции исходных данных [Mastylo, 2013].

В каждом году для каждого узла сетки рассчитывались средние еженедельные показатели, характеризующие течения с октября по декабрь (с 40 по 52 неделю года). Таким образом, для каждой недели года в каждом узле были сформированы многолетние выборки ($n=10$) для каждого параметра течений.

В период октябрь–декабрь для каждого года наличие или отсутствие миграции хамсы в сторону ЮБК определяли на основе статистики судового (улов на час траления) и прибрежного (выловов за 5 дней) промысла западнее $36,5^{\circ}$ в. д. Данные о судовом промысле (судовые суточные донесения) представлены Центром системы мониторинга рыболовства и связи (ЦСМС). Для анализа динамики уловов хамсы прибрежными орудиями лова использовалась статистика её улова в ставные невода у побережья Крыма по данным Азово-Черноморского территориального управления Росрыболовства (АЧТУ). Решение о наличии миграции в сторону ЮБК в конкретном месяце принималось если среднее значение вылова за этот месяц в текущем году превышало среднее значение вылова в таком же месяце за период 2015–2024 гг. В качестве критерия наличия миграции хамсы в направлении ЮБК для текущего года принималось наличие не менее двух месяцев миграции в осенне-зимний период как при судовом, так и при прибрежном промысле.

Многолетние выборки показателей течений в каждом узле сетки по критерию наличия или отсутствия миграции хамсы в направлении ЮБК разделялись на подвыборки, которые сравнивались между собой с помощью непараметрического теста Манна-Уитни-Вилкоксона [Bauer, 1972]. Значимыми принимались различия в показателях течений подвыборок после преобразования U-критерия при $p\text{-value} < 0,05$. Оценки значимости различий теста Манна-Уитни-Вилкоксона в каждой пространственной точке наносили на карту для их дальнейшей интерпретации. В случае отсутствия статистически значимых различий в узлах сетки, значения $p\text{-value}$ не наносились на карту.

Дополнительно к анализу направления миграции выполнялось определение сроков начала миграции хамсы через Керченский пролив и момента начала

массовой миграции хамсы. Определение начала хода хамсы и начала массовой миграции осуществлялось аналогично описанному в работе [Панов и др., 2025] подходу по наличию уловов хамсы в ставные невода в Керченском проливе в ходе мониторинга промысла.

Расчёты выполнялись в среде R¹. Для обработки данных проекта «Коперник» использовались пакеты NetCDF4, satin², raster³, sf [Pebesma, 2018; Villalobos]. Программный код для повторения анализа и все результаты опубликованы на площадке «СберТех»⁴.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты анализа статистики судовых суточных донесений представлены в табл. 1. В ходе анализа было установлено, что миграция хамсы в сторону Кавказского побережья происходила каждый год, однако в отдельные годы (2015–2017, 2020–2021) значительная часть скоплений хамсы мигрировала и в сторону ЮБК.

При обработке статистики прибрежного промысла была получена схожая классификация наличия (или отсутствия) миграции хамсы в направлении ЮБК за исключением 2017 г. При детальном анализе локализации судового промысла в этот год было установлено, что основная часть вылова хамсы была взята в районе от Керченского пролива до Феодосийского залива, за пределы которого её миграции по направлению к ЮБК не отмечались. В дальнейшем при анализе схемы течений в районе Керченского предпроливья в соответствии с направлением миграции азовской хамсы 2017 год был исключён из показателей миграции в направлении ЮБК. Итоговая классификация направления миграции хамсы по судовому и прибрежному промыслу, сроки начала миграции и массовой миграции хамсы через Керченский пролив представлены в табл. 2.

В результате тестирования гипотезы о наличии значимых различий в схемах течений в годы наличия (относительно годов отсутствия) миграции хамсы в направлении ЮБК установлены особенности в структуре течений. Значимые пространственно-временные особенности выявлены для:

¹ R Core Team. 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org> 01.09.2025.

² Villalobos H, González-Rodríguez E. 2022. satin: Visualisation and Analysis of Ocean Data Derived from Satellites. R package version 1.1.0. <https://cran.r-project.org/package=satin> 01.09.2025.

³ Hijmans R. 2023. raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.6-26. <https://cran.r-project.org/package=raster> 01.09.2025.

⁴ https://gitverse.ru/anchovy_phd/anchovy-currents-hypothesis 01.09.2025.

Таблица 1. Среднемесячные уловы на усилие азовской хамсы у ЮБК (между м. Меганом и Керченским проливом) (M , т/ч) и классификация этого показателя относительно среднемноголетнего за период 2015-2024 гг. (\bar{M})

Table 1. The monthly average catch per unit effort of the Azov anchovy on the South Crimean shelf (between the Meganom Cape and the Kerch Strait) (M , t/h) and the classification of this indicator relative to the 2015-2024 mean (\bar{M})

| Год | Октябрь | | Ноябрь | | Декабрь | | Миграция в крымском направлении |
|-------------|---------|---------------|--------|---------------|---------|---------------|---------------------------------|
| | M | $M > \bar{M}$ | M | $M > \bar{M}$ | M | $M > \bar{M}$ | |
| 2015 | 8,11 | + | 7,04 | + | 5,79 | + | есть |
| 2016 | 3,11 | + | 3,10 | - | 8,89 | + | есть |
| 2017 | 3,66 | + | 5,48 | + | 5,81 | + | есть |
| 2018 | 0,00 | - | 3,98 | + | 3,49 | - | нет |
| 2019 | 0,63 | - | 2,78 | - | 1,72 | - | нет |
| 2020 | 0,00 | - | 5,30 | + | 4,87 | + | есть |
| 2021 | 5,16 | + | 6,72 | + | 10,96 | + | есть |
| 2022 | 1,31 | - | 2,58 | - | 2,33 | - | нет |
| 2023 | 0,00 | - | 0,12 | - | 0,00 | - | нет |
| 2024 | 1,07 | - | 0,00 | - | 4,15 | - | нет |
| $\bar{M} =$ | 2,31 | | 3,71 | | 4,80 | | |

Таблица 2. Классификация направления зимовальной миграции азовской хамсы и сроков начала хода и массовой миграции хамсы через Керченский пролив в Чёрное море

Table 2. Classification of the Azov anchovy winter migration direction and the dates when first and mass migration of anchovy begins through the Kerch Strait into the Black Sea

| Год | Миграция в направлении ЮБК | Дата начала миграции | Дата начала массовой миграции |
|------|----------------------------|----------------------|-------------------------------|
| 2015 | есть | 23 октября | 28 октября |
| 2016 | есть | 18 октября | 23 октября |
| 2017 | нет | 25 октября | 2 ноября |
| 2018 | нет | 2 ноября | 8 ноября |
| 2019 | нет | 3 ноября | 17 ноября |
| 2020 | есть | 11 ноября | 16 ноября |
| 2021 | есть | 13 октября | 20 ноября |
| 2022 | нет | 22 октября | 6 ноября |
| 2023 | нет | 15 ноября | 20 ноября |
| 2024 | нет | 11 ноября | 30 ноября |

– зональной составляющей течений (u_0): для 43, 45 и 46 недели года (конец октября–середина ноября каждого года),

– меридиональной составляющей течений (v_0): для 46 недели года.

Выявленные пространственные закономерности (значимые различия в зональной и меридиональной компоненте течений, сгруппированные по признаку наличия или отсутствия миграции хамсы в сторону ЮБК) течений были схожими для всех исследуемых глубин (от 1,5 до 13,5 м), на рис. 3 результаты представлены только для глубины 1,5 м: различия отмече-

ны в 43, 45, 46 недели года для зональной компоненты, в 46 неделю – для меридиональной компоненты течений (см. рис. 3).

Для детального исследования акваторий, для которых были выявлены значимые различия в схемах течений при зимовальной миграции хамсы, выполнена раздельная визуализация зональной и меридиональной компонент течений в 46 неделю 2019 и 2021 гг., когда начало массовой миграции хамсы приходилось на вторую декаду ноября (рис. 4). Средние значения скорости зональных течений для всей исследуемой акватории составили: $-0,09$ м/с в 2019 г.

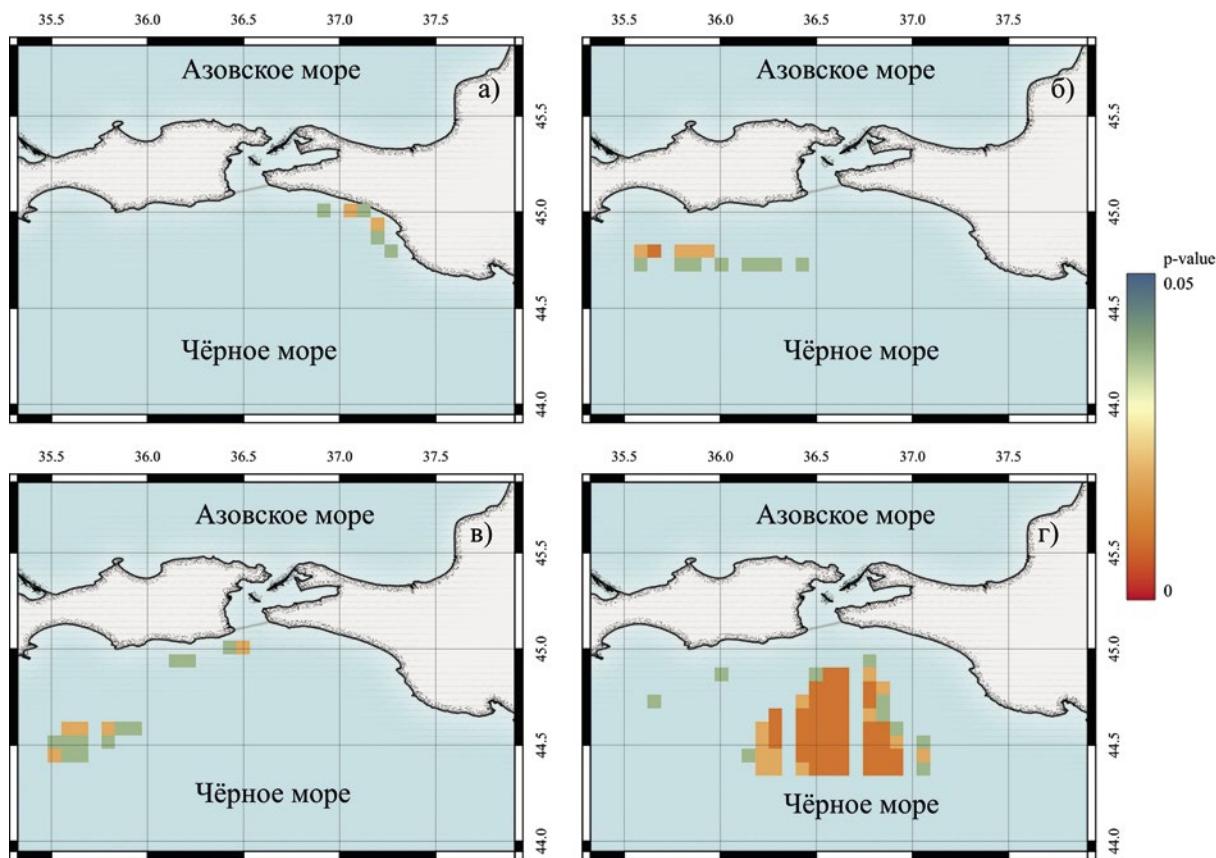


Рис. 3. Значения p -value (цветом отмечены области значимых различий, p -value $< 0,05$) теста Манна-Уитни-Вилкоксона о наличии различий между сгруппированными по признаку миграции хамсы течениями в районе Керченского предпроливья в Чёрном море. а) восточная компонента течений в 43 неделю года; б) восточная компонента течения в 45 неделю года; в) восточная компонента течений в 46 неделю года; г) северная компонента течений в 46 неделю года

Fig. 3. The p values (areas of significant currents differences are marked in color, p -value $< 0,05$) of the Mann-Whitney-Wilcoxon test indicate the differences between the currents grouped by the migration direction of the anchovy in the Kerch Strait area in the Black Sea. а) the eastern component of the currents in the 43rd week of the year; б) the eastern component of the currents in the 45th week of the year; в) the eastern component of the currents in the 46th week of the year; г) the northern component of the currents in the 46th week of the year

и $-0,11$ м/с в 2021 г. Средние значения скорости меридиональных течений составили: 0,01 м/с в 2019 г. и $-0,02$ м/с в 2021 г.

Несмотря на отсутствие значимых различий в средних значениях скоростей течений в 2019 и 2021 гг. в районе исследований, пространственные структуры на рис. 4 указывают на наличие различий в пространстве для зональной и меридиональной компонент течений, особенно в районах-индикаторах, в которых схемы течений значимо различались в годы наличия или отсутствия миграции хамсы в сторону ЮБК (определенных на рис. 3). Отмечена смена устойчивых зональных (с востока на запад) течений вдоль крымского побережья в 2019 г. (рис. 4а) на обратное направление в 2021 г (рис. 4в). Изменения в меридиональной компоненте течений (рис. 4б, г) указывают на ослабление южных тече-

ний и уменьшение акваторий, где они преобладают, в 2021 г. относительно 2019 г.

ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе выполнения работы удалось аналитически показать наличие связи между течениями в Керченском предпроливье в Чёрном море и направлением зимовальной миграции азовской хамсы в сторону ЮБК. Как и предполагалось исследователями в ходе натурных наблюдений [Попова, 1954; Chashchin, 1996], направление миграции хамсы определяется в достаточно короткий период (1 неделя) и связано с направлением течений в районе Керченского предпроливья.

В силу невозможности определения «причины-следствия» в самоорганизующихся системах, объяснение конкретного механизма воздействия течений

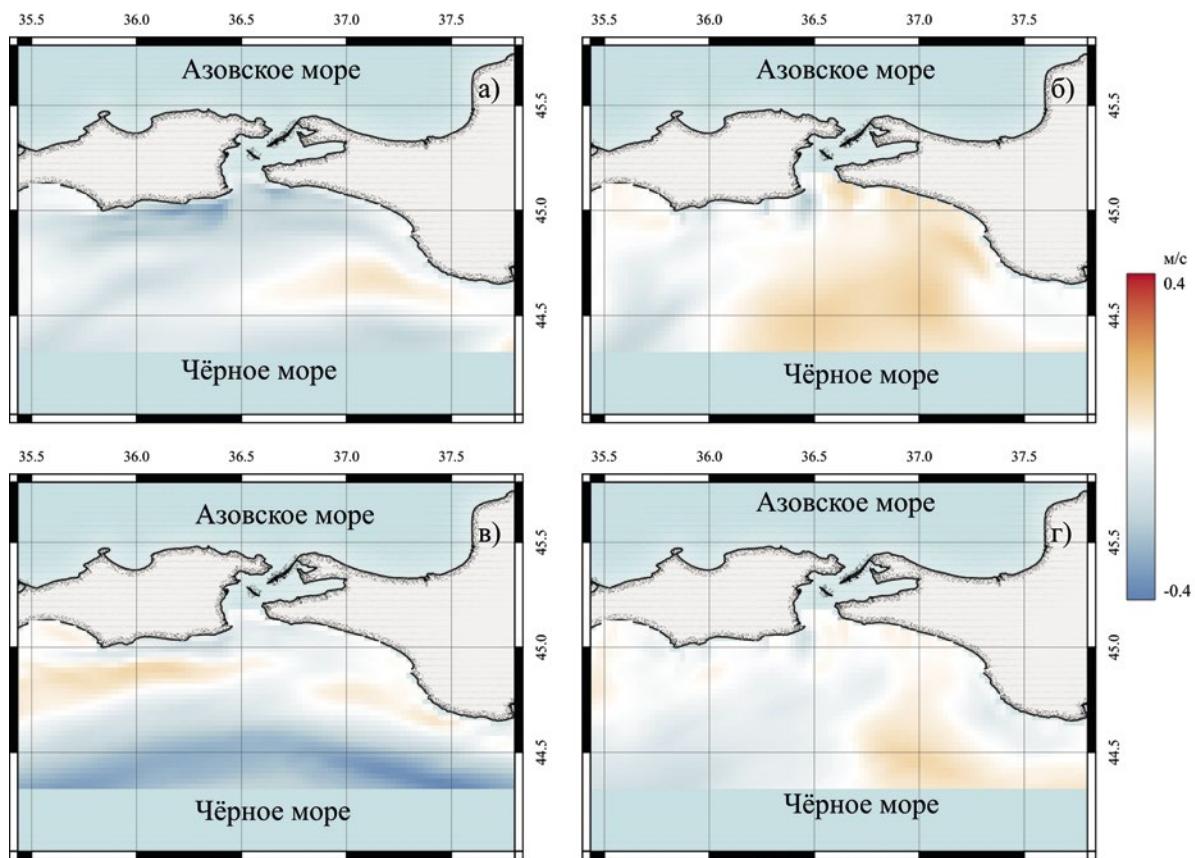


Рис. 4. Зональная (а, в) и меридиональная (б, г) компоненты течений в 46 неделю 2019 (а, б) и 2021 (в, г) годов в поверхностном слое (1,5 м) вблизи Керченского пролива в Чёрном море, м/с

Fig. 4. Eastern (a, b) and northern (v, g) components of the currents in the 46th week of 2019 (a, b) and 2021 (v, g) in the surface layer (1.5 m) near the Kerch Strait in the Black Sea, m/s

на миграции хамсы является непростым и все ещё остаётся дискуссионным. Вероятно, ключевую роль играют изменения в меридиональных течениях, которые в это время года обеспечивают перенос тёплой воды из южной части моря в северную – к месту начала зимовальной миграции азовской популяции хамсы и обеспечивают плавные изменения значений градиентов температуры от Керченского пролива в сторону Кавказского берега (рис. 4 б). В случае появления аномалий в меридиональных течениях (изменение направления с северного на южное) даже в достаточно короткий по продолжительности период (рис. 4 г), вероятно, миграция протекает в направлении ЮБК.

В дополнение к показанным особенностям в меридиональных течениях, другим механизмом «спускового крючка» являются аномалии течений в районе побережья Керченского полуострова и Темрюкского района. Как можно увидеть на рис. 4 а, в 2019 г. в районе Керченского пролива отмечались устойчивые зональные течения с востока на запад (отрицательные значения зональной компоненты). Однако в 2021 г. зональная схема течений значительно отличалась от

таковой в 2019 г.: у крымского побережья преобладали течения с запада на восток вплоть до Керченского пролива. По всей видимости, схема переноса тёплой воды из южной части моря в 2021 г., учитывая аномалии в зональной и меридиональной компонентах течений, была нарушена, в результате чего часть популяции азовской хамсы совершила миграцию на зимовку в направлении ЮБК (против течения, по направлению к более тёплой воде).

В дополнение к закономерностям миграции относительно схемы течений следует отметить значительное изменение сроков миграции, представленных в табл. 2. Так, в 2015–2024 гг. миграция хамсы азовской популяции начиналась в 3 декаде октября, но чаще всего происходила в 1–2 декаде ноября. В исследованиях 1944–1951 гг. до начала глобального потепления [Попова и др., 1954] отмечено, что начало массовой зимовальной миграции происходило преимущественно в 3 декаде сентября, реже – в 1–2 декаде октября. При этом в 1944–1951 гг. продолжительность миграционного хода составляла более 30 дней, тогда как в 2015–2024 гг. она редко достигала 20 дней.

Несмотря на климатические изменения, обусловившие изменение сроков и продолжительности зимовальной миграции, факторы, определяющие направление миграции хамсы, по-видимому, остаются прежними.

ВЫВОДЫ

1. Показана связь между течениями в районе Керченского предпроливья и направлением зимовальной миграции хамсы азовской популяции.

2. Определяющими направление миграции азовской хамсы для периода 2015-2024 гг. являлись течения в 43, 45 и 46 недели года.

3. Определены «районы-индикаторы» в схеме течений в Керченском предпроливье для зональной и меридиональной компонент. В зональной компоненте течений определяющими являются районы у берегов Темрюкского района и Керченского полуострова. В меридиональной компоненте ключевую роль играют течения в районе на удалении в 20 км и далее от Керченского пролива на юг.

4. Миграция азовской хамсы в сторону ЮБК возможна в случае аномалий в меридиональной компоненте течений и смене направления течений в зональной компоненте на противоположные (относительно принятой средней многолетней схемы течений) у берегов Керченского полуострова.

5. Отмечены более поздние сроки массового хода азовской хамсы через Керченский пролив и сокращение его продолжительности относительно 1944-1951 гг., изменение которых, вероятно, не повлияло на определяющую роль течений в направлении миграции.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания Азово-Черноморского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»).

ЛИТЕРАТУРА

Александров А.И. 1927. Анчоусы Азово-Черноморского бассейна, их происхождение и таксономическое положение // Труды Керченской рыбохозяйственной станции. Т. 1. № 2-3.

Гришин А.Н. 2014. Особенности формирования зимовальных скоплений хамсы (*Engraulis encrasicolus*) у восточного побережья Крыма // Морской экологический журнал. Т. 13. № . 1. С. 9-16.

Данилевский Н.Я. 1871. Описание рыболовства в Черном и Азовском морях, Исследование о состоянии рыболовства в России. Т. 8. 316 с.

Книпович Н.М. 1933. Гидрологические исследования в Черном море. Труды Азовско-Черноморской научно-промышленной экспедиции. Вып. 10. 278 с.

Панов Б.Н., Спиридонова Е.О. 2021. Влияние течений и атмосферной циркуляции на эффективность промысла хамсы в период её зимовки у Черноморского побережья Краснодарского края // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. № . 1. С. 47-62. DOI: 10.22449/2413-5577-2021-1-47-62

Панов Б.Н., Шляхов В.А., Белоусов В.Н., Спиридонова Е.О. 2025. Изменчивость характеристик и океанографических условий весенней миграции хамсы в Азовское море // Водные биоресурсы и среда обитания. 2025. Т. 8. № 1. С. 70-81. DOI: 10.47921/2619-1024_2025_8_1_70.

Попова В.П. 1954. Черноморский период жизни азовской хамсы // Труды ВНИРО. Т. 28. С. 65-73.

Bauer D.F. 1972. Constructing confidence sets using rank statistics // Journal of the American Statistical Association. V. 67. P. 687-690. DOI:10.1080/01621459.1972.10481279

Chashchin A.K. 1996. The Black Sea populations of anchovy // Scientia Marina. V. 60. P. 219-225.

Le Traon P.Y., Reppucci A., Alvarez F.E., Aouf L., Behrens A., Belmonte M. et al. 2019. From observation to information and users: the Copernicus Marine Service perspective // Frontiers in Marine Science. V. 6. 234 p. DOI: 10.3389/fmars.2019.00234

Lima L., Masina S., Ciliberti S.A., Peneva E.L., Creti S., Stefanizzi L., Lecci R., Palermo F., Coppini G., Pinardi N., Palazov A. 2020. Black Sea Physical Reanalysis (CMEMS BS-Currents) (Version 1) [Data set]. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS). DOI: 10.25423/CMCC/BLKSEA_REANALYSIS_PHYS_007_004

Mastylo M. 2013. Bilinear interpolation theorems and applications // Journal of Functional Analysis. V. 265. Iss. 2. P. 185-207.

Pebesma E. 2018. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data // The R Journal. Vol. 10. Iss. 1. P. 439-446. DOI: 10.32614/RJ-2018-009

Zuyev G., Skuratovskaya E. 2023. Population Structure of European Anchovy *Engraulis encrasicolus* (L.) (Engraulidae: Pisces) in the Azov-Black Sea Basin // Thalassas: An International Journal of Marine Sciences. V. 39. Iss. 1. P. 115-124. DOI: 10.1007/s41208-023-00529-6

REFERENCES

Alexandrov A.I. 1927. Anchovies of the Azov-Black Sea basin, their origin and taxonomic position // Trudy Kerchenskoj rybohozjajstvennoj stancii. V. 1. № 2-3. (In Russ.)

- Grishin A.N. 2014. Features of forming of winter accumulations of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) at the eastern coast of Crimea // *Marine ecological journal*. V. 13. Iss. 1. P. 9-16. (In Russ.)
- Danilevskij N.Ya. 1871. Description of fishing in the Black and Azov Seas, Research on the state of fishing in Russia. V. 8. 316 p. (In Russ.)
- Knipovich N.M. 1933. Hydrological research in the Black Sea. *Trudy Azovsko-Chernomorskoy nauchno-promyslovoj jekspedicii*. Iss. 10. 278 p. (In Russ.)
- Panov B.N., Spiridonova E.O. Influence of Currents and Atmospheric Circulation on the Efficiency of European Anchovy Fishing during its Wintering off the Black Sea Coast of the Krasnodar Territory // *Ekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoy zon morja*. Iss. 1. P. 47-62. DOI: 10.22449/2413-5577-2021-1-47-62 (In Russ.)
- Panov B.N., Shlyakhov V.A., Belousov V.N., Spiridonova E.O. 2025. Variability of characteristics and oceanographic conditions of anchovy spring migration to the Azov Sea // *Aquatic Bioresources & Environment*. V. 8. Iss. 1. P. 70-81. DOI: 10.47921/2619-1024_2025_8_1_70. (In Russ.)
- Popova V.P. 1954. The Black Sea period of the life of the Azov Hamsa // *Trudy VNIRO*. V. 28. P. 65-73. (In Russ.)
- Bauer D.F. 1972. Constructing confidence sets using rank statistics // *Journal of the American Statistical Association*. V. 67. P. 687-690. DOI:10.1080/01621459.1972.10481279
- Chashchin A.K. 1996. The Black Sea populations of anchovy // *Scientia Marina*. V. 60. P. 219-225.
- Le Traon P.Y., Reppucci A., Alvarez F.E., Aouf L., Behrens A., Belmonte M. et al. 2019. From observation to information and users: the Copernicus Marine Service perspective // *Frontiers in Marine Science*. V. 6. 234 p. DOI: 10.3389/fmars.2019.00234
- Lima L., Masina S., Ciliberti S.A., Peneva E.L., Cretí S., Stefanizzi L., Lecci R., Palermo F., Coppini G., Pinardi N., Palazov A. 2020. Black Sea Physical Reanalysis (CMEMS BS-Currents) (Version 1) [Data set]. Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS). DOI: 10.25423/CMCC/BLKSEA_REANALYSIS_PHYS_007_004
- Mastylo M. 2013. Bilinear interpolation theorems and applications // *Journal of Functional Analysis*. V. 265. Iss. 2. P. 185-207.
- Pebesma E. 2018. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data // *The R Journal*. Vol. 10. Iss. 1. P. 439-446. DOI: 10.32614/RJ-2018-009
- Zuyev G., Skuratovskaya E. 2023. Population Structure of European Anchovy *Engraulis encrasicolus* (L.) (Engraulidae: Pisces) in the Azov-Black Sea Basin // *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*. V. 39. Iss. 1. P. 115-124. DOI: 10.1007/s41208-023-00529-6

Поступила в редакцию 27.06.2025 г.
Принята после рецензии 29.08.2025 г.

УДК 599.745.31; 004.93'1

Промысловые виды и их биология

Применение беспилотных авиационных систем и технологий искусственного интеллекта для оценки численности байкальской нерпы

Л.К. Сидоров, В.А. Бизиков

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

SPIN-код: Л.К. Сидоров – 4497-6033; В.А. Бизиков – 3272-0808

Цель работы – разработка методики оценки численности байкальской нерпы на основе прямого учёта животных на льдах с применением беспилотных авиационных систем (БАС).

Материалом послужили данные авиаучётов в 2019 и 2021 гг. и опубликованная в открытой печати рукопись «Методические рекомендации по проведению учёта приплода байкальской нерпы (*Pusa sibirica*) с беспилотных летательных аппаратов в Байкальском рыбохозяйственном бассейне».

Новизна – предложена методика оценки численности байкальской нерпы на основе прямого подсчёта животных на льду с применением одновременно нескольких БАС. Обработка массива цифровых фотоснимков высокого разрешения была автоматизирована за счёт применения программных комплексов, использующих компьютерное зрение на основе нейросетевых технологий искусственного интеллекта для распознавания различных видов образов на изображениях, включая морских млекопитающих.

Результат: разработана и апробирована методика оценки численности байкальской нерпы на основе прямого подсчёта животных на льду с применением БАС, включающая расчёты численности вида по методу раздельной экстраполяции. Апробация методики проведена на материалах авиаучётов 2019 и 2021 гг. – в итоге получены оценки численности байкальской нерпы на льду: 106 486 экз. и 107 723 экз., соответственно.

Практическая значимость: предложенная методика прямого учёта животных на льдах разработана с целью повышения точности и достоверности итоговых оценок численности популяции и разработки рекомендаций по её сохранению и рациональному использованию.

Ключевые слова: байкальская нерпа *Pusa sibirica*, озеро Байкал, авиаучёт, численность, нейросеть, искусственный интеллект.

Application of unmanned aerial systems and artificial intelligence technology to assess the population of Baikal seals

Lev K. Sidorov, Vyacheslav A. Bizikov

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

The aim of the research is to develop the methodology for assessment the Baikal seal based on direct counting of animals on ice using unmanned aerial systems (UAS).

Materials were the data of aerial survey obtained in 2019 and 2021 and the manuscript published in the open press “Methodological recommendations for conducting a census of the Baikal seal (*Pusa sibirica*) offspring using unmanned aerial vehicles in the Baikal fishery basin.

Novelty – the method for assessment the Baikal seals based on direct counting of animals on ice using several UAS simultaneously is proposed. Processing of an array of high-resolution digital photographs was automated through the use of software packages that use computer vision based on neural network technologies of artificial intelligence (AI) to recognize various types of images, including marine mammals.

Result: The methodology for assessment the Baikal seals based on direct counting of animals on ice using UAS has been developed and tested, including calculations of the species' numbers using the separate extrapolation method. The methodology was tested using materials from aerial surveys in 2019 and 2021 – as a result, estimates of the number of Baikal seals on ice were obtained: 106,486 specimens and 107,723 specimens, respectively.

Practical significance: the proposed method of direct census of animals on ice has been developed with the aim of increasing the accuracy and reliability of final estimates of the population size and developing recommendations for its conservation and rational use.

Keywords: Baikal seal *Pusa sibirica*, Lake Baikal, aerial survey, abundance, neural network, artificial intelligence.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших показателей, характеризующих состояние вида в экосистеме, является его численность. Традиционный способ [Пастухов, 1993] учёта байкальской нерпы (*Pusa sibirica* (Gmelin, 1788)) базируется на методе, предложенном в 1963 г. В.Д. Пастуховым [1965] и впервые реализованном им же в 1966 г. [Пастухов, 1971]. Суть его заключается не в прямом подсчёте животных, а в учёте логовов, в которых щенков приносят и выкармливают щенков, с последующим расчётом общей численности популяции, с учётом данных о возрастном составе популяции, соотношения полов, возрасте созревания и яловости самок. Учёты логовов выполнялись путём мотоциклистных облёздов по стандартным разрезам на размеченных участках, с последующей экстраполяцией данных на всю исследуемую акваторию озера.

В 1953 г. на Байкале была впервые предпринята попытка учёта численности нерпы с самолёта [Свиридов, 1954]. Результаты авиаучёта оказались более чем скромными: численность байкальской нерпы, по данным наблюдений с борта самолёта, составила 20–25 тыс. голов. Следующие попытки были предприняты В.Д. Пастуховым [1965] в конце декабря 1960 г. и в начале мая 1961 г., однако обе они оказались неудачными. Количественный учёт байкальской нерпы с борта самолёта или вертолёта оказался затруднён по следующим причинам. Во-первых, звук самолёта или вертолёта, летящего на небольшой высоте, пугал животных, часть из них сходила в воду раньше, чем их могли увидеть наблюдатели на воздушном судне, и поэтому определить достоверно долю животных, сошедших в воду, было невозможно. Во-вторых, было нереально оценить часть поголовья, в момент авиаучёта охотившуюся подо льдом, особенно в ветреную и холодную погоду, когда нерпы предпочитали находиться в воде, а не на льду. Были и методические трудности: отсутствовал алгоритм расчёта площади обследованной акватории, не были проработаны маршруты самолёта при авиаучёте.

Как отмечал В.Д. Пастухов [1965], байкальская нерпа, в отличие от каспийского и гренландского тюленей, не образует крупных детных скоплений. В период щенки самки рассредоточены по всему озеру, и для их учёта требуется покрыть значительную часть акватории Байкала. И хотя в последующей работе [Пастухов, 1971] не исключал возможности авиаучёта байкальской нерпы с применением самолёта или вертолёта, и предлагал параллельный учёт логовищ на одних и тех же полигонах со льда и с воздуха, реализована эта идея не была.

В последние годы быстрое развитие беспилотных авиационных систем (БАС – далее беспилотник) самолётного типа включило в повестку дня вопрос о возможности их применения для авиаучётов морских млекопитающих и, в частности, байкальской нерпы. Бесшумность беспилотника и возможность охватывать за один полёт расстояния более 1000 км дало возможность проводить авиаучёты на больших акваториях.

В мае 2019 г. ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» совместно с ООО «Современные информационные технологии» (ООО «СИТ») выполнил на оз. Байкал экспериментальные авиаучётные работы с использованием беспилотников, показавшие эффективность применения новых технических средств для оценки численности байкальской нерпы [Бизиков и др., 2019], однако исследования были направлены на учёт логовов, а не на подсчёт животных на льду. По результатам этих работ были разработаны методические рекомендации по авиаучёту приплода байкальской нерпы на основе подсчёта логовов [Бизиков и др., 2021 а]. В соответствии с этими рекомендациями весной 2021 г. совместно с АО «Юнайтед Телеком» (АО «ЮТК») был проведён полномасштабный авиаучёт логовов байкальской нерпы с применением беспилотников, результатом которого была показана возможность использовать метод прямого учёта нерп, находившихся на льду [Бизиков и др., 2022 а].

Цель настоящей работы – разработка методики оценки численности байкальской нерпы на основе прямого учёта животных на льдах с помощью беспилотных авиационных систем и применения технологии искусственного интеллекта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Материалом послужили данные авиационных учётов 2019 г. и 2021 гг. байкальской нерпы с применением беспилотников (табл. 1) [Бизиков и др., 2019, 2022 а].

В 2019 г. исследования были проведены в период 9 по 16 мая в северной половине оз. Байкал, когда в южной половине озера сплошной лёд уже отсутствовал (рис. 1). район № 1 исследовался дважды: 9 и 11 мая; район № 2 – трижды: 10, 12 и 16 мая; район № 3 – однократно 13 мая. Было выполнено 11 полётов по 110 трансектам с интервалом в среднем 3,9 км. Протяжённость всех трансект – 5673 км, исследуемая площадь ледовой поверхности составила 10 041 км².

В 2021 г. авиаучёт байкальской нерпы был начат 11 апреля (сплошной лёд был по всей акватории) с учётом поступившей информации от БайкалНИРО

Таблица 1. Техническое обеспечение авиаучётов и объём материала используемый в статье
Table 1. Technical support for aerial surveys and the materials used in the article

| Год | Сроки | Площадь охвата авиаучётом, км ² | Кол-во фотографий, шт. | БАС | Фотокамера |
|------|-------------|--|------------------------|--------------------|---------------------------|
| 2019 | 09.05-16.05 | 10041 | 51736 | Лунь-20 3 шт | Canon EOS5DS Sony 7RN2 |
| 2021 | 11.04-12.05 | 23 625 | 57524 | Альбатрос M5 2 шт. | Canon EOS5DS |

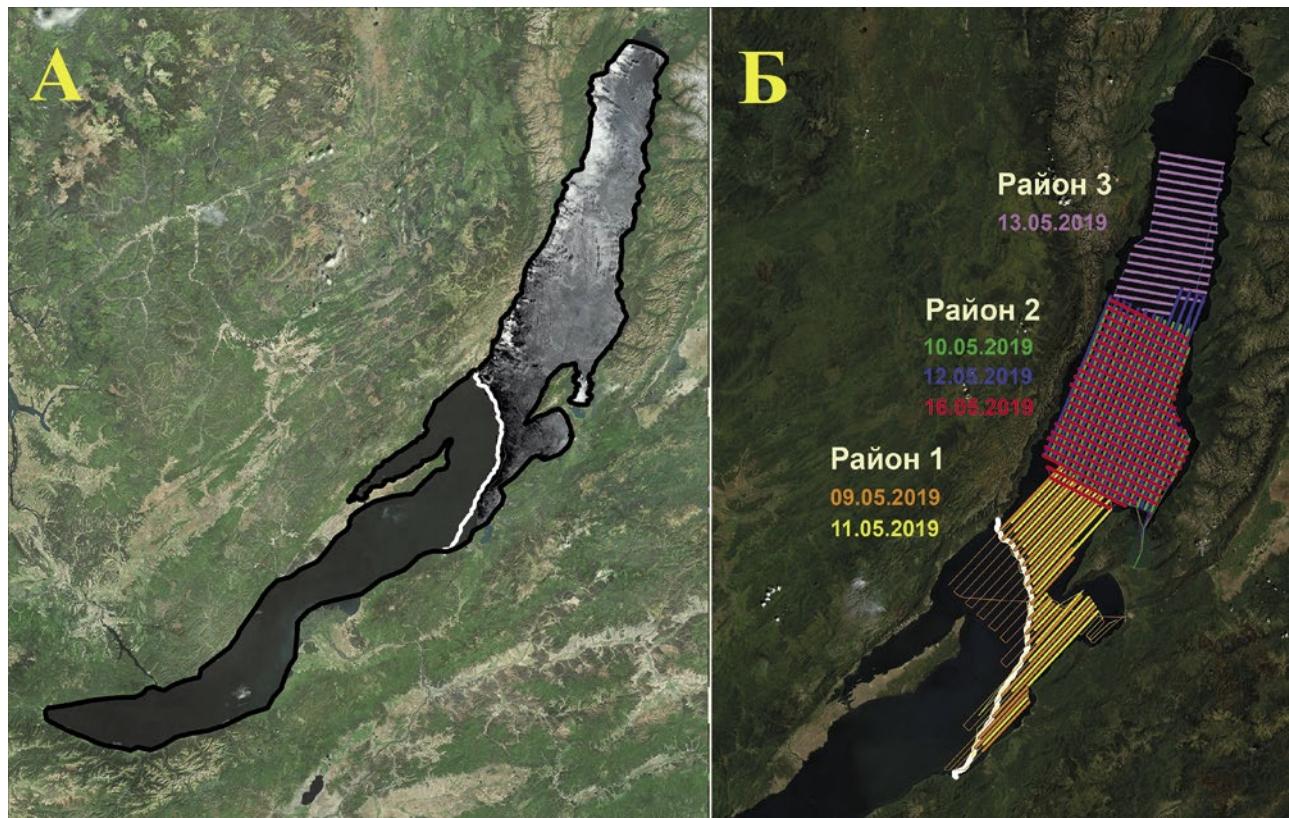


Рис. 1. Ледовая обстановка (А) и карта-схема (Б) маршрутов авиаучета байкальской нерпы в период с 9 по 16 мая 2019 г. Маршруты, выполненные в разное время,emarkированы разными цветами; даты полётов указаны соответствующим цветом для каждого из трёх обследованных районов. Белой линией отмечена южная граница кромки сплошного ледового покрова

Fig. 1. Ice conditions (A) and a map-scheme (Б) of the routes of the aerial survey of the Baikal seal from May 9 to May 16, 2019. The routes performed at different times are marked in different colors; the dates of the flights are indicated in the corresponding color for each of the three surveyed areas. The white line marks the southern boundary of the edge of the continuous ice cover

о начале обрушения крыши логовов в южном районе о. Байкал и закончен 12 мая надо льдами в северном районе. Выполнено 63 полёта по 146 трансектам с интервалом в среднем 4,3 км (рис. 2). Протяжённость трансекта составила 5323 км, с общей площадью охвата ледовой поверхности 23 625 км² [Бизиков и др., 2022 а].

Расчёты осуществлялись в программе Microsoft Excel 2010, а для анализа и визуализации пространственного распределения животных использовалась географическая информационная система

QGIS 3.30.3¹. Анализ ледовой обстановки оз. Байкал проводили по спутниковым снимкам². Построение карт распределения байкальской нерпы по данным авиаучёта проводилось с использованием метода сплайн-аппроксимации в программном пакете System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA9.8.1)³.

¹ <https://qgis.org>. 04.03.2023

² <https://worldview.earthdata.nasa.gov> 17.07.2024

³ <https://saga-gis.sourceforge.io> . 25.06.2025

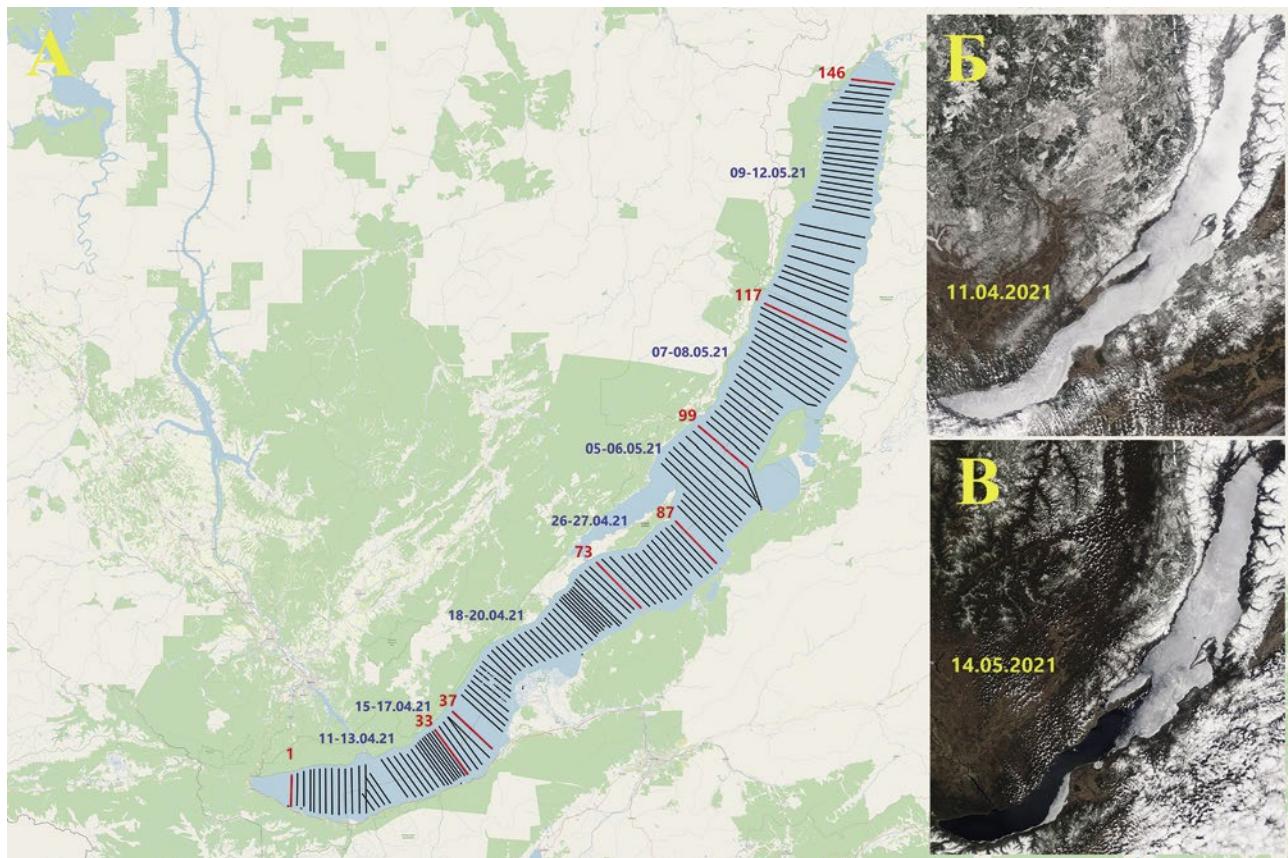


Рис. 2. Карта-схема (А) авиаучёта с 11 апреля по 12 мая 2021 г. и ледовая обстановка (спутниковые снимки) в начале (Б) и в конце (В) работ (красным цветом выделены начальные трансекты временных интервалов, синим цветом указаны временные интервалы)

Fig. 2. Map-scheme (A) of aerial survey from April 11 to May 12, 2021 and ice conditions (satellite images) at the beginning (Б) and end (В) of the work (initial transects of time intervals are highlighted in red, time intervals are indicated in blue)

Все данные были оформлены в виде электронных таблиц. Информация внесена в базу данных авиационных учётов ЦИ ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», где она доступна для повторного анализа и исследований.

На основе накопленного опыта авиаучётов 2019 и 2021 гг., взяв за основу методические рекомендации по учёту приплода [Бизиков и др., 2021 а], предлагается методика прямого учёта численности байкальской нерпы на льдах с применением беспилотных воздушных судов, будучи оригинальной разработкой, приводится в разделе «Результаты» с пояснениями каждого этапа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Авиаучёт с применением беспилотников рекомендуется проводить с апреля до середины мая, так как зимы на Байкале бывают холодные и тёплые. Конкретные сроки проведения авиаучёта могут изменяться год от года и зависят от динамики разрушения сплошного ледового покрова. В этот период времени в хорошую погоду выходят нерпы на лёд для релакса-

ции и линьки в массовом количестве. С повышением среднесуточных температур начинается разрушение логовов и для учёта становятся видны щенки (рис. 3).

Авиасъёмку необходимо проводить последовательно: южная часть – средняя часть – северная часть оз. Байкал (рис. 4). Предложенная карта-схема включает 115 трансект общей протяжённостью 7000 км. Дату начала работ в каждой части определяют в зависимости от погодных условий и ледовой обстановки.

Учётные полёты предлагается выполнять параллельными галсами, ориентированными либо вдоль берегов озера, либо перпендикулярно (предпочтительнее) им. Полоса акватории озера, отнятая при выполнении одного галса (учётная трансекта), является основным структурным элементом авиаучёта, используемым при последующем подсчёте численности байкальской нерпы и анализе её распределения. Расстояние между трансектами рекомендуется соблюдать в диапазоне 2-4 км в зависимости от высоты полёта беспилотника и фокусного расстояния объектива камеры видимого диапазона. Это необходимо, чтобы от-



Рис. 3. Залёжки нерп на льду (А, Б) и самки с щенками около разрушенных логовов (В, Г)

Fig. 3. Haulouts on the ice (A, B) and females with pups near destroyed dens (B, Г)

снятая на трансектах общая площадь охвата составляла не менее 5 % от площади всего обследованного участка ледового покрытия. Пример – при высоте полёта беспилотника 200 м и объективом 35 мм расстояние между трансектами должно быть не более 3,8 км.

Авиасъёмку рекомендуется выполнять с помощью беспилотников, оборудованных двумя камерами, позволяющими снимать синхронно в видимом и в инфракрасном диапазонах. В зависимости от технических характеристик камер и их объективов устанавливаются скорость полёта и диапазон высот для беспилотника. По данным авиаучётов 2019 и 2021 гг. установлено: приемлемая скорость беспилотника 100 км/ч; оптимальные высоты от 160 м до 200 м. При съёмке в этом диапазоне высот на фотографиях отчётливо видны не только силуэты особей, но и их части тела (голова, ласты) и детали окраса (рис. 5), тем самым снижается количество ошибок при идентификации животных на фотографиях.

Погодные условия на оз. Байкал в апреле-мае переменчивые, и количество пригодных для авиаучёта дней непредсказуемо. Поэтому для выполнения работ следует использовать несколько беспилотников, чтобы за один погожий день обследовать максимальную ледовую площадь. Такую возможность дают беспилотники с дальностью полёта более 1000 км, особенно при обследовании удалённых районов от места базирования лётной группы. Так, в 2019 году за один световой день двумя беспилотниками был обследован участок акватории оз. Байкал площадью более 3000 км², а за три дня – практически весь оставшийся на момент учёта ледовый массив.

Авиасъёмку необходимо проводить в светлое время суток в дни с температурой окружающего воздуха не ниже минус 15 °С при маловетреной погоде (скорость ветра до 10 м/с) и хорошей прямой видимости (отсутствие тумана, существенных осадков и облачности ниже высоты полёта беспилотника).

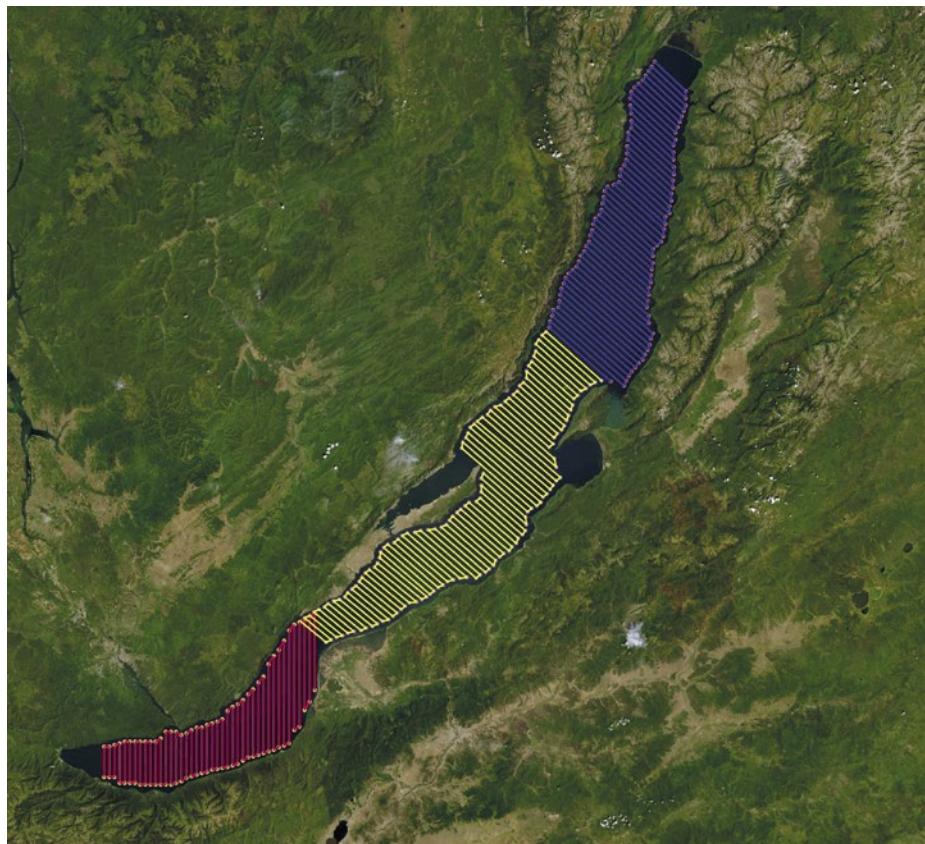
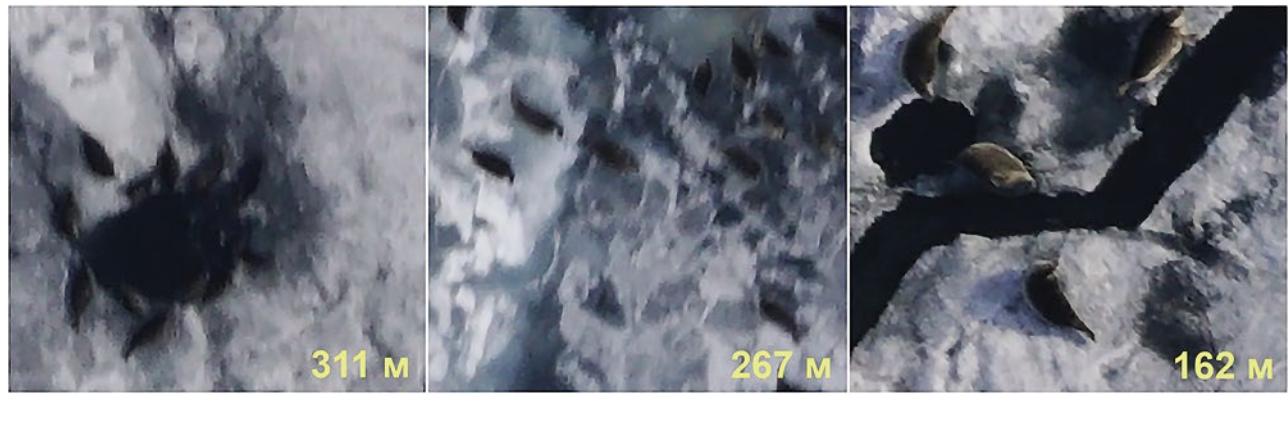


Рис. 4. Карта-схема учётных трансектов в южной (красные линии), средней (жёлтые линии) и в северной (синие линии) частях оз. Байкал

Fig. 4. Map-scheme of survey transects in the southern (red lines), middle (yellow lines) and northern (blue lines) parts of Lake Baikal



03-05

Рис. 5. Чёткость фотоснимков байкальской нерпы, выполненных на разных высотах полёта беспилотника. Высота полёта (в метрах) указана в правом нижнем углу каждого снимка

Fig. 5. Clarity of photographs of the Baikal seal, taken at different altitudes of the UAV flight. The flight altitude (in meters) is indicated in the lower right corner of each photograph

Авиасъёмку рекомендуем проводить камерами с разрешением полнокадровой матрицы, обеспечивающей оптическое разрешение (размер пикселя изображения на местности), соответственно, для фо-

тоснимков в видимом диапазоне не хуже, чем 0,025 м на пиксель и ИК-изображений не хуже, чем 0,30 м на пиксель. Такое разрешение позволяет обеспечить качество фотографий, позволяющее идентифицировать

взрослых особей, детёнышей и логова байкальской нерпы на льду оз. Байкал.

Фотокамера видимого диапазона и фотокамера ИК-диапазона следует установить совместно, соосно, в надир (перпендикулярно вниз поверхности земли) на борту беспилотника. Затворы вышеуказанных фотокамер должны срабатывать одновременно. Все виды авиаъёмки во время полёта должны выполняться синхронизировано и непрерывно, временной интервал между кадрами должен обеспечивать до 10 процентов перекрытия соседних кадров. Полоса захвата ИК-съёмки должна превосходить съёмку в видимом диапазоне, так как подсчёт и верификация особей проводится по площади, перекрываемой фотографиями видимого диапазона.

Система телеметрии беспилотника регистрирует параметры полёта, обязательно включая такие данные, как время в формате UTC⁴, координаты, высоты, курс, скорость, тангаж, крен.

Для обработки материалов авиаучёта рекомендуем применять алгоритмы, использующие нейросетевую технологию искусственного интеллекта -компьютерное зрение. Такой вид обработки позволяет в автоматическом режиме с высокой скоростью обрабатывать большие массивы данных (десятки тысяч фотографий) и идентифицировать на них особей байкальской нерпы. В отличие от обработки материалов исследователями вручную, в несколько раз снижается количество пропусков отдельных животных на фотографиях. Например, в ходе первичной обработки материалов полётов от 9 мая авиаучёта 2019 г. три независимых исследователя после анализа всех отснятых фотографий полёта обнаружили нерп только на 98 изображениях, в основном в скоплениях, тогда как обработка с использованием искусственного интеллекта на том же материале идентифицировала нерп на 454 фотографиях. Сравнение результатов показало, что исследователями не были обнаружены на фотографиях более 1,5 тыс. животных. Ранее схожий алгоритм обработки данных был успешно применён для учёта численности приплода гренландского тюленя (*Pagophilus groenlandicus*) на льдах в Белом море [Сидоров и др., 2025].

Поиск животных предлагается проводить параллельно независимо на двух массивах данных – фотографии видимого диапазона и ИК-изображениях, которые между собой синхронизированы. Далее результаты обработки сравнивают и выявляют отличия между парными синхронизированными снимками ИК- и видимого диапазона. Выявляется причина несоот-

ветствия, так «горячим» пятном на ИК-изображении может оказаться другой объект, нагретый на солнце (мусор, бревна, птицы и т. п.). Однако возможен случай, когда есть «горячее» пятно на ИК-изображение, а на синхронизированной фотографии видимого диапазона компьютерным зрением нерпа не была распознана из-за нахождения только её отдельной части на границе кадра или вследствие небольшого тумана. Такой метод обработки является элементом верификации. На заключительном этапе следует исключить повторные учёты отдельных особей на перекрывающихся участках смежных фотографий (из-за перекрывания зон фотофиксации).

Результатом автоматической обработки, сравнения синхронизированных пар снимков являются данные, содержащие имена файлов с количеством обнаруженных нерп, времени съёмки, координаты центра кадра и соответствующая телеметрия полёта. Эти данные заносятся в электронные таблицы базы данных для последующей обработки и хранения с возможностью обращения к первоисточникам (фотографиям авиаучёта).

Для экстраполяции полученных данных с целью получения итогового результата по оценке численности байкальской нерпы на льду проводят предварительные математические вычисления ширины и протяжённости (длины) трансект, а также расстояний между ними.

Ширину (*W*) трансекты (ширину полосы прямого фотоучета) на поверхности озера рассчитывают отдельно для каждого типа фотокамеры, исходя из высоты полёта и фокусного расстояния объектива, по следующей формуле:

$$W = \frac{b \times H}{f}, \quad (1)$$

где *f* – фокусное расстояние объектива (мм); *b* – ширина матрицы фотоаппарата (мм); *H* – высота полёта (м).

Для вычисления протяжённости (длины) учётных трансект и расстояния между ними используют алгоритмы сфероидической геодезии [Морозов, 1979], позволяющие рассчитывать угловые расстояния ($\Delta\sigma$) между точками (локациями), расположенными на сфере (земном шаре), по формуле:

$$\Delta\sigma = \arccos(\sin\varphi_1 \times \sin\varphi_2 + \cos\varphi_1 \times \cos\varphi_2 \times \cos\Delta\lambda), \quad (2)$$

где φ_1, φ_2 – широта и долгота двух локаций в радианах; $\Delta\lambda$ – разница координат по долготе.

Для перевода углового расстояния ($\Delta\sigma$) в метрическое расстояние (*l*, км) используют формулу:

$$l = \Delta\sigma \times R, \quad (3)$$

⁴ Всемирное координированное время.

где $R = 6371,22$ км – средний радиус земного шара [Хромов, Мамонтова, 1974].

Оценку численности байкальской нерпы на обследованных ледовых площадях предлагается проводить делением учётной акватории на расчётные сектора по методу раздельной экстраполяции [Челинцев, 2004]. Статистическая ошибка в описанном методе определяется дисперсией количества (плотности распределения) животных лишь на соседних учётных трансектах, а не на всей их совокупности. Ранее этот метод был применён для обработки данных авиаучётов популяций различных видов морских млекопитающих [Сидоров и др., 2023, 2025].

Описание метода раздельной экстраполяции Н.Г. Челинцева применительно к байкальской нерпе. Так как авиаучёты выполняются параллельными трансектами, границы расчётных секторов проводят на равноудалённом расстоянии между соседними трансектами (рис. 6).

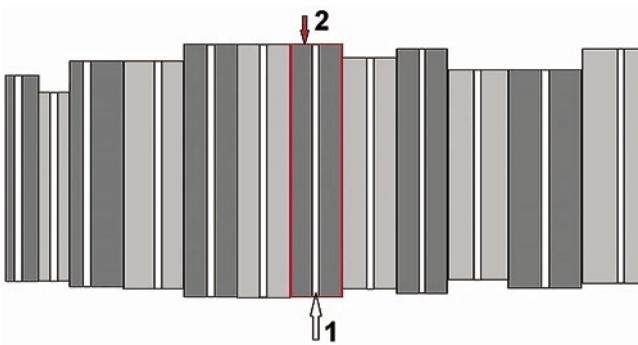


Рис. 6. Схема, иллюстрирующая формирование контуров расчётных секторов (2) для каждой учётной трансекты (1) по методу раздельной экстраполяции Н.Г. Челинцева [2004] при выполнении авиаучёта параллельными трансектами

Fig. 6. Scheme illustrating the formation of contours of calculation sectors (2) for each survey transect (1) using the separate extrapolation method of N.G. Chelintsev [2004] when performing aerial surveys using parallel transects

Экстраполированная численность N_j нерпы в каждом учётном секторе рассчитывают по формулам, взятым из работы Н.Г. Челинцева [2004]:

$$q_j = L_j W_j; \quad (4)$$

$$D_j = n_j / q_j; \quad (5)$$

$$N_j = D_j Q_j, \quad (6)$$

где q_j – площадь j -й учётной трансекты; L_j – длина j -й учётной трансекты; W_j – ширина j -й учётной трансекты; n_j – общее число животных, обнаруженных на j -й учётной трансекте; D_j – плотность животных на j -й учётной трансекте; Q_j – площадь j -го учётного сектора.

Площадь учётного сектора, соответствующая j -й учётной трансекте, определяется как площадь прямоугольника, длина которого равна длине j -й учётной трансекты (L_j), а ширина (B_j) равна полусумме расстояний до соседних учётных трансект.

$$Q_j = L_j B_j; \quad (7)$$

$$B_j = 0,5(F_{j-1,j} + F_{j,j+1}), \quad (8)$$

где $F_{j-1,j}$ – расстояние между $(j-1)$ -й и j -й трансектами; $F_{j,j+1}$ – расстояние между j -й и $(j+1)$ -трансектами.

Для крайних учётных трансект ширина расчётных секторов оценивается следующим образом:

$$B_1 = 0,5 F_{1,2}; \quad (9)$$

$$B_t = 0,5 F_{t-1,t}, \quad (10)$$

где $F_{1,2}$ – расстояние между 1-й и 2-й трансектами; $F_{t-1,t}$ – расстояние между предпоследней ($t-1$) и последней (t) трансектами.

Статистическая ошибка оценки численности нерп в j -м (кроме крайних учётных секторов) секторе рассчитывают по формуле:

$$m(N_j) = \frac{q_j}{2} \sqrt{\frac{1-q_j}{q_j} [(D_{j-1} - D_j)^2 + (D_j - D_{j+1})^2]}, \quad (11)$$

где D_{j-1} и D_{j+1} – расчетные плотности нерп на $(j-1)$ -й и $(j+1)$ -й трансектах.

Для крайних учётных секторов статистическую ошибку оценки численности определяют на основе оценки дисперсии плотности животных на крайней и соседней с ней трансектах и рассчитывают по формулам:

$$m(N_1) = Q_1 \sqrt{1 - \frac{q_1}{Q_1} \frac{|D_1 - D_2|}{\sqrt{2}}}; \quad (12)$$

$$m(N_t) = Q_t \sqrt{1 - \frac{q_t}{Q_t} \frac{|D_t - D_{t-1}|}{\sqrt{2}}}, \quad (13)$$

Оценка общей расчётной численности N_o животных на учётной акватории равна сумме оценок их численности в секторах, составляющих в совокупности площадь экстраполяции:

$$N_o = \sum_j N_j, \quad (14)$$

где N_j – оценка численности животных в j -й учётной трансекте, рассчитанная по формуле (6).

Статистическая ошибка оценки общей численности нерп на всей учётной площади льда оз. Байкал рассчитывалась по формуле:

$$m = \sqrt{\sum_j m^2(N_j)}, \quad (15)$$

где $m(N_j)$ – статистическая ошибка оценки численности животных в j -ом учётном секторе.

Благодаря этим расчётам оценивается численность байкальской нерпы на льду и может служить отправной точкой для оценки общей численно-

сти вида, для которой необходимо дополнительно определить долю животных, находящихся в воде. В 2021 году была предпринята попытка оценить процент неучтённых особей. Такую возможность дало применение беспилотников и цифровых фотокамер высокого разрешения, которые позволили не только посчитать количество нерп на льду, не тревожа их, но и по косвенным признакам оценить долю животных, находившихся под водой на момент авиаучёта. Весной байкальская нерпа массово выходит на лёд, проводя на нём продолжительное время [Пастухов, 1993]. На авиаснимках видно, что в мае 2021 г. [Бизиков и др., 2022 а], нерпы, лежащие на льду, отогревают на льду вокруг себя проталины, повторяющие контур тела животного. Сходящие в воду нерпы оставляют после себя такие пустые проталины, хо-

рошо заметные на фотографиях нерпичьих залёжек (рис. 7).

Количество свободных проталин в процентном отношении к численности конкретной группы, по нашему мнению, может отражать долю животных, находившихся во время авиаучёта под водой. В мае 2021 г. эта доля составила: для залежек вокруг крупных полыней и в зоне разноса льдов – около 14%; вокруг щенных логовов – 27%; в среднем – 18,6% [Бизиков и др., 2022 а].

Апробация методики. Обработка данных, распознавание и подсчёт животных осуществлялись по фотографиям видимого диапазона с помощью предварительно обученной нейросети в программе, написанной на языке Python с использованием модуля Yolo v4 [Сидоров, 2025]. В качестве обучающего на-

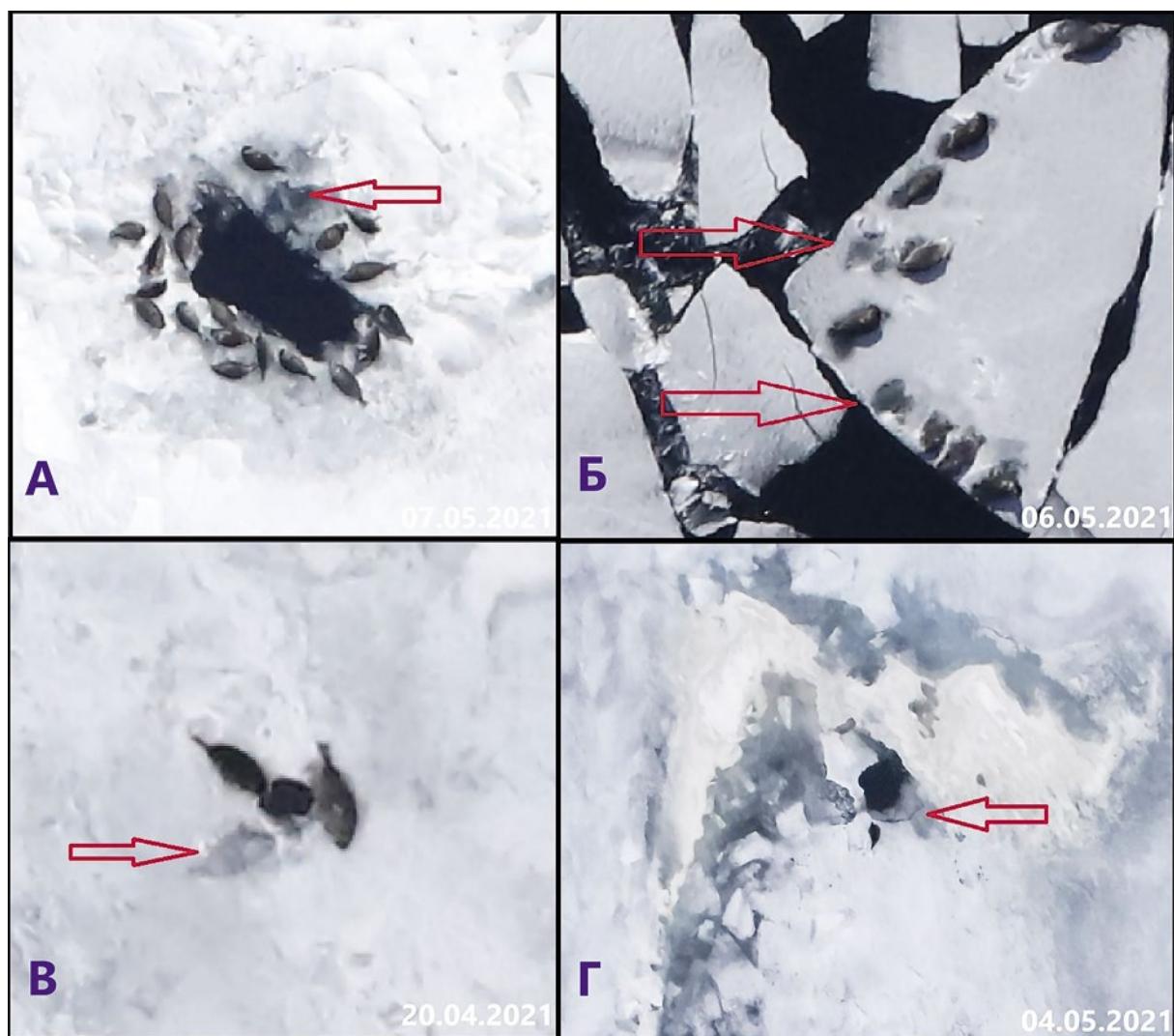


Рис. 7. Нерпичьи залежки животных со следами проталин (указаны красными стрелками), оставленные животными, сошедшими в воду (А - залежка у отдушины, Б – залежка на плавающей льдине, В – две особи у продуха, Г – особь у логова)

Fig. 7. Seal haulouts with traces of thawed patches (indicated by red arrows) left by animals that went into the water (A - haulout near an air vent, B – haulout on a floating ice floe, В – two individuals near a vent "dive", Г – individual near a den).

бора данных (датасета) была использована выборка из 1 412 изображений размером 896×896 пикселей с байкальскими нерпами, набранная из общего массива фотоданных авиаучёта 2021 г. Верификация автоматической обработки данных была выполнена в программе LabelImg⁵ тремя исследователями, работавшими независимо друг от друга. Фотографии, на которых количество идентифицированных особей различалось между исследователями, были проанализированы отдельно для выяснения причин и выработки консенсусной оценки. В спорных моментах принимались минимальные значения количества идентифицированных особей.

Предложенный метод обработки первичных материалов с использованием технологии искусственного интеллекта и алгоритм экстраполяции были применены к данным авиаучёта 2019 г.

Для оценки численности нерп на льду из всего массива данных были выбраны результаты обработки трех полётных дней с 11 по 13 мая, в течение которых практически весь сплошной пригодный массив льда (10 041,4 км²) для байкальской нерпы был обследован. По результатам облёта 11 мая численность байкальской нерпы на льду была оценена на уровне $27\,321 \pm 5\,162$ экз., 12 мая – $76\,616 \pm 15\,416$ экз., 13 мая – $2\,549 \pm 509$ экз. В итоге общая расчётная численность животных на льду в районе проведения авиаучёта в мае 2019 г. составила 106 486 экз. (табл. 2).

Полученный формат данных позволяет анализировать и визуализировать пространственные (географические) данные. Для оценки распределения нерпы в оз. Байкал в период авиаучёта в мае 2019 г. были построены: карта её встречаемости, на которой точками

Таблица 2. Распределение на учётных трансектах и общая расчётная численность байкальской нерпы в мае 2019 г. на льдах оз. Байкал

Table 2. Distribution by transects and estimated abundance of Baikal seals in May 2019 on the ice of Lake Baikal

| № учётной трансекты | Высота полёта, м | Ширина учётной полосы, м | Длина трансекты, км | Площадь учета на трансекте, км ² | Ширина расчетного сектора, км | Площадь расчетного сектора, км ² | Количество нерп | Численность нерп в расчетном секторе, экз. | Плотность распределения, нерп, экз./км ² |
|---|----------------------|--------------------------|----------------------|---|-------------------------------|---|----------------------|--|---|
| <i>j</i> | <i>h_j</i> | <i>W_j</i> | <i>L_j</i> | <i>q_j</i> | <i>F_j</i> | <i>Q_j</i> | <i>n_j</i> | <i>N_j</i> | <i>D_j</i> |
| 11 мая 2019 г. (нумерация учётных трансект с востока на запад) | | | | | | | | | |
| 1 | 314 | 226 | 31,8 | 7,2 | 2,9 | 92,1 | 110 | 1 413 | 15,3 |
| 2 | 312 | 225 | 69,5 | 15,6 | 4,0 | 274,3 | 38 | 675 | 2,5 |
| 3 | 299 | 215 | 58,3 | 12,5 | 4,0 | 233,1 | 112 | 2 088 | 9,0 |
| 4 | 296 | 213 | 42,7 | 9,1 | 3,9 | 166,4 | 84 | 1 545 | 9,3 |
| 5 | 289 | 208 | 32,5 | 6,8 | 4,1 | 131,6 | 66 | 1 292 | 9,8 |
| 6 | 291 | 210 | 16,8 | 3,5 | 4,2 | 69,6 | 26 | 523 | 7,5 |
| 7 | 287 | 207 | 13,1 | 2,7 | 4,0 | 52,2 | 84 | 1 625 | 31,1 |
| 8 | 291 | 210 | 8,6 | 1,8 | 4,2 | 35,8 | 42 | 824 | 23,0 |
| 9 | 308 | 222 | 54,9 | 12,2 | 4,0 | 219,5 | 70 | 1 269 | 5,8 |
| 10 | 309 | 222 | 55,0 | 12,2 | 3,6 | 195,4 | 77 | 1 234 | 6,3 |
| 11 | 305 | 220 | 52,1 | 11,4 | 3,6 | 187,5 | 99 | 1 621 | 8,6 |
| 12 | 307 | 221 | 48,4 | 10,7 | 3,8 | 181,3 | 84 | 1 433 | 7,9 |
| 13 | 291 | 210 | 45,2 | 9,5 | 3,9 | 174,1 | 99 | 1 820 | 10,5 |
| 14 | 288 | 207 | 43,5 | 9,0 | 4,0 | 174,1 | 272 | 5 255 | 30,2 |
| 15 | 290 | 209 | 42,1 | 8,8 | 4,0 | 166,3 | 43 | 821 | 4,9 |
| 16 | 292 | 210 | 40,1 | 8,4 | 4,0 | 160,3 | 135 | 2 571 | 16,0 |
| 17 | 293 | 211 | 36,8 | 7,8 | 3,1 | 114,2 | 89 | 1 312 | 11,5 |
| ИТОГО | | 691,4 | 149,2 | 65,3 | 2 627,8 | 1 530 | 27 321 | $\bar{x} = 12,3$ | |

⁵ <https://github.com/HumanSignal/labelImg> 01.05.2024

Окончание табл. 2

| № учетной трансекты | Высота полета, м | Ширина учетной полосы, м | Длина трансекты, км | Площадь учета на трансекте, км ² | Ширина расчетного сектора, км | Площадь расчетного сектора, км ² | Количество нерп | Численность нерп в расчетном секторе, экз. | Плотность распределения, нерп, экз./км ² |
|---|----------------------|--------------------------|----------------------|---|-------------------------------|---|----------------------|--|---|
| <i>j</i> | <i>h_j</i> | <i>W_j</i> | <i>L_j</i> | <i>q_j</i> | <i>F_j</i> | <i>Q_j</i> | <i>n_j</i> | <i>N_j</i> | <i>D_j</i> |
| 12 мая 2019 г. (нумерация трансект с востока на запад) | | | | | | | | | |
| 1 | 303 | 218 | 24,1 | 5,3 | 3,4 | 81,9 | 0 | 0 | 0,0 |
| 2 | 295 | 212 | 41,9 | 8,9 | 4,1 | 172,0 | 13 | 255 | 1,5 |
| 3 | 286 | 206 | 44,4 | 9,2 | 3,9 | 171,1 | 71 | 1 333 | 7,8 |
| 4 | 282 | 203 | 49,1 | 10,0 | 4,3 | 208,5 | 291 | 6 094 | 29,2 |
| 5 | 284 | 204 | 103,8 | 21,2 | 4,1 | 425,6 | 35 | 705 | 1,7 |
| 6 | 274 | 197 | 104,2 | 20,6 | 3,9 | 406,4 | 373 | 7 364 | 18,1 |
| 7 | 269 | 194 | 103,6 | 20,1 | 4,1 | 419,7 | 279 | 5 831 | 13,9 |
| 8 | 162 | 117 | 103,5 | 12,1 | 4,1 | 419,2 | 42 | 1 452 | 3,5 |
| 9 | 197 | 142 | 87,5 | 12,4 | 4,1 | 358,6 | 423 | 12 220 | 34,1 |
| 10 | 289 | 208 | 87,4 | 18,2 | 4,2 | 362,9 | 297 | 5 925 | 16,3 |
| 11 | 283 | 204 | 86,5 | 17,6 | 4,1 | 350,2 | 284 | 5 652 | 16,1 |
| 12 | 276 | 199 | 85,8 | 17,1 | 4,2 | 356,1 | 706 | 14 739 | 41,4 |
| 13 | 271 | 195 | 85,2 | 16,6 | 4,0 | 336,4 | 343 | 6 946 | 20,6 |
| 14 | 270 | 194 | 83,5 | 16,2 | 3,9 | 321,5 | 199 | 3 933 | 12,2 |
| 15 | 271 | 195 | 81,9 | 16,0 | 3,9 | 319,4 | 147 | 2 941 | 9,2 |
| 16 | 252 | 181 | 81,2 | 14,7 | 3,0 | 239,6 | 75 | 1 226 | 5,1 |
| ИТОГО | | 1 253,6 | 236,2 | 63,3 | 4 949,1 | 3 578 | 76 616 | $\bar{x} = 14,4$ | |
| 13 мая 2019 г. (нумерация трансект с юга на север) | | | | | | | | | |
| 1 | 315 | 227 | 13,7 | 3,1 | 4,2 | 57,0 | 4 | 81 | 1,4 |
| 2 | 319 | 230 | 29,1 | 6,7 | 4,2 | 120,9 | 26 | 473 | 3,9 |
| 3 | 317 | 228 | 41,7 | 9,5 | 4,2 | 173,2 | 3 | 62 | 0,4 |
| 4 | 319 | 230 | 40,9 | 9,4 | 4,2 | 169,9 | 18 | 330 | 1,9 |
| 5 | 319 | 230 | 39,9 | 9,2 | 4,0 | 159,7 | 7 | 120 | 0,7 |
| 6 | 319 | 230 | 39,0 | 9,0 | 4,0 | 155,9 | 13 | 219 | 1,4 |
| 7 | 320 | 230 | 38,5 | 8,9 | 4,0 | 153,9 | 17 | 298 | 1,9 |
| 8 | 315 | 227 | 37,5 | 8,5 | 4,1 | 153,8 | 11 | 207 | 1,3 |
| 9 | 303 | 218 | 32,0 | 7,0 | 4,1 | 131,3 | 3 | 64 | 0,5 |
| 10 | 306 | 220 | 29,9 | 6,6 | 4,0 | 117,9 | 6 | 102 | 0,9 |
| 11 | 302 | 217 | 31,0 | 6,7 | 4,0 | 123,8 | 13 | 231 | 1,9 |
| 12 | 293 | 211 | 30,4 | 6,4 | 4,1 | 122,9 | 5 | 88 | 0,7 |
| 13 | 298 | 215 | 29,2 | 6,3 | 4,0 | 117,0 | 5 | 86 | 0,7 |
| 14 | 297 | 214 | 28,6 | 6,1 | 4,0 | 114,2 | 2 | 43 | 0,4 |
| 15 | 300 | 216 | 28,1 | 6,1 | 4,0 | 112,4 | 0 | 0 | 0,0 |
| 16 | 302 | 217 | 29,9 | 6,5 | 4,0 | 119,7 | 3 | 63 | 0,5 |
| 17 | 301 | 217 | 29,4 | 6,4 | 4,1 | 119,2 | 0 | 0 | 0,0 |
| 18 | 302 | 217 | 30,3 | 6,6 | 4,1 | 122,5 | 0 | 0 | 0,0 |
| 19 | 306 | 220 | 29,8 | 6,6 | 4,0 | 119,3 | 5 | 82 | 0,7 |
| ИТОГО | | 608,9 | 135,6 | 77,3 | 2 464,5 | 141 | 2 549 | $\bar{x} = 1,0$ | |

отмечено положение всех результативных кадров (когда присутствует хотя бы одна нерпа), а диаметр точек пропорционален количеству нерп на кадре (рис. 8 А), и карта плотности распределения нерп (в экз./км²), построенная путём сплайн-аппроксимации точечных оценок плотности распределения, рассчитанных по отдельным кадрам (рис. 8 Б).

Как видно из обеих карт, наиболее плотные скопления нерпы (до 100 особей в одном кадре; выше 40 экз./км²) в период авиаучёта находились севернее Ушканов. Местами животные образовывали крупные залёжки (урганы) вдоль трещин или вокруг обширной полыни: на таких скоплениях количество нерп на одной фотографии доходило до 111 экз. В северной части оз. Байкал нерпы встречались единично и скоплений не образовывали, плотность распределения животных в среднем составляла 1 экз./км².

ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее материалы авиаучёта байкальской нерпы в мае 2019 г., используемые в настоящей статье, уже послужили для разработки методических рекомендаций по авиаучёту байкальской нерпы путём подсчёта её логовищ [Бизиков и др., 2021 а]. В основе этих рекомендаций лежала методика ледового учёта логовов В.Д. Пастухова [1993], адаптированная к условиям и техническим возможностям беспилотников. Однако методика оценки численности байкальской нерпы по её логовам имеет ряд неустранимых ограничений и недостатков. Одним из них является проблема учёта двойных логовищ, существующая и при наземном (ледовом) учёте логовов [Елагин и др., 1990]. Другой проблемой являлась необходимость иметь достоверную информацию о половом, возраст-

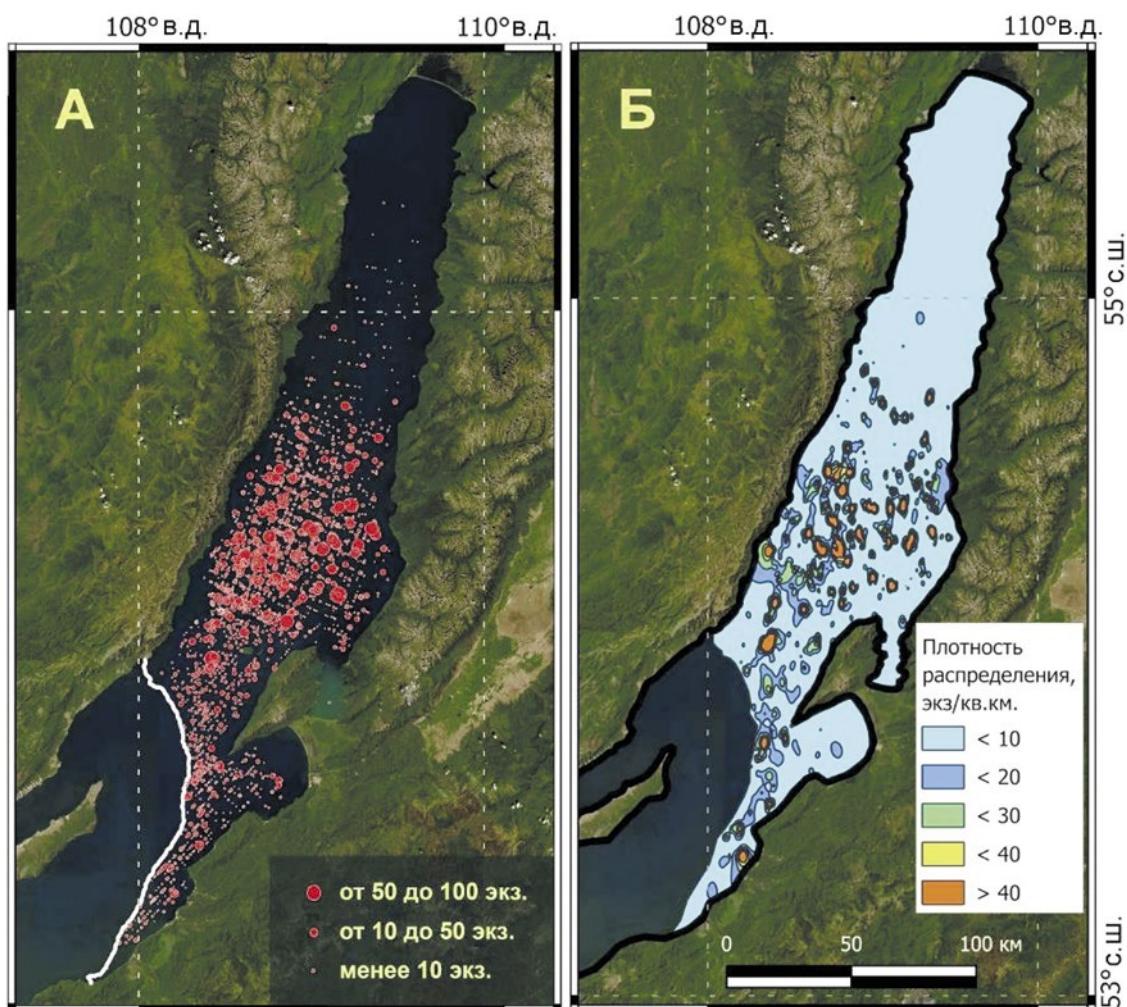


Рис. 8. Распределение байкальской нерпы в мае 2019 г.: А – встречаемость нерпы (количество особей, попавших на один кадр в ходе авиаучета); Б – плотность распределения, рассчитанная методом сплайн-аппроксимации.

Fig. 8. Distribution of Baikal seals in May 2019: A – seal occurrence (number of individuals caught in one frame during aerial survey); B – distribution density calculated using spline approximation

ном составе популяции, возрасте созревания и доле яловых самок в предшествующий год учёта (или ре-презентативные данные за несколько лет) для расчёта общей численности популяции нерпы. В период ведения промысла байкальской нерпы такие популяционные показатели оценивались по выборкам из промысловых побоек, которые были массовыми, что в современных условиях неприемлемо. В настоящее время эти параметры оцениваются по небольшим выборкам научных квот, и точность этих оценок ста-ла существенно ниже.

Другим источником неопределённости оценок по методике учёта логовов является многоэтапность применяемого алгоритма расчёта численности, при-чём на каждом этапе имеется статистическая ошибка, которая затем суммируется с ошибками других этапов. Так, уже на этапе оценки численности щенков по лого-вам статистическая ошибка может составлять до $\pm 30\%$ [Петров, 2007]. Накопление этих ошибок в процессе расчётов приводит к росту неопределённости итого-вой оценки численности популяции.

В настоящей работе на основание опыта прове-дённых авиаучётов в 2019 и 2021 гг. на оз. Байкал, а также наработок в процессе авиаучётов морских млекопитающих в других регионах России с исполь-зованием беспилотников [Бизиков и др., 2019, 2021 а, б, 2022 а, б; Сидоров и др., 2023, 2025] предлага-ется новый метод оценки численности байкальской нерпы, основанный на прямом подсчёте животных, находящихся непосредственно на льду. Преимущес-твом этого метода является относительная просто-та алгоритма расчёта, исключающая использование популяционных параметров на момент проведения учёта, достоверная оценка которых в настоящее вре-мя весьма проблематична. При применении беспилот-ников исключается человеческий фактор, а именно, соблазн изменить курс самолёта от запланированной трансекты, чтобы «подвернуть» в сторону обнаружен-ного скопления животных. В отличие от пилотируемо-го самолёта, беспилотник выполняет авиаучёт точно по намеченному маршруту, заложенному в програм-му полёта, и на установленной высоте. В результате устраняются вопросы относительно площади учёта и статистической достоверности.

Современные технические средства делают воз-можным выполнение непрерывной авиаасьёмки с беспилотника на протяжении всего маршрута. Получае-мые в результате большие объёмы первичных ма-териалов (фотографий), отснятых на протяжении не-скольких тысяч километров учётных полос (трансект), позволяют снизить погрешности и повысить точность оценок численности морских млекопитающих.

Для расчёта общей численности нерпы на льдах предложенный метод раздельной экстраполяции яв-ляется универсальным и может работать в тех случа-ях, когда длины трансект и интервалы между ними варьируют в пределах авиаучёта. Этот метод предла-гается применять для оценки количества логовов, как это было сделано в 2021 г. – количество учтённых ло-говов на площади $27\,210\text{ км}^2$ составило $25\,988 \pm 1\,027$ шт., нерп на льду 107723 экз. [Бизиков и др., 2022 а].

Стоит отметить, что для расчёта общей численно-сти необходимо определить долю зверей, находящих-ся в момент учёта подо льдом. Этот вопрос сложный и практически неразрешим. В методике предложен алгоритм определения этой доли по оставленным проталинам зверей, который весьма спорный, но до насторожего времени никто другого способа не пред-ложил. По литературным данным значение этой доли для других пагофильных видов (ладожская нерпа, ка-спийский тюлень) при авиаучёте варьировало от 20% [Антонюк, 1975] до 90% [Тормосов, Филатов, 1977].

Предложенная методика даёт возможность оце-нить фактическую численность животных на льду в ис-следуемом районе, а не в целом. Однако эта величи-на является минимальной общей численностью вида и может служить отправной точкой при прогнозиро-вании.

К трудностям предлагаемого метода можно от-нести: проведение авиаучёта на большой площади ис-следования; согласование проведения авиаучёта с различными государственными ведомствами; обу-словленность от погодных условий, от которых в зна-чительной мере будет зависеть результативность авиаасьёмок. Указанные трудности можно преодолеть за счёт грамотного планирования, включающего на предварительном этапе отслеживание климатиче-ских условий и ледовой обстановки на оз. Байкал, чтобы соблюсти фенологическое время проведения учёта и начать работы с южной части озера с момен-та разрушения ледового покрова. В 2019 г. работы были выполнены не в оптимальный срок и, как след-ствие, не по всей акватории, поэтому возник вопрос, как полученные фактические результаты соотнести к общей численности вида? Однако эти работы дали представление о распределении животных на льдах и их количестве в середине мая, когда байкальская нерпа формирует массовые залёжки на плавающих льдах [Петров и др., 2025]. Авиаучёт в 2021 г. прове-дён в оптимальные сроки. Все трансекты выполнены последовательно с юга на север над ледовым покры-тием оз. Байкал. Следуя предложенной методике, об-щая численность байкальской нерпы оценена в 2021 г. на уровне 132 тыс. особей [Бизиков и др., 2022].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная методика оценки численности байкальской нерпы на основе прямого учёта животных на льдах с применением беспилотных авиационных систем даёт возможность оценивать минимальную (без учёта животных в воде) общую численность вида.

Важным достоинством предлагаемого метода учёта байкальской нерпы является автоматическая обработка цифровых фотоснимков с применением программных комплексов, использующих компьютерное зрение на основе технологий нейронных сетей искусственного интеллекта для распознавания различных видов образов на изображениях, включая морских млекопитающих. Многоступенчатая верификация сводит до минимума недоучёт животных.

Метод раздельной экстраполяции Н.Г. Челинцева на сегодня является единственным алгоритмом при обработке первичных данных авиаучёта, поскольку применим и в тех случаях, когда длины трансект и расстояния между ними варьируют в пределах авиаучёта. Стандартизированная обработка данных даёт возможность достоверно сравнивать результаты авиаучётов и служит основой получения объективной оценки динамики численности байкальской нерпы и разработки рекомендаций по её сохранению и рациональному использованию.

Целесообразно параллельно с учётом животных оценивать количество логовов с применением беспилотников. Эта информация даёт: во-первых – представление о численности приплода текущего года для построения популяционных моделей; во-вторых – при наличии достоверных данных (соотношение полов, возрастной состав, доля яловых самок), служит первичным материалом для оценки численности байкальской нерпы по логовам.

Благодарности

Авторы благодарят руководство и операторов беспилотных летательных аппаратов ООО «Современные информационные технологии» (ООО «СИТ») и АО «Юнайтед Телеком» (АО «ЮТК»), обеспечивших авиаучётные работы. Важную роль в подготовке статьи сыграли замечания и рекомендации анонимного рецензента, которому мы также очень благодарны.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Антонюк А.А. 1975. Оценка общей численности популяции тюленя *Pusa hispida ladogensis* Ладожского озера // Зоологический журнал. Т. 54. Вып. 9. С. 1371-1377.
- Бизиков В.А., Болтнев Е.А., Петров Е.А., Петерфельд В.А., Черноок В.И. 2019. Экспериментальная авиаучётка байкальской нерпы с использованием БПЛА большой дальности // Труды ВНИРО. Т. 175. С. 226-229.
- Бизиков В.А., Петерфельд В.А., Черноок В.И., Кузнецов Н.В., Петров Е.А., Бобков А.И. Ткачёв В.В., Сидоров Л.К., Болтнев Е.А. 2021 а. Методические рекомендации по проведению учёта приплода байкальской нерпы (*Pusa sibirica*) с беспилотных летательных аппаратов в Байкальском рыболовственном бассейне. М.: Изд-во ВНИРО. С. 56.
- Бизиков В.А., Черноок В.И., Сидоров Л.К., Беляев В.А., Шипулин С.В., Кузнецов В.В., Скользкий В.А., Климов Ф.В., Марбаев Е.Н., Ербулев С.Т., Куанышев Е.К. 2021 б. Оценка численности популяции каспийского тюленя по результатам инструментальных авиаучётов на льдах в северной части Каспийского моря в 2012 г., 2020 г. и 2021 г. // Использование и охрана природных ресурсов России. № 4. С. 81-93.
- Бизиков В.А., Сидоров Л.К., Петерфельд В.А., Болтнев Е.А. 2022 а. Применение беспилотных летательных аппаратов для оценки численности байкальской нерпы // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование. Керчь, 13-18 сентября 2022 года. Мат. III Межд. науч.-практ. конф. Симферополь: ООО Ариал. С. 108-113.
- Бизиков В.А., Сабиров М.А., Сидоров Л.К., Лукина Ю.Н. 2022 б. Численность и распределение ладожской кольчатой нерпы в аномально тёплую зиму 2020 года: оценка по результатам авиаучёта с использованием БПЛА // Труды ВНИРО. Т. 190. С. 79-94.
- Елагин О.К., Иванов М.К., Петров Е.А. 1990. Устройство, распределение и плотность логовищ щенков Байкальской нерпы // Морские млекопитающие. Тез. докл. X Всес. совещания по изучению, охране и рациональному использованию морских млекопитающих (г. Светлогорск Калининградской области, 2-5 октября 1990 г. С. 95-96.
- Морозов В.П. 1979. Курс сфериодической геодезии. М.: Недра. 296 с.
- Пастухов В.Д. 1965. К методике количественного учёта байкальского тюленя // Морские млекопитающие. М.: Наука. С. 100-104.
- Пастухов В.Д. 1971. Учёт приплода нерпы // Исследования морских млекопитающих. Калининград. С. 117-124.
- Пастухов В.Д. 1993. Нерпа Байкала. Новосибирск: Наука. 322 с.
- Петров Е.А. 2007. Проблемы эксплуатации популяции байкальской нерпы // Рыбное хозяйство. № 1. С. 74-77.
- Петров Е.А., Купчинский А.Б., Сыроватский А.А. 2025. Весенние ледовые залёжки и поведение байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788, Phocidae) // Зоологический журнал. Т. 104. № . 3. С. 82-99.

- Свиридов Н.С. 1954. Опыт учёта численности и распределения нерпы на озере Байкал с помощью самолёта // Известия Иркутск. сельскохоз. ин-та. Вып. 6. С. 321-331.
- Сидоров Л.К. 2025. Опыт применения цифрового зрения при обработке фотоматериалов авиаучётов морских млекопитающих // Современные методы оценки и рационального использования водных биологических ресурсов. Мат. II междунар. науч.-практ. конф. Москва, ФГБНУ «ВНИРО», 18-22 ноября 2024 г. М.: Изд-во ВНИРО. С. 156-159.
- Сидоров Л.К., Бизиков В.А., Рожнов В.В., Шипулин С.В., Кузнецова В.В., Белокобыльский И.Ф., Мягкий Н.А., Соловьева М.А., Глазов Д.М., Назаренко Е.А. 2023. Распределение и численность каспийского тюленя на льдах в российской части Северного Каспия в феврале-марте 2023 г. // Труды ВНИРО. Т. 193. С. 82-100.
- Сидоров Л.К., Бизиков В.А., Забавников В.Б., Егоров С.А. 2025. Оценка воспроизводства беломорской популяции гренландского тюленя в 2023 и 2024 гг. // Труды ВНИРО. Т. 199. С. 64-85.
- Тормосов Д.Д., Филатов И.Е. 1977. О статье А.А. Антонюка «Оценка общей численности популяции тюленя Ладожского озера» // Зоологический журнал. Т. 56. Вып. 9. С. 1425-1427.
- Хромов С.П., Мамонтова Л.И., 1974. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеоиздат. 569 с.
- Челинцев Н.Г. 2004. Алгоритмы экстраполяции при авиаучётах животных // Бюллетесть МОИП. Отд. биол. Т. 109. Вып. 2. С. 3-14.
- REFERENCES**
- Antoniuk A.A. 1975. Estimation of the total population density of the Lake Ladoga seal (*Pusa hispida ladogensis*) // Russian Journal of Zoology. V. 54(9). P. 1371-1377. (In Russ.)
- Bizikov V.A., Boltnev E.A., Chernook V.I., Petrov E.A., Peterfeld V.A. 2019. Experimental aerial survey of the Baikal seal using long-range UAVs // Trudy VNIRO. V. 175. P. 226-229. (In Russ.)
- Bizikov V.A., Peterfeld V.A., Chernook V.I., Kuznetsov N. V., Petrov E.A., Bobkov A.I., Tkachev V.V., Sidorov L.K., Boltnev E.A. 2021 a. Methodological recommendations for the accounting of the Baikal seal (*Pusa sibirica*) offspring using unmanned aerial vehicles in the Baikal fishery basin. Moscow: VNIRO Publish. 56 p. (In Russ.)
- Bizikov V.A., Belyaev V.A., Chernook V.I., Sidorov L.K., Shipulin S. V., Kuznetsov V. V., Vasiliev A. N., Skolsky V. A., Klimov F. V., Marabaev E. N., Erbulekov S. T., Kuanyshov E. K. 2021 b. Estimation of abundance of the Caspian seal basing on the results of aviation surveys of the seal ice rookery in the Northern Caspian in 2012, 2020 and 2021 // Use and protection of Russia's natural resources. No. 4. P. 81-93. (In Russ.)
- Bizikov V.A., Sidorov L.K., Peterfeld V.A., Boltnev E.A. 2022 a. The use of unmanned aerial vehicles for estimation of Baikal seals population // Biological diversity: study, conservation, restoration, rational use. Kerch, September 13-18, 2022. Mat. of the III Intern. Scient. and Pract. Conf. Simferopol: LLC Typography Arial. P. 108-113. (In Russ.)
- Bizikov V.A., Sabirov M.A., Sidorov L.K., Lukina Ju.N. 2022 b. Abundance and distribution of the Ladoga ringed seals in anomaly warm winter 2020: results of the aerial survey using drones // Trudy VNIRO. V. 190. P. 79-94. (In Russ.)
- Elagin O.K., Ivanov M.K., Petrov E.A. 1990. Structure, distribution and density of lairs of pregnant female Baikal seals // Marine mammals. Abs. rep. of the X All-Union conf. on the study, protection and rational use of marine mammals (Svetlogorsk, Kaliningrad region, October 2-5, 1990). P. 95-96. (In Russ.)
- Morozov V.P. 1979. Course of spheroidal geodesy. Moscow: Nedra. 296 p. (In Russ.)
- Pastukhov V.D. 1965. On the methodology of quantitative accounting of the Baikal seal // Marine mammals. Moscow: Nauka. P. 100-104. (In Russ.)
- Pastukhov V.D. 1971. Accounting of seal offspring // Studies of marine mammals. Kaliningrad. P. 117-124. (In Russ.)
- Pastukhov V.D. 1993. Baikal seal. Novosibirsk: Nauka. 322 p. (In Russ.)
- Petrov E.A. 2007. Problems of exploitation of Baikal seal population // Rybnoe hozyajstvo. № 1. P. 74-77 (In Russ.)
- Petrov E.A., Kupchinsky A.B., Syrovatsky A.A. 2025 Spring ice haulouts and behavior of the baikal seal (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788, Phocidae) // Russian Journal of Zoology. V. 104. № 3. P. 82-99. (In Russ.)
- Sviridov N.S. 1954. Experience of census of the number and distribution of seals on Lake Baikal using an airplane // News of the Irkutsk Agricultural Institute. Iss. 6. Pp. 321-331.
- Sidorov L.K. 2025. Experience of using digital vision in processing photographic materials of aerial surveys of marine mammals // Modern methods of assessment and rational use of aquatic biological resources: Abstr. of the intern. scient. and pract. Conf., Moscow, November 18-22, 2024. Moscow: VNIRO Publish. P. 156-159. (In Russ.)
- Sidorov L. K., Bizikov V. A., Rozhnov V. V., Shipulin S. V., Kuznetsov V.V., Belokobylyskiy I.F., Myagkiy N.A., Solov'yeva M.A., Glazov D. M., Nazarenko Y. A. 2023 Abundance and distribution of the Caspian seals on ice in the Russian part of the Northern Caspian in February – March 2023 // Trudy VNIRO. V. 193. P. 82-100. (In Russ.)
- Sidorov L. K., Bizikov V. A., Zabavnikov V. B., Egorov S. A. 2025 Assessment pup production in the harp seal population of the of the White Sea in 2023 and 2024 // Trudy VNIRO. V. 199. P. 64-85. (In Russ.)
- Tormosov D.D., Filatov I.E. 1977. On the article «Estimation of the total population density of the Lake Ladoga seal» by A. A. Antoniuk // Russian Journal of Zoology. V. 56 (9). P. 1425-1427. (In Russ.)
- Khromov S.P., Mamontova L.I., 1974. Meteorological Dictionary. Leningrad: Gidrometeoizdat. 569 p.
- Chelintsev N. G. 2004. Extrapolation algorithms for aerial surveys of animals // Bul. MOIP. Dep. biol. V.109. Iss. 2. P. 3-14. (In Russ.)

Поступила в редакцию 28.07.2025 г.
Принята после рецензий 13.09.2025 г.

УДК 595.371.13/57.087.5

Промысловые виды и их биология

Опыт количественного учёта *Gammarus lacustris* (Crustacea: Amphipoda) в подлёдном слое озера Белое методом подводного видеонаблюдения

Д. В. Матафонов

Байкальский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («БайкалНИРО»), ул. Хахалова 4б, г. Улан-Удэ, 670034

E-mail: matafonov_dy@baikal.vniro.ru

SPIN-код: Д. В. Матафонов – 4688-7640

Цель работы: апробировать метод подводного видеонаблюдения для количественного учёта *G. lacustris* в подлёдном слое промыслового водоёма на примере озера Белое.

Используемые методы: в исследовании использован метод подводного видеонаблюдения для регистрации особей *G. lacustris*, скопившихся на нижней поверхности ледового покрова и попадающих в зону количественного учёта, которая определяется по диаметру учётной лунки, получаемой с помощью ручного рыболовного бура. Биомасса *G. lacustris* рассчитана произведением средней численности особей на единицу площади изученного биотопа, установленной по видеозаписям, на среднюю массу одной особи *G. lacustris*. Особи для взвешивания получены методом ледовой пробки из исследованных учётных лунок (первым выбросом особей на лёд при бурении лунки).

Новизна: изложенный в работе метод количественного учёта *G. lacustris* на основе подводного видеонаблюдения является новым.

Результаты: получены данные о численности и биомассе *G. lacustris* в озере Белое в апреле 2025 г. Установлено, что численность *G. lacustris* на единицу площади подлёдного пространства изменялась от 0 до 1960 экз./м² (в среднем – 314±110,7 экз./м²). При средней массе одной особи 0,047 г биомасса *G. lacustris* на единицу площади составила 14,8 г/м², в подлёдном пространстве прибрежной зоны всего озера – 5,9 тонн, с учётом нижнего предела стандартной ошибки численности – 3,8 тонны.

Практическая значимость: Предложенный метод может быть внедрён в практику определения запасов *G. lacustris* в промысловых водоёмах, а также с целью мониторинга популяции этого вида в различающихся по своим характеристикам водных объектах.

Ключевые слова: Gammaridae, биомасса, цифровая камера, рыболовный ледобур, учётная съёмка, промысловый водоём.

The experience of *Gammarus lacustris* (Crustacea: Amphipoda) counting in the under ice layer of the Beloe lake with the method of underwater imaging

Dmitry V. Matafonov

Baikal Branch of VNIRO («BaikalNIRO»), 4b, Khakhalova, Ulan-Ude, 670034, Russia

The aim: The approbation of underwater imaging for *G. lacustris* counting in the under ice layer of fishery water body at the Beloe Lake as an example.

Methods: The method of underwater imaging was used to account *G. lacustris* inhabiting the bottom side of the ice cover and caught there into the frames of the counting zone which was determined on diameter of the hole from the manual fishing ice-drill. The biomass of *G. lacustris* in the biotope was calculated by multiplication of average number of individuals per unit area, determined from video recordings, by the average mass of one individual. Individuals for biomass determination were taken from the counting holes by the first release of individuals onto the ice during drilling of the hole.

Novelty: The method of *G. lacustris* counting based on underwater imaging is novel.

Results: Data on population density and biomass of *G. lacustris* in the Beloe Lake in April 2025 were obtained. It was established that the density of *G. lacustris* in the under-ice layer varied from 0 to 1960 ind. m⁻² (on average – 314±110.7 ind. m⁻²). With an average weight of one individual of 0.047 g, the biomass of *G. lacustris* per unit area is 14.8 g m⁻², and in the under ice layer of the shallow zone of the lake is 5.9 tons. Taken into account the lower limit of standard error of density the biomass is 3.8 tons.

Practical significance:

The proposed method can be implemented in the practice of determining the stocks of *G. lacustris* in commercial (fishery) water bodies, as well as for the purpose of monitoring the population of this species in water bodies with different characteristics.

Keywords: Gammaridae, biomass, digital camera, fishing ice-drill, counting, fishery water body.

ВВЕДЕНИЕ

Гаммариды относятся к промысловым беспозвоночным, лов которых во внутренних водах Российской Федерации регламентирован прогнозом рекомендованного вылова. Они в большом количестве используются в качестве живой приманки при подлёдном лове рыбы, в производстве биологически активных веществ, изготовлении биокормов, в научных экспериментах и т. д. [Бекман, 1954; Подкорытова и др., 2010; Мезенова, 2023; Harlıoğlu, Farhadi, 2018].

В водоёмах Сибири наиболее известен вид *Gammarus lacustris* G.O. Sars, 1863. Для целей определения запасов *G. lacustris* ведётся мониторинг популяций в промысловых водоёмах с установлением количественных показателей [Френкель и др., 2024]. Широкий экологический потенциал вида, многообразие вариантов его распределения по биотопам, довольно резкие колебания биомассы в сезонном ходе биологических процессов и в многолетней динамике, в том числе под влиянием климатических событий, способность к активным перемещениям и т. д. осложняют понимание причин изменчивости его количественных показателей [Бекман, 1954; Матафонов, 2007; Литвиненко и др., 2018].

Методы сбора и учёта, с помощью которых исследователи стремятся получить наиболее объективные данные о запасах *G. lacustris*, также многообразны. Перечень приборов, используемых для целей его учёта, к настоящему времени включает дночертатели различных модификаций, планктонные сети, прибор для количественного учёта гаммарид (КУГ), морышковое корыто, метод учёта по ледовой пробке и пр. При этом учёт скоплений гаммаруса в зимний период имеет свои сложности. С нарастанием льда и понижением концентрации кислорода во многих водоёмах условия для дыхания гидробионтов ухудшаются, поэтому гаммарус с грунта перемещается под лёд, где может оставаться до начала его таяния. Не все из перечисленных выше приборов способны захватить гаммаруса в этом биотопе для корректной оценки его биомассы. Дночертатели, планктонные сети и прибор КУГ конструктивно не были рассчитаны на такое применение, поэтому для учёта в подлёдном слое считается оправданным использование морышкового корыта и учёт гаммаруса по ледовой пробке [Куцанов и др., 2024], в работе с которыми и получаемых результатах также имеются неопределённости, сводимые к одному фундаментальному вопросу: как происходит формирование каждой пробы? Во многом эти неясности происходят из того, что исследователь не имеет возможности визуального контроля за процессом взятия отдельной пробы.

Возможность визуальной оценки является одним из наиболее важных критерии успешности процесса сбора материала и истинности получаемых данных об объекте промысла [Дуленин, Кудревский, 2019]. В настоящее время эта задача всё чаще решается с привлечением методов видеонаблюдения. Такие методы уже нашли своё широкое применение в оценке запасов промысловых водных животных [Золотарев, 2016; Бизиков и др., 2021; Залота и др., 2024] и непромысловых. Например, методами подводного видеонаблюдения было установлено, что в весенний период байкальские эндемичные амфиоподы включаются в состав «зообентоса» нижней поверхности льда Байкала, вероятно, для питания развивающимися здесь микроорганизмами и водорослями [Аннотированный список ..., 2001]. Детальные исследования с видеорегистрацией эндемичных амфиопод в пелагии оз. Байкал были проведены с целью их количественного учёта в процессе суточных вертикальных миграций [Тахтеев и др., 2019]. Как показали результаты исследований, выполненных в пелагии озера Шира [Толомеев и др., 2006], в определённых условиях метод подводных видеонаблюдений может быть более эффективным при учёте *G. lacustris* в сравнении с традиционными. К достоинствам метода, кроме прочего, относится возможность учёта объекта наблюдения без изъятия из среды обитания и без изменения его поведенческой активности.

Задача настоящего исследования заключалась в апробации метода подводных видеонаблюдений для количественного учёта *G. lacustris* в подлёдном слое промыслового водоёма на примере озера Белое.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили 30 марта и 6 апреля 2025 г. в дневное время (13-15 часов) в прибрежной зоне северо-восточной части акватории озера Белое (координаты озера: 51,542° с. ш., 107,034° в. д.), расположенному в Иволгинском районе Республики Бурятия, в 50 км от г. Улан-Удэ (см. рис. 1).

Исследования основных параметров среды были выполнены ранее: температуры воды, концентрации растворённого кислорода и общей минерализации (TDS) – в январе 2024 г. с помощью анализатора WTW 3620 (Xylem Analytics Germany GmbH, Германия); площади озера в августе 2024 г. – с использованием программы Google Earth Pro.

Для количественного учёта гаммаруса использовали цифровую камеру GoPro Hero 10 в защищённом от воды и механических повреждений боксе, которую крепили на погружающую в воду штангу с направлением видеофиксации снизу вверх, т. е. на нижнюю сто-

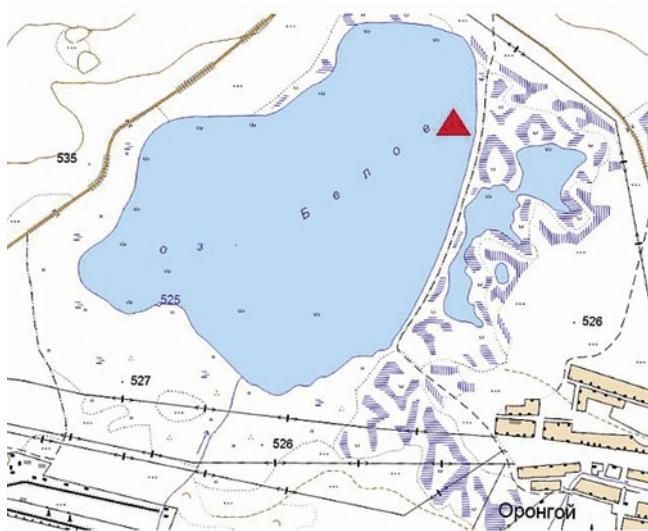


Рис. 1. Расположение станции на оз. Белое

Fig. 1. Location of the sampling station at the Beloe Lake

рону ледового покрова и прилегающего подледного пространства, а также с некоторым углом от строгой вертикали – на точку последующего количественного учёта. Камеру погружали в лунку, для устройства которой использовали стандартный ручной рыболовный бур с диаметром шнека 130 мм («техническая» лунка). Глубина погружения камеры изменялась от 20 до 50 см, соответственно чему менялась и площадь охвата ледового покрова учётной съёмкой. При этом с увеличением расстояния до объекта съёмки и с охватом большей площади возможность различения отдельных особей гаммаруса закономерно уменьшается. Рядом с технической лункой бурили вторую, в границах окружности которой вели учёт гаммаруса («учётная» лунка) с пересчётом особей на единицу стандартной площади (коэффициент для пересчёта с площади учётной лунки на 1 м² ледового покрова – 75,4). На практике захват камеры либо её вращение на штанге позволяли сделать несколько учётных лунок вокруг одной технической.

О количестве особей гаммаруса на единицу площади (1 м² ледового покрова) судили по видеозаписям, на которых был запечатлён весь процесс подготовки учётной лунки с наиболее важными моментами – приближение бура к нижней кромке льда и прорезывание ледового покрова. На записях отчётливо виден силуэт шнека, очерчивающий у границы льда с водой окружность известного диаметра, и особи гаммаруса, попадающие в зону количественного учёта в этот момент. В апреле особи, подхваченные первым выбросом подледной воды буром (метод ледовой пробки [Куцанов и др., 2024]), служили для определения средней индивидуальной массы *G. lacustris*

и расчёта общей биомассы гаммаруса в прибрежной зоне озера, получаемой умножением средней индивидуальной массы на среднюю численность особей на единице площади, которую определяли по видеозаписям.

Всего были получены 3 результативные записи 30 марта, по которым в главном были определены технические условия реализации метода, и 18 записей – 6 апреля, по которым был выполнен расчёт средней численности *G. lacustris*. В работе представлены отдельные фрагменты записей, характеризующие метод получения количественных данных, в том числе условия, требуемые для его проведения.

При указании средних значений количественных показателей приводится стандартная ошибка.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Озеро Белое характеризуется следующими основными параметрами. Озеро имеет площадь около 1,3 км². Глубина в нём не превышает 1,9 м, температура воды подо льдом составляет 0,9 °C, концентрация растворённого кислорода – 0,15 мг/л (1,2% насыщения), общая минерализация (TDS) – 7,6-8,2 г/л. Прозрачность воды в озере до 1-1,5 м. Высота снежного покрова в марте-апреле 2025 г. не превышала 0,05 м, толщина льда была около 0,7 м.

В третьей декаде марта 2025 г. нижняя поверхность льда по видеозаписям выглядела относительно гладкой, лёд был ещё плотным, кристаллическим, грани готовой лунки были резкими, хорошо различимыми (см. рис. 2, 3). На нижней поверхности льда отмечались скопления либо разрозненные особи *G. lacustris*, реакции которых на бурение не наблюдалось вплоть до их захвата буром. Некоторые скопления особей, вероятно, были расположены на месте замёрзших рыболовных лунок, т. к. имели довольно ровные очертания с размерами, близкими размерам рыболовного бура (см. рис. 2). С первым выбросом подледной воды подхватывались особи в пределах очерченного буром круга, а также с прилегающего к нему участка ледового покрова. Часть этих особей поступала обратно в воду.

В первой декаде апреля фиксировалось таяние льда с появлением игольчатой и рыхлой структуры, насыщенности нижнего слоя водой. Грани лунки были менее резкими, чем в марте (см. рис. 4, 5, 6). При приближении бура к слою подледной воды наблюдались случаи перемещения потревоженных особей гаммаруса из зоны учёта либо их затягивание в лёд через возникшие в результате таяния полости. На отдельных записях также видно, что часть особей располагается на вмёрзших в лёд водных растениях, попадает в зону

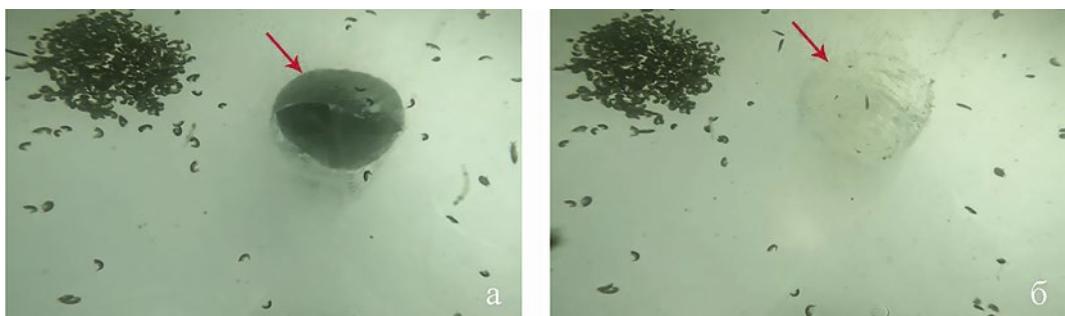


Рис. 2. Фрагмент видеотрека от 30 марта. Проба 1: а – зона учёта и особи, попадающие в неё; б – лунка после взятия пробы

Fig. 2. Video track fragment from March 30. Sample 1: a – the counting zone and the individuals that fall into it; b – the hole after sampling

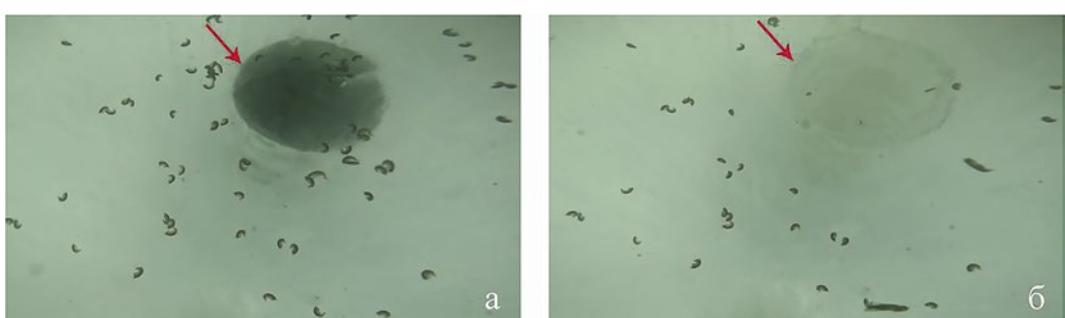


Рис. 3. Фрагмент видеотрека от 30 марта. Проба 2: а – зона учёта и особи, попадающие в неё; б – лунка после взятия пробы

Fig. 3. Video track fragment from March 30. Sample 2: a – the counting zone and the individuals that fall into it; b – the hole after sampling

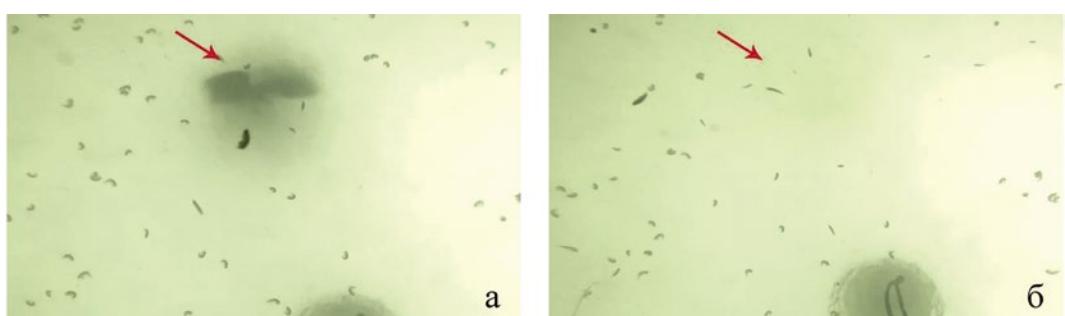


Рис. 4. Фрагмент видеотрека от 6 апреля. Проба 1: а – зона учёта и особи, попадающие в неё; б – лунка после взятия пробы

Fig. 4. Video track fragment from April 6. Sample 1: a – the counting zone and the individuals that fall into it; b – the hole after sampling

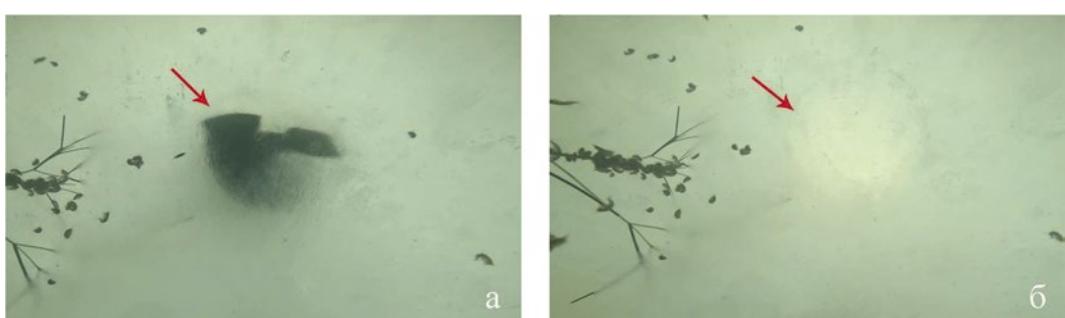


Рис. 5. Фрагмент видеотрека от 6 апреля. Проба 2: а – зона учёта и особи, попадающие в неё; б – лунка после взятия пробы

Fig. 5. Video track fragment from April 6. Sample 2: a – the counting zone and the individuals that fall into it; b – the hole after sampling



Рис. 6. Фрагмент видеотрека от 6 апреля. Проба 3: а – зона учёта и особи, попадающие в неё; б – перемещение особей из зоны учёта; в – лунка после взятия пробы

Fig. 6. Video track fragment from April 6. Sample 3: a – the counting zone and the individuals that fall into it; b – movement of individuals from the counting zone; c – the hole after sampling

учёта, но при касании буром растения успевает уйти из неё (см. рис. 6).

Полученные таким образом видеозаписи позволяют рассчитать количественные показатели гаммаруса в прибрежной зоне оз. Белое. Согласно видеоматериалам, в апреле количество гаммаруса на единицу площади изменялось от 0 до 1960 экз./м² (в среднем – $314 \pm 110,7$ экз./м²). Исходя из этого биомасса гаммаруса, получаемая умножением средней численности на среднюю массу 1 экз. (пределы вариации от 0,037 до 0,070 г, среднее – $0,047 \pm 0,0023$ г), составляет 14,8 г/м². Если допустить, что площадь изученного нами биотопа в озере составляет 0,4 км², тогда всю биомассу гаммаруса в этом биотопе можно оценивать в объёме 5,9 тонн, с учётом нижнего предела стандартной ошибки численности – 3,8 тонны.

ОБСУЖДЕНИЕ

Опыт количественного учёта *G. lacustris* на оз. Белое с помощью подводной цифровой видеозаписи является новым. Он соотносится с современной тенденцией всё более широкого вовлечения методов видеонаблюдения в исследования биологических процессов для оценки параметров и сбора биологических данных. Предлагаемый метод демонстрирует возможность повышения объективности получаемых данных о распределении и количестве гаммаруса в подлёдном пространстве, т. е. в период его основного промысла во многих водоёмах Сибири. Большой объективности получаемой видеинформации способствует и возможность верификации данных различными специалистами. В сравнении с традиционными методами «слепого» учёта видеонаблюдение с меньшими затратами предоставляет больший объём информации, который, кроме количественных данных, включает фиксацию поведенческих реакций гаммаруса на воздействие, нарушающее его среду обитания,

а также состояние ледового покрова, наличие водных растений и т. д. Кроме этого, видеонаблюдение позволяет выполнить оценку количества гаммаруса во всём поле кадра, взяв учётную лунку как калибровочную. Как и в исследованиях популяции *Dreissena* на оз. Мичиган [Karataev et al., 2018] это увеличивает число выполненных повторностей и влияет на точность получаемых результатов.

В свою очередь, в ряде случаев может быть более рациональным сочетание видеонаблюдения с традиционными методами. Так, видится оправданным производить учёт численности гаммаруса с помощью видеонаблюдения, а материал для расчёта массы одной особи брать из первого выброса особей на лёд. Подобное сочетание оперативности получения массива данных методом видеонаблюдения с преимуществами классической съёмки дночерпателем оказалось результативным при исследовании исландского гребешка в Баренцевом и Белом морях [Золотарев, 2016], бентоса на озёрах Мичиган и Эри [Karataev et al., 2018; Burlakova et al., 2022]. Такой же подход рекомендуется для изучения подводных ландшафтов и миграционных скоплений гидробионтов в оз. Байкал [Тахтеев и др., 2019].

Имеются условия, которые необходимо учитывать при организации количественного учёта гаммаруса в подлёдный период методом видеонаблюдения. Как показал опыт проведённого исследования на оз. Белое, условия для определения количественных показателей гаммаруса в марте были несколько лучше, чем в апреле за счёт резкости граней учётной лунки, качества изображения при меньшем расстоянии камеры до нижней поверхности льда, отсутствия перемещений гаммаруса при устройстве учётной лунки. Немаловажно, что с началом таяния льда гаммарус «отлипает» от его нижней поверхности и подлёдный учёт становится менее эффективным. Вероятно, пер-

вавая декада апреля в 2025 г. была крайней для нахождения гаммаруса в подлёдном слое оз. Белое, т. к. поиск гаммаруса для проведения исследования в марте был успешнее.

Проведённое исследование также показало, что оптические свойства воды с повышенной минерализацией позволяют выполнять работы методом видеонаблюдения. На оз. Шира, солёность которого достигает 14,5 г/л, наблюдение за распределением *G. lacustris* в дневное и ночное время также было успешным [Толомеев и др., 2006]. Видеонаблюдение за организмами бентоса может быть затруднено повышенной мутностью воды [Залота и др., 2024], в период открытой воды – за счёт повышенной динамики водных масс (течения, волновая активность и т. п.) и плотности зарослей макрофитов [Karataev et al., 2018].

В дальнейшем, для совершенствования метода видеонаблюдения с целью количественного учёта *G. lacustris* видится необходимой его адаптация к повышенным концентрациям особей гаммаруса, в том числе в подлёдном пространстве, различающихся своими оптическими и прочими характеристиками водоёмов. Для усовершенствования учётного метода, увеличения информативности получаемых изображений и определения границ зоны учёта возможно использование диска с диаметром 130 мм, окрашенного полностью или только по краю, и опускаемого в подготовленную лунку для регистрации особей на его фоне. Видится также рациональным использование подводных видеокамер с возможностью вывода видеоизображения на экран монитора, а также подводных управляемых аппаратов. Имеет перспективы и установление биомассы гаммаруса по известным линейно-весовым зависимостям на основе качественных изображений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка запасов промысловых беспозвоночных на современном этапе эффективна с использованием методов подводного видеонаблюдения. Проведённым исследованием показано, что для количественного учёта особей *G. lacustris* в подлёдном пространстве возможна их регистрация на подводную цифровую камеру. Площадь учёта определяется по диаметру окружности, очерченной ручным рыболовным буrom при устройстве учётной лунки. Для определения биомассы *G. lacustris* на площади изучаемого биотопа требуется отбор особей из учётных лунок, по которым рассчитывается масса одной особи. Полученная таким методом биомасса *G. lacustris* в прибрежной зоне оз. Белое составляет 5,9 тонн.

Основными ограничениями для использования метода могут быть таяние льда в весенний период, что

ведёт к «отлипанию» *G. lacustris* от нижней поверхности льда и усложняет определение границ учётной лунки, а также расположение камеры за пределами оптимального диапазона глубины. В дальнейшем видится необходимой адаптация метода к учёту *G. lacustris* в подлёдном пространстве водоёмов, различающихся своими характеристиками и промысловой значимостью.

В целом, метод подводного видеонаблюдения для количественного учёта *G. lacustris* в подлёдном пространстве промысловых водоёмов видится эффективнее и перспективнее в сравнении с имеющимися в настоящее время, с которыми возможно его сочетание.

Благодарности

Выражаю свою искреннюю признательность Р.Д. Матафонову за помощь при выполнении полевых исследований.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Исследование проводилось в соответствии с государственной работой Байкальского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. 2001 / Тимошкин О.А. ред. Новосибирск: Наука. Т. 1: Озеро Байкал. Кн. 1. 832 с.
- Бекман М.Ю. 1954. Биология *Gammarus lacustris* прибайкальских водоёмов // Труды Байкальской лимнологической станции. Т. 14. С. 263-311.
- Бизиков В.А., Петерфельд В.А., Черноок В.И., Кузнецов Н.В., Петров Е.А., Бобков А.И., Ткачев В.В., Сидоров Л.К., Болтнев Е.А. 2021. Методические рекомендации по проведению учёта приплода байкальской нерпы (*Pusa sibirica*) с беспилотных летательных аппаратов в Байкальском рыболовохозяйственном бассейне. М.: Изд-во ВНИРО. 56 с.
- Дуленин А.А., Кудревский О.А. 2019. Использование лёгкого телевизионного необитаемого подводного аппарата для морских прибрежных гидробиологических исследований // Вестник Камчатского ГТУ. № 48. С. 6-17. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-48-6-17.
- Залота А.К., Удалов А.А., Чикина М.В., Кондарь Д.В., Любимов И.В., Липухин Э.В., Анисимов И.М., Лесин А.В., Мурравья В.О., Мишин А.В. 2024. Первые находки вселенца краба-стригана, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius,

- 1788) (Decapoda, Oregoniidae), в Восточной части Карского моря // Океанология. Т. 64. № 3. С. 473-483. DOI: 10.31857/S0030157424030087.
- Золотарев П.Н. 2016. Биология и промысел исландского гребешка *Chlamys islandica* в Баренцевом и Белом морях. Мурманск: ПИНРО. 289 с.
- Куцанов К.В., Разова Л.Ф., Герасимов А.Г., Бражников Е.В., Зайцева Я.А. 2024. Апробация различных орудий лова при отборе проб гаммарид в подледный период // АПК: инновационные технологии. № 3(66). С. 32-43. DOI: 10.35524/2687-0436_2024_03_32.
- Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Куцанов К.В., Козлов О.В. 2018. Межгодовые колебания промысловых запасов короткоцикловых беспозвоночных континентальных водоемов Западной Сибири и проблемы с заблаговременным прогнозом их вылова // Вопросы рыболовства. Т. 19. № 2. С. 193-205.
- Матафонов Д.В. 2007. Экология *Gammarus lacustris* Sars (Crustacea: Amphipoda) в водоемах Забайкалья // Известия РАН. Сер. биологическая. № . 2. С. 188-196.
- Мезенова О.Я. 2023. Биопотенциал вторичного хитинсодержащего сырья и рациональные направления его использования // Известия КГТУ. № . 69. С. 74-88. DOI: 10.46845/1997-3071-2023-69-74-88.
- Подкорытова А.В., Строкова Н.Г., Семикова Н.В., Литвиненко А.И., Козлов О.В. 2010. Гаммарус – перспективный источник биологически активных веществ // Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. № 4. С. 60-63.
- Тахтеев В.В., Карнаухов Д.Ю., Говорухина Е.Б., Мишарин А.С. 2019. Суточные вертикальные миграции гидробионтов в прибрежной зоне оз. Байкал // Биология внутренних вод. № 2-1. С. 50-61. DOI: 10.1134/S0320965219020141.
- Толомеев А.П., Задерев Е.С., Дегерменджи А.Г. 2006. Тонкое стратифицированное распределение *Gammarus lacustris* Sars (Crustacea: Amphipoda) в пелагии меромиктического озера Шира (Россия, Хакасия) // Доклады Академии наук. Т. 411. № 4. С. 549-552.
- Френкель С.Э., Митителло А.В., Куцанов К.В., Герасимов А.Г., Разова Л.Ф. 2024. Методические подходы к расчету рекомендованного вылова гаммарид *Gammarus lacustris* (G.O. Sars, 1864) во внутренних водоемах // Рыбное хозяйство. № 6. С. 54-62. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-6-54-62.
- Burlakova L.E., Karataev A.Y., Mehler K., Hinckey E.K. 2023. Exploring Great Lakes benthoscapes: can we visually delineate hypoxic habitats? // Hydrobiologia. V. 850. P. 1331-1353. DOI: 10.1007/s10750-022-04821-z
- Harlioglu M.M., Farhadi A. 2018. Importance of *Gammarus* in aquaculture // Aquaculture International. V. 26. P. 1327-1338. DOI: 10.1007/s10499-018-0287-6
- Karataev A.Y., Mehler K., Burlakova L.E., Hinckey E.K., Warren G.J. 2018. Benthic video image analysis facilitates monitoring of *Dreissena* populations across spatial scales // Journal of Great Lakes Research. V. 44. Iss. 4. P. 629-638. DOI: 10.1016/j.jglr.2018.05.003
- REFERENCES**
- Index of animal species inhabiting Lake Baikal and its catchment area. 2001 / Timoshkin O.A. ed. Novosibirsk: Nauka. V. I: Lake Baikal. Book 1. 832 p. (In Russ.).*
- Beckman M.Yu. 1954. Biology of *Gammarus lacustris* of near Baikal water bodies // Proceedings of the Baikal Limnological Station. Vol. 14. P. 263-311. (In Russ.).
- Bizikov V.A., Peterfeld V.A., Chernook V.I., Kuznetsov N.V., Petrov E.A., Bobkov A.I., Tkachev V.V., Sidorov L.K., Boltnev E.A. 2021. Methodological recommendations for conducting a census of the Baikal seal (*Pusa sibirica*) offspring using unmanned aerial vehicles in the Baikal fishery basin. Moscow: VNIRO Publish. 56 p. (In Russ.).
- Dulenin A.A., Kudrevskiy O.A. 2019. The use of lightweight remote operated vehicle for marine coastal hydrobiological investigations // Bulletin of Kamchatka State Technical University. № 48. P. 6-17. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-48-6-17. (In Russ.).
- Zalota A.K., Udalov A.A., Chikina M.V., Kondar D.V., Lyubimov I.V., Lipukhin E.V., Anisimov I.M., Lesin A.V., Muravya V.O., Mishin A.V. 2024. First Findings of the Invasive Snow Crab *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius, 1788) (Decapoda, Oregoniidae) in the Eastern Kara Sea // Oceanology. V. 64. No. 3. P. 411-420. DOI: 10.1134/S0001437024700085.
- Zolotarev P.N. 2016. Biology and fishery of the Icelandic scallop *Chlamys islandica* in the Barents and White seas. Murmansk: PINRO Publish. 289 p. (In Russ.).
- Kutsanov K.V., Razova L.F., Gerasimov A.G., Brazhnikov E.V., Zaitseva Ya.A. 2024. Testing of various fishing gear when sampling gammarids during the ice period // AIC: Innovative Technologies. № 3(66). P. 32-43. DOI: 10.35524/2687-0436_2024_03_32. (In Russ.).
- Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Kutsanov K.V., Kozlov O.V. 2018. Interannual fluctuations in populations of invertebrates with a short life cycle in the continental waters of Western Siberia and problems with the early forecast of their catch // Fisheries. V. 19. № 2. P. 193-205. (In Russ.).
- Matafonov D.V. 2007. Ecology of *Gammarus lacustris* Sars (Crustacea: Amphipoda) in Transbaikalian water bodies // Biology bulletin. V. 34. № 2. P. 148-155. DOI: 10.1134/S1062359007020070.
- Mezenova O.Ya. 2023. Biopotential of secondary chitin-containing raw material and its rational uses // Izvestia KSTU. № . 69. P. 74-88. DOI: 10.46845/1997-3071-2023-6-74-88. (In Russ.).
- Podkorytova A.V., Strokova N.G., Semikova N.V., Litvinenko A.I., Kozlov O.V. 2010. Gammarus – a promising source of biologically active substances // Rybпром: technologies and equipment for processing aquatic bioresources. № . 4. P. 60-63. (In Russ.).
- Takhteev V.V., Karnaughov D.Y., Govorukhina E.B., Misharin A.S. 2019. Diel vertical migrations of hydrobionts in the coastal area of Lake Baikal // Inland Water Biology. V. 12. № 2. P. 178-189. DOI: 10.1134/S1995082919020147.
- Tolomeyev A.P., Zadereev E.S., Degermendzhay A.G. 2006. Fine stratified distribution of *Gammarus lacustris* Sars (Crustacea: Amphipoda) in the pelagic zone of the

Д.В. МАТАФОНОВ

ОПЫТ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЁТА GAMMARUS LACUSTRIS (CRUSTACEA: AMPHIPODA) В ПОДЛЁДНОМ СЛОЕ ОЗЕРА БЕЛОЕ МЕТОДОМ
ПОДВОДНОГО ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

- meromictic Lake Shira (Khakassia, Russia) // Doklady Biochemistry and Biophysics. V. 411. № 1. P. 346-348. DOI: 10.1134/S16076729060068.
- Frenkel S.E., Mititello A.V., Kutsanov K.V., Gerasimov A.G., Razova L.F. 2024. Methodological approaches to calculating the recommended catch of gammarids *Gammarus lacustris* (G.O. Sars, 1864) in inland waters // Fisheries. № 6. P. 54-62. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-6-54-62. (In Russ.).
- Burlakova L.E., Karataev A.Y., Mehler K., Hinckley E.K. 2023. Exploring Great Lakes benthoscapes: can we visually delineate hypoxic habitats? // Hydrobiologia. V. 850. P. 1331-1353. DOI: 10.1007/s10750-022-04821-z
- Harlioğlu M.M., Farhadi A. 2018. Importance of *Gammarus* in aquaculture // Aquaculture International. V. 26. P. 1327-1338. DOI: 10.1007/s10499-018-0287-6
- Karatayev A.Y., Mehler K., Burlakova L.E., Hinckley E.K., Warren G.J. 2018. Benthic video image analysis facilitates monitoring of *Dreissena* populations across spatial scales // Journal of Great Lakes Research. V. 44. Iss. 4. P. 629-638. DOI: 10.1016/j.jglr.2018.05.003

Поступила в редакцию 22.08.2025 г.
Принята после рецензий 25.09.2017 г.

УДК 582.273:581.6:639.29

Промысловые виды и их биология

Эксплуатация полей пластообразующих красных водорослей в морях России

Н.В. Евсеева

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

SPIN-код: Н.В. Евсеева – 7562-2385

Цель работы: рассмотреть историю интенсивного промысла и его влияние на состояние запасов красных пластообразующих водорослей для выработки оптимального режима современного промысла анфельции тобучинской зал. Измены.

Используемые методы: анализ проведён на основе литературных источников и полученной в 1989-2021 гг. информации по рекомендованным методикам рыбохозяйственных исследований.

Новизна: проанализирован массив данных по влиянию промысла на ресурсы красных пластообразующих водорослей, выявлена связь между добычей с «живого» пласта и деградацией полей, разработаны рекомендации по эксплуатации пласта анфельции зал. Измены о. Кунашир.

Результат: опыт эксплуатации ценопопуляций красных пластообразующих водорослей в СССР наглядно продемонстрировал, что разработка «живого» пласта неизбежно ведёт к последующей деградации запасов и разрушению его (пласта) структуры. Несмотря на то, что каждое поле проявляет разную устойчивость к воздействию, целесообразнее основывать промысел на регулярно образующихся предвыбросных скоплениях. Объём предвыбросов для всех пластообразующих водорослей значителен. Для сохранения промысловый значимости поля анфельции в зал. Измены предложено запретить промысел в центре основного пласта. При этом образующиеся в прибрежной зоне на глубинах до 2 м предвыбросные скопления можно изымать полностью.

Практическая значимость: разработаны рекомендации по рациональной эксплуатации ресурсов промысловой водоросли *Ahnfeltia fastigiata* var. *tobuchiensis* Сахалинской области.

Ключевые слова: *Furcellaria*, *Coccotylus*, *Phyllophora*, *Ahnfeltia*, запас, промысел.

Exploitation of bed-forming red algae fields in Russian seas

Nataliya V. Evseeva

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

The aim of the work: to consider the history of intensive fishing and its impact on the state of red bed-forming algae stocks in order to develop an optimal regime for modern fishing of *Ahnfeltia* in Izmena Bay.

Methods used: the analysis was based on literature sources and information obtained in 1989-2021 according to the recommended methods of fishery research.

Novelty: analyzed data on the impact of fishing on the resources of red bed-forming algae, revealed the relationship between extraction from the «live» bed and degradation of fields, developed recommendations for the exploitation of the *Ahnfeltia* bed in Izmena Bay, Kunashir Island.

Result: The experience of exploitation of red bed-forming algae cenopopulations in the USSR has clearly demonstrated that exploitation of a «living» bed inevitably leads to subsequent degradation of reserves and destruction of its (bed) structure. In spite of the fact that each field shows different resistance to impact, it is more reasonable to base fishing on regularly formed pre-discharge accumulations. The volume of pre-release accumulations for all bed-forming algae is significant. In order to preserve the commercial importance of the *Ahnfeltia* field in Izmena Bay, it is proposed to prohibit fishing for *Ahnfeltia* in the center of the main bed. At the same time, the pre-discharge accumulations formed in the coastal zone at depths up to 2 m can be removed completely.

Practical significance: developed recommendations for the rational use of resources of the commercial algae *Ahnfeltia fastigiata* var. *tobuchiensis* in the Sakhalin Region.

Keywords: *Furcellaria*, *Coccotylus*, *Phyllophora*, *Ahnfeltia*, stock, fishery.

ВВЕДЕНИЕ

В окраинных морях РФ неприкреплённые пластообразные скопления образуют четыре красные водоросли: фурцелярия червеобразная в Балтийском

море, филлофора ребристая и филлофора Броди в Чёрном море и анфельция тобучинская в Японском и Охотском морях.

Все красные неприкреплённые водоросли, образующие пласт, имеют ряд общих биологических ха-

рактеристик. У них отсутствуют органы прикрепления и полового размножения, для них свойственно исключительно вегетативное размножение путём деления талломов на фрагменты при росте [Киреева, 1964].

Эти пласти разрабатывались ещё в СССР в разное время для выработки агара и каррагинанов [Каминер, 1977; Медведева и др., 1989; Суховеева, Подкорытова, 2006]. Усиленная эксплуатация по-разному сказалась на состоянии ресурсов. Целью данной работы было проанализировать историю интенсивного промысла и его влияние на состояние запасов красных пластообразующих водорослей для выработки оптимального режима современного промысла анфельции тобучинской.

Филлофора

В прибрежных зонах Чёрного моря к массовым видам красных водорослей относится филлофора, включающая два широко распространённых вида – это *Coccotylus brodiei* (Turner) Kützing, 1843 (= *Coccotylus truncatus* (Pallas) M.J. Wynne et J.N. Heine, 1992) и *Phyllophora crispa* (Hudson) P.S. Dixon, 1964. *C. brodiei* и *P. crispa* встречаются в прибрежье европейских и близневосточных участков Атлантического бассейна [Milchakova, 2011]. Неприкреплённая филлофора обитает только в Чёрном море в пределах филлофорного поля Зернова и нескольких участков малого филлофорного поля в прибрежье Крыма [Блинова, 2007; Миничева и др., 2009]. В условиях поля произрастает также *Ph. pseudoceranoides* (S.G. Gmelin) Newroth et A.R.A. Taylor ex P.S. Dixon et L.M. Irvine, 1977 [Калугина-Гутник 1975], но она не является массовым видом. *P. crispa* и *C. truncatus* являются доминантами и одновременно средообразующими видами.

Филлофорное поле, обнаруженное и описанное С.А. Зерновым, в 1909 г. занимало северо-западную часть Чёрного моря к северу от линии Севастополь-Дунай с площадью 80x40 миль на глубине 15-30 сажень. Зернов назвал его «филлофорным морем» по аналогии с саргассовым морем. Причём на некоторых станциях филлофора была прикреплена к створкам мидий, на некоторых – свободна. По морфологии филлофора в центре поля отличалась от прикреплённой прибрежной [Зернов, 1909]. Первоначальный запас неприкреплённой филлофоры был определён в 10 млн т [Киреева, 1964].

В 1925-1926 гг. Н.В. Морозова-Водяницкая [1948] провела дополнительные исследования и установила, что вся филлофора на поле является неприкреплённой. Ею же было описано малое филлофорное поле в Каркинитском заливе восточнее Бакальской косы на глубинах 2-4 м.

Филлофора на филлофорном поле Зернова (ФПЗ) располагается не сплошным покровом, а полосами с запада на восток. Расположение ФПЗ в северо-западной части определяется наличием антициклонического круговорота, стоком крупных рек, выносящих массу органики, характеризуется пологим и ровным рельефом дна, большими глубинами (от 20 до 50 м), песчаным, илисто-песчаным и песчано-илистым ракушечником, сильными придонными течениями и своеобразным физико-химическим составом водных масс [Каминер, 1981]. Кроме особенностей рельефа, формированию фитоценоза филлофоры способствовало устойчивое круговое циклоническое течение северо-западного шельфа Чёрного моря [Леонов, 1960].

Черноморскую *P. crispa* (= *P. nervosa*) добывали в период с 1930 по 1991 гг. Ежегодный объём добывчи филлофоры Одесским агаровым заводом достигал 15-17 тыс. т [Состояние биологических ..., 1995], по другим данным до 20 тыс. т [Зайцев, Поликарпов, 2002], что составляло около 0,2% от общей биомассы водорослей. Промысел водорослей осуществлялся на участках скоплений их наибольшей массы – в жёлобе сноса, где происходит концентрация водорослей со всего поля. Снижение плотности филлофоры на поле Зернова привело и к уменьшению пополнения водорослями в жёлобе сноса.

В 1954 г. запас на поле составлял уже 4 млн т общей площадью 3300 км² [Щапова, 1954]. Запас филлофоры сокращался стремительно [Мильчакова и др., 2013] (рис. 1).

В 70-х годах в связи с процессом интенсивного эвтрофирования северо-западной части Чёрного моря сырьевой и биологический потенциал филлофоры был существенно подорван. К концу 80-х годов её запас в северо-западной части снизился на три порядка величин, и стала очевидна нерентабельность её добычи в качестве промышленного сырья [Миничева и др., 2009]. В 1992 г. общий запас филлофоры на поле Зернова определён в 300 тыс. т, в т. ч. в жёлобе сноса – 120 тыс. т. Допустимый объём изъятия в 1993 г. составлял 12 тыс. т. [Состояние биологических ..., 1995].

К 2000 г. на филлофорном поле Зернова оставалось ≈ 6 тыс. тонн филлофоры [Промысловые биоресурсы ..., 2011]. В середине 2000-х отмечены первые симптомы восстановления филлофорного поля Зернова. Вероятно, их можно связать как с прекращением промысла, так и с периодами похолодания и увеличения прозрачности морской воды. В 2012 г. проведённые комплексные исследования позволили оценить современное экологическое состояние филлофорного поля Зернова как удовлетворительное [Берлинский и др., 2014].

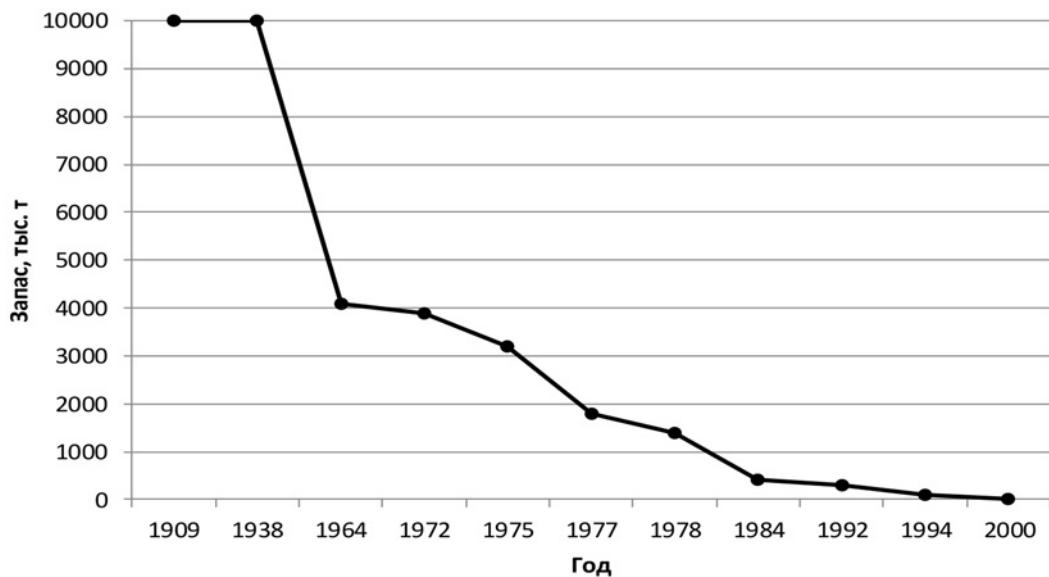


Рис. 1. Запас водорослей филлофорного поля Зернова в 1909-2000 гг. [по: Мильчакова, 2001; Каминер, 1981; Состояние биологических ресурсов, 1995]

Fig. 1. Algae stock of the Zernov's Phyllophora field in 1909-2000 [from: Milchakova, 2001; Kaminer, 1981; State of biological resources, 1995]

Основная причина деградации филлофорного поля Зернова связана со снижением прозрачности воды, дополненной интенсивным промыслом. Такой вывод следует, в частности, из того, что так называемое малое филлофорное поле, расположенное по соседству на северо-западном шельфе, но на глубинах 8-12 м, продолжает развиваться практически в прежнем режиме, сохранив не только биомассу водорослей, но и большую часть специфической «фауны филлофоры», которая на поле Зернова исчезла уже в начале 1980-х гг. [Зайцев, Поликарпов, 2002].

Малое филлофорное поле (МФП) площадью около 300-400 км² расположено в мелководной (кутовой) части Каркинитского залива Чёрного моря к востоку от Бакальской косы и Бакальской банки. МФП имеет ряд отличительных особенностей, связанных с его прибрежным положением. Следует также отметить, что район МФП отличается большой прозрачностью воды и практически не подвержен явлению гипоксии. Ключевым видом сообщества МФП является пластообразующая красная водоросль филлофора ребристая (*P. crista*), состояние которой в последние годы является относительно стабильным. По этой причине биоценоз здесь практически полностью сохранился.

В связи со снижением биогенных веществ в стоках рек процесс восстановления прибрежных сообществ филлофоры МФП находится на более высокой стадии по сравнению с шельфовыми сообществами ФПЗ. В настоящее время биомасса филлофоры малого

поля восстановилась до уровня 70-х годов прошлого века [Миничева и др., 2009].

Относительно происхождения филлофорного поля (как и всех полей неприкреплённых водорослей) есть несколько мнений [Мейер, 1937; Морозова-Водяницкая, 1948; Щапова, 1954; Калугина-Гутник, 1975; Максимова, Кучерук, 1993]. На наш взгляд следует согласиться с О.В. Максимовой, что изначально источником формирования пласта могли быть только прибрежные заросли. Т.Ф. Щапова предположила, что ФПЗ существует достаточно давно, но в настоящее время устойчивой связи между прибрежными зарослями и полем нет. Вполне вероятно пополнение поля может осуществляться с окраин пласта от прикреплённых к моллюскам слоевищ. В отличие от Т.Ф. Щаповой, О.В. Максимова и Н.В. Кучерук считают, что пополнение поля от прибрежных зарослей проходит регулярно, т. к. существование «гигантского генетически однородного клона» длительный период нереально. Мы допускаем, что пополнение все-таки происходит, поскольку отрыв прикреплённой филлофоры возможен, а существующая система течений неизбежно принесёт её в сторону ФПЗ. Однако существование генетически изолированных ценопопуляций возможно, что мы наблюдаем на Дальнем Востоке в виде изолированных полей анфельции тобучинской. Фурцелярия и филлофора встречаются в местах образования пласта (и на близлежащих участках) как в прикреплённом, так и в неприкреплённом виде [Каминер, 1981; Киреева, 1964]. Тогда как анфельция тобучинская на Дальнем

востоке обитает в таких районах, где и *A. plicata*, к которой раньше относили анфельцию тобучинскую, и *A. fastigiata*, подвидом которой она является сейчас, не образуют никаких значимых поселений.

Фурцелярия

В 1960 г. М. С. Киреева [1964] обнаружила в Балтийском море между островами Хийумаа и Сааремаа скопление неприкреплённой фурцелярии *Furcellaria lumbricalis* (Hudson) J.V. Lamouroux, 1813. Общий запас ориентировочно составлял 157 тыс. т на площади 223 км². При этом близлежащее прибрежье Эстонии, Латвии и Литвы обладает значительными запасами прикреплённой фурцелярии, обитающей на глубинах до 20 м – около 90 тыс. т [Киреева, 1965]. Штормовые выбросы прикреплённой фурцелярии ежегодно превышают 12 тыс. т [Блинова, 2007].

В пласте неприкреплённой фурцелярии также обитает неприкреплённая филлофора *Coccotylus brodiei* (Turner) Kützing, 1843 [Киреева, 1964], причём в центре пласта доминирует фурцелярия, на периферии появляется значительное количество филлофоры, часто даже филлофора преобладает. Фурцелярия и филлофора в пласте имеют все признаки неприкреплённых пластовых водорослей: у них отсутствуют органы прикрепления и полового размножения, талломы нитчатые, более вытянутые.

Открытой позже всех неприкреплённой фурцелярии повезло более других. Её эксплуатацию (учитывая печальный опыт филлофорного поля) вели в щадящем режиме с постоянным мониторингом ресурсов. Годовой объём вылова варьировал от 800 до 1000 т, что не превышало 0,5-0,6% запаса.

В течение 1980-1990 гг. наблюдалось снижение как общего запаса, так и площадей зарослей, что было связано с чрезмерным ростом нитевидной буровой водоросли *Pylaiella littoralis* (L.) Kjellman, 1872 [Martin et al., 1996]. С 2011 года запасы *F. lumbricalis* в Эстонии остаются стабильными. В 2017 г. общая биомасса сообщества составила 179 тыс. т. Пласт занимал площадь 170 км², среднее проективное покрытие 78% и средняя толщина пласта 6 см.

В настоящее время запас фурцелярии составляет 200 тыс. т, а рекомендованный вылов около 1% (2 тыс. т)¹. Соотношение водорослей в настоящее время следующее: *F. lumbricalis* 60-73% и *C. brodiei* 13-25% [Weinberger et al., 2020].

Промысел неприкреплённой фурцелярии в заливе Кассари был начат в 1966 году. Чтобы обеспечить экологически устойчивое и долговечное использо-

вание уникального сообщества красных водорослей, его экологическое состояние регулярно контролировалось, и были введены официальные правила сбора урожая с момента начала его коммерческой эксплуатации [Martin et al., 2006]. В настоящее время промысел ограничен 2000 т сырой массы в год. Кроме того, береговые выбросы как неприкреплённых, так и прикреплённых слоевищ *F. lumbricalis* собирают для производства каррагинанов. Ежегодные объёмы выбросов оцениваются примерно в 4800 тонн сырой массы в год, т. е. 4% основного запаса [Kersen, 2013].

Анфельция

Анфельция тобучинская *Ahnfeltia fastigiata* var. *tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Skriptsova et Zhigadlova, 2022 (= *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Makienko, 1970) – единственный промысловый вид красных водорослей на Дальнем Востоке России, где она является эндемиком [Макиенко, 1980]. Ареал охватывает залив Петра Великого (Японское море), южную часть Сахалина (лагуна Буссе) и южные Курильские острова (зал. Измены, о. Кунашир). Все три ценопопуляции анфельции являются изолированными. В зал. Петра Великого расположено 7 локальных полей анфельции [Кулепанов и др., 1999; Жильцова и др., 2006] разного объёма, имеющих общее происхождение [Никифоров, Кулепанов, 1996].

Промысел анфельции начался: в лаг. Буссе с 1916 г., в зал. Измены с 1937 г., в зал. Петра Великого с 1934 г. [Гайл, 1936] и проводили его с июля по август при помощи закидных неводов или гребешковых драг.

В зал. Петра Великого наиболее активный вылов осуществлялся в 40-60 годы XX века [Ресурсы..., 2020]. В 1964 г. интенсивный промысел (свыше 16 тыс. т.) на локальном скоплении в б. Ильмовой привёл к подрыву ресурсов. С 1959 г. там добывали весь объём рекомендованной анфельции, уже к 1964 г. поле потеряло свою промысловую значимость и до сих пор запас не восстановился. Кроме промысла существует медленный естественный процесс сокращения полей анфельции [Сарочан, 1962]. В настоящее время рекомендуемый вылов в подзоне Приморье распределяют по имеющим промысловое значение полям пролива Старка, бухт Перевозная, Баклан, Троицы. Основная доля приходится на поле пролива Старка [Состояние..., 2022].

В Сахалинской области обитает две ценопопуляции анфельции тобучинской: в южной части о. Сахалин в лагуне Буссе и в южной части о. Кунашир в зал. Измены. Поле анфельции в лагуне Буссе было открыто раньше всех остальных ценопопуляций. Видовое

¹ <https://estagar.ee/>

название водоросль получила по имени японского названия лагуны Тобучи-ко [Kanno, Matsubara, 1932]. В зал. Измены (о. Кунашир, южные Курильские острова) анфельция была обнаружена в 1934 г. [Kanno, Matsubara, 1936].

В лагуне Буссе общий запас водоросли в 1916 г. составлял около 100 тыс. т. Поле анфельции тогда занимало 2500 га (58% общей площади лагуны). Средняя мощность залегания насчитывала 40 т на 1 га (4 кг/м²). Промысел проводился в северо-западной, юго-восточной и восточной частях лагуны. Вылов анфельции до 1933 г. не лимитировался и колебался от 9 до 14,5 тыс. т, что превышало среднегодовой приток (около 6 тыс. т). При такой эксплуатации к 1927 г. общая биомасса сократилась до 70 тыс. т. После 10 лет эксплуатации на берегах появились штормовые выбросы.

Запасы анфельции продолжали снижаться, составив 37 тыс. т в 1937 г., и величину возможного вылова уменьшили в 2 раза (до 4,5 тыс. т в год). Фактический вылов, как и прежде, превышал рекомендуемый и изменялся от 5 до 9,7 тыс. т в год. К концу японского промысла (1943 г.) запас анфельции в лаг. Буссе составил уже 19 тыс. т. За 53 года непрерывного промысла было добыто 209,2 тыс. т анфельции в сыром весе [Балконская, Чумаков, 2001].

Отечественный промысел начался в 1946 г. Запас водорослей в это время составлял 27,8 тыс. тонн. В лагуне имелось три участка с промысловым пластом анфельции. Основное поле находилось в юго-восточной и восточной частях лагуны (от пос. Берегового до р. Вишера), ещё два небольших участка располагались в северной и северо-западной частях лагуны. Площадь скоплений составляла около 7 км². Мощность залегания анфельции 21,3 т на 1 га (около 2 кг/м²).

В 1949 г. была введена шестипольная система промысла. Вся лагуна была разделена на шесть промысловых участков, каждый из которых облавливался раз в шесть лет. На протяжении 16 лет объём возможного изъятия равнялся 2 тыс. т анфельции в сыром весе в год. К сожалению, в 1963 г. из-за значительного перелова (до 203,7% освоения в 1954 г.) северный и северо-западный участки потеряли свою промысловую значимость.

С 1963 г. шестипольная система промысла была заменена на трёхпольную, и весь промысел был перенесён на основное поле, расположенное в юго-восточной и восточной частях лагуны. Рекомендованный объём вылова увеличился до 2,4 тыс. т, что составляло 13-15% от запаса этого поля. Добывалось анфельции больше, чем могли переработать. Уже к 1970 г. биомасса

анфельции в лагуне сократилась до 10 тыс. т [Балконская, Евсеева, 2003]. Целостность основного продуктивного пласта была нарушена, и он представлял отдельные скопления анфельции. С 1971 г. из-за уменьшения запасов водоросли и ее биомассы до уровня низких промысловых (а местами и непромысловых) показателей и наличия большой прерывистости на поле был введён запрет на добычу анфельции. На момент запрета общий запас составлял порядка 1,2 тыс. т, площадь скоплений – 5,12 км², средняя удельная биомасса – 0,24 кг/м², средняя высота пласта – 8,56 см, степень проективного покрытия – 75,5%.

После продолжительного запрета, в 1999 г. было отмечено увеличение высоты пласта и удельной биомассы, стабилизация площади поля. Площадь полей анфельции составляла 9,9 км², величина запаса – 30,6 тыс. т, средняя удельная биомасса – 4,35 кг/м², средняя высота пласта – 7,64 см, степень проективного покрытия – 87,8% в среднем [Балконская, Чумаков, 2001]. В 2006 г. наблюдалось наибольшее значение общего запаса анфельции в лагуне за последние годы.

Однако, в 2021 г., несмотря на отсутствие промысла, состояние полей вновь признано депрессивным [Ресурсы промысловых ..., 2025]. С учётом локальных временных участков площадь поля анфельции насчитывала 4,03 км², а общий запас всего 9,1 тыс. т.

Несмотря на рост запасов с начала 2000-х годов выявлено направление на снижение, как запаса, так и общей площади полей в лагуне (рис. 2). Среди возможных причин ухудшения состояния поля анфельции: изменение гидрохимического и гидрологического режимов в лагуне, постепенное заиление, интенсивный промысел с превышением критической массы и последующая деградация ценопопуляции.

Введение в 1970 г. запрета на промысел в лагуне Буссе активизировало промысел в зал. Измены. К сожалению, данных об объёмах добычи японскими рыбаками и исходных параметров этого пласта за период до 1964 г. (первого обследования СахНИРО) не сохранилось.

Уже в 1974 г. впервые после начала промысла было отмечено снижение запасов, причём весьма значительное, с 114,0 тыс. т (в 1966 г.) до 50,8 тыс. т. В 1975 г. наблюдалось снижение всех основных характеристик поля – высоты пласта, биомассы, общего запаса [Сарочан, Андреева, 1974]. Пласт стал рыхлым, подвижным. С 1971 г. стали наблюдаться крупные береговые выбросы. В 1980 г. в центре пласта наблюдалась прерывистость, проективное покрытие дна было менее 100%. К 1980 г. интенсивный промысел, кото-

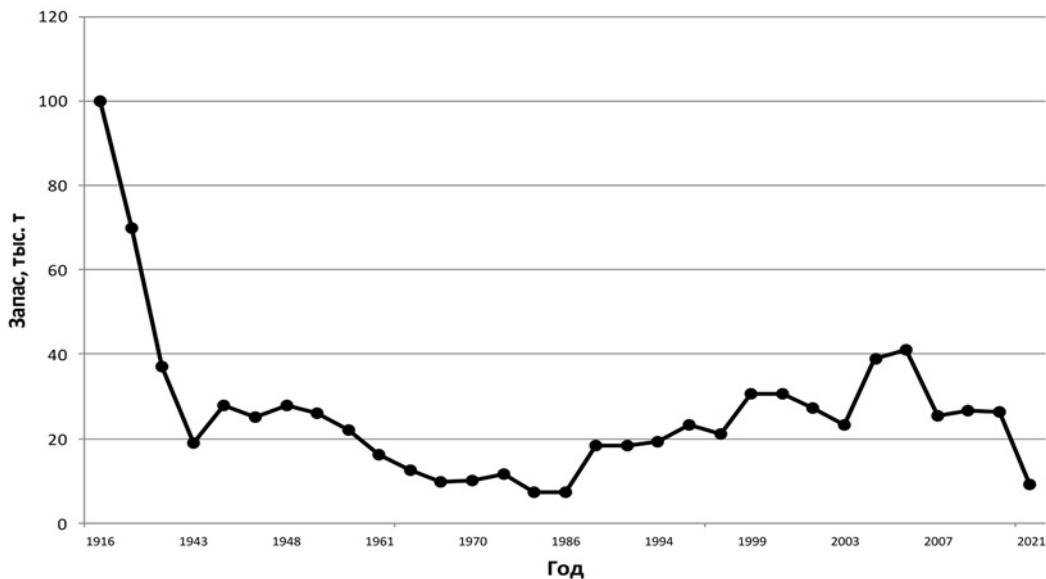


Рис. 2. Запас анфельции тобучинской в лагуне Буссе в 1916-2021 гг.

Fig. 2. Stock of Ahnfeltia in Busse Lagoon in 1916-2021

рый часто вёлся с превышением выделенной квоты и нарушением границ участков, использование несовершенного орудия лова привели к дальнейшему снижению запасов анфельции в заливе до 49,6 тыс. т [Андреева, 1981].

С 1984 по 1987 гг. наблюдался рост запасов, связанный с включением в промысловые ресурсы прибрежного участка (с 97,6 до 155,0 тыс. т, соответственно). Однако после 1990 г. вновь начался процесс уменьшения ресурсов (рис. 3), вплоть до 1994 г. (с 120

до 92,8 тыс. т), то есть фактически до окончания активного промысла [Евсеева, Саматова, 1997].

На основании многолетних исследований выяснено, что оптимальной для залива является величина площади поля анфельции, ограниченная значениями 30-33 км². За период с 1989 по 2007 гг. самая низкая величина общей биомассы (запаса) наблюдалась в 1993 г. и составляла 80 тыс. т. С отсутствием промысла общий запас анфельции в заливе постепенно увеличивался.

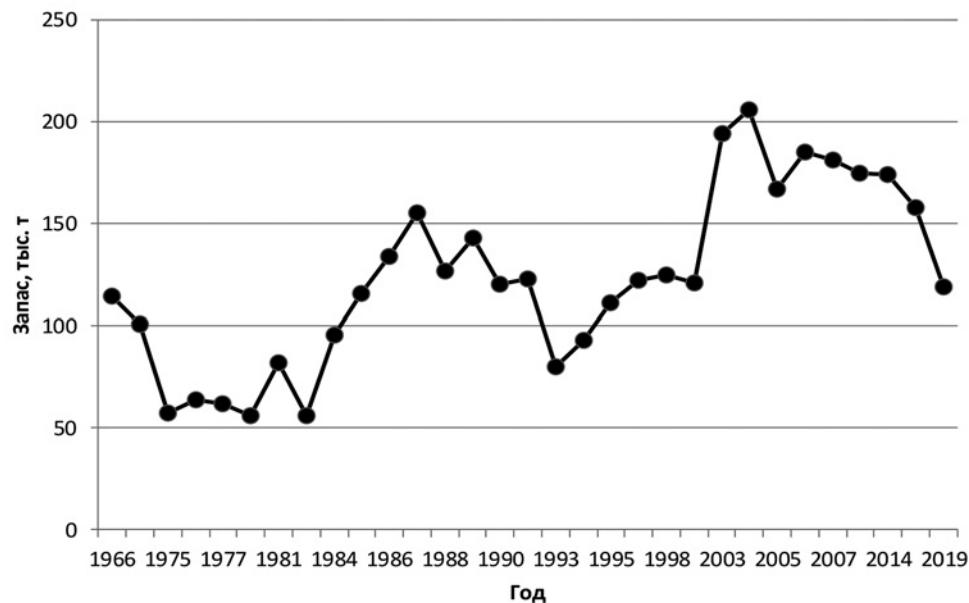


Рис. 3. Запас анфельции тобучинской в зал. Измены (о. Кунашир)

Fig. 3. Stock of Ahnfeltia in Izmena Bay (Kunashir Island)

Несмотря на отсутствие промысла, с 2014 г. наблюдается постепенное снижение параметров пласта [Евсеева, 2024]. В 2019 г. выявлено дальнейшее ухудшение общего состояния поля [Евсеева и др., 2024], все промысловые показатели снизились. Вероятной причиной ухудшения состояния пласта можно считать

промысел 2017-2019 гг. на фоне естественного снижения запаса (рис. 4).

Результаты позволяют предположить, что цено-популяция анфельции находится в депрессивном состоянии. Отмечено снижение всех параметров пласта: средней высоты пласта до 10,8 см, средней

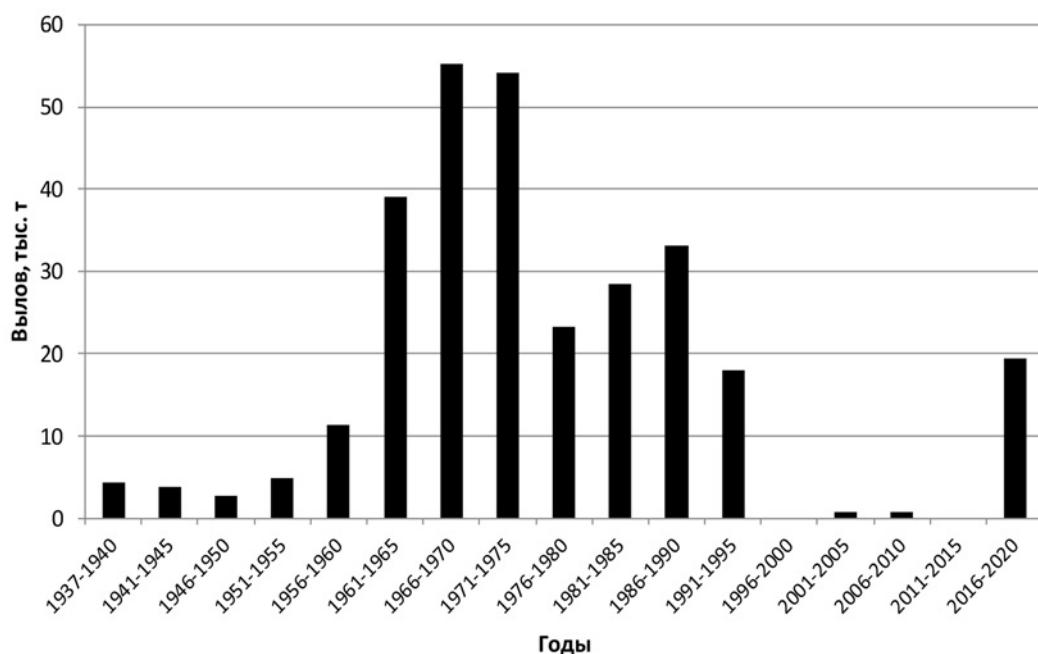


Рис. 4. Добыча анфельции тобучинской в зал. Измены по пятилеткам
Fig. 4. Harvesting of *Anfeltia* in Izmena Bay by five-year periods

биомассы – до 4,4 кг/м², площадь поля сократилась до 26,5 км², а запаса до 119 тыс. т [Евсеева, 2024].

Отрыв частей от основного пласта анфельции и выброс их на берег на зрелом высокопродуктивном поле является естественным процессом [Титлянов и др., 1993]. Благодаря умеренным выбросам анфельции поле обновляется, толщина пласта уменьшается и увеличивается его продуктивность [Новожилов, 1989]. Участки с повышенной высотой пласта традиционно отмечаются в районе м. Палтусов, у оз. Весловское и в зоне антициклонического круговорота (рис. 5). Их распределение определяется исключительно динамикой течений в заливе – основное скопление приурочено к антициклоническому круговороту. Границы могут незначительно меняться. Благодаря гидродинамическому режиму залива эти участки пополняют зоны безвозвратного сноса и предвыбросных скоплений.

Объём штормовых выбросов анфельции в зал. Измены при активном промысле ежегодно в среднем составлял около 6-12 тыс. т. Максимальное количе-

ство выброшенной на берег анфельции было отмечено в 1983 г. – 20,6 тыс. т [Евсеева, 2014]. В последние годы объём ежегодных береговых выбросов не превышает 1 тыс. т. Регулярность и объём образования предвыбросных скоплений позволяет на их основе организовать стабильный промысел, не затрагивая производственной зоны основного поля.

Неприкреплённый пласт анфельции сформировался достаточно давно и в настоящее время никакой связи с прикреплённой не имеет. Как в зал. Петра Великого, так и в лаг. Буссе и зал. Измены анфельции (*A. plicata*, *A. fastigiata*) не формируют значимых поселений в прибрежной зоне. Пласти анфельции тобучинской являются самостоятельными биоценозами и изолированы друг от друга. Прирост биомассы и восстановление происходит только за счет внутренних резервов. Все это накладывает определённое отношение к эксплуатации её полей.

Таким образом, в настоящее время на Дальнем Востоке России промысловое значение с достаточным объёмом запасов имеют поля в проливе Старка,

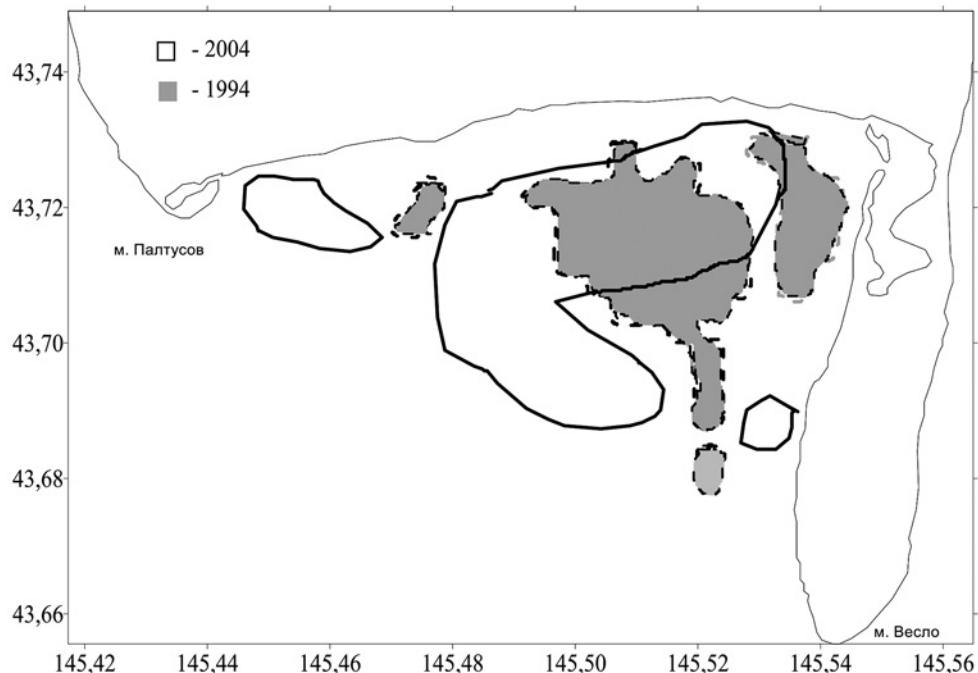


Рис. 5. Участки повышенной высоты пласта анфельции в зал. Измены в 1994 и 2004 гг.
Fig. 5. Areas of increased height of the Ahnfeltia in Izmena Bay in 1994 and 2004

в б. Перевозная – траверз горы Столовая, в б. Баклан и в зал. Измены [Состояние промысловых ..., 2022].

Для сохранения уникальных ресурсов анфельции тобучинской в зал. Измены и продления их промысловой значимости предлагаем взять за основу подход, применяемый в ТИНРО-центре как оптимальный и сохраняющий ресурсы в течение длительного времени [Жильцова и др., 2006]. В Приморье с 1995 г. рекомендуются к облову только предвыбросные зоны полей анфельции. Причём эксплуатировать их можно в течение всего года до полного освобождения дна от водорослей. Ограничение промысла только зонами предвыбросов позволяет избежать потери сырья при штормах и не нарушать структуру основного поля [Евсеева и др., 2024].

Общий допустимый улов в подзоне Приморья при этом определяется количеством биомассы анфельции, однократно накапливаемой в предвыбросных зонах. Это составляет 1-6 % от общего запаса и позволяет характеризовать не максимально возможный, а стабильный промысел.

В сложившихся условиях состояния полей анфельции и промысла необходимо: вести лов анфельции только в предвыбросных зонах полей; строго соблюдать сроки и районы промысла; при использовании на промысле драги вести продольно-поперечные протяжки [Жильцова и др., 2006].

Для зал. Измены ранее были определены основные принципы организации рационального промысл

ла анфельции [Новожилов, 1989; Титлянов и др., 1993; Евсеева, 2014], которые рекомендовались к применению при добыче с учётом истории промысла и динамики характеристик пласта [Евсеева, 2006, 2014]. В частности, объём возможного вылова анфельции должен определяться из расчёта 10 % от промысловых запасов. Ежегодно перед началом промысла необходимо проведение обследования поля с целью определения объёма и расположения участков предвыбросных скоплений. Именно их следует изымать в первую очередь. В прибрежной зоне на глубинах 1-3 м и местах безвозвратного сноса анфельцио можно добывать полностью. Также необходимо регулярно очищать берега от накопившихся береговых выбросов. Добычу водорослей необходимо завершить до периода осенних штормов.

При проведении промысла также необходимо строго придерживаться схемы расположения и очередности облова участков добычи на основании полученных в ходе проведения учётной съёмки рекомендаций. Добыча анфельции в производственной зоне с образованием значительных горизонтальных разрывов ведёт к разрыхлению и даже к разрыву пласта, в результате чего, происходят большие штормовые потери поля. Опыт промысла на всех основных пластиах анфельции тобучинской подтверждает, что активное изъятие в пределах основного поля рано или поздно приводит к его деградации и истощению ресурсов.

Разработанные правила эксплуатации, к сожалению, не соблюдаются, что наглядно продемонстрировал промысел 2017-2019 гг. Особенно в части регулярного проведения мониторинговых работ до начала промысла и очерёдности облова разных зон поля.

Ухудшение состояния пласта заставляет менять меры эксплуатации запаса на основе щадящих подходов. С учётом схемы течений в заливе, многолетнего мониторинга запасов, распределения предвыбросных скоплений и анализа промысла, мы предлагаем в зал.

Измены:

1. Ограничить район запрета промысла анфельции квадратом (рис. 6) с координатами $43^{\circ}43'41,9'' - 145^{\circ}28'31,8''$

$43^{\circ}43'46,1'' - 145^{\circ}32'16,8''$

$43^{\circ}41'29,1'' - 145^{\circ}32'13,8''$

$43^{\circ}41'28,9'' - 145^{\circ}28'41,6''$

2. Добычу анфельции возможно вести за пределами квадрата: к западу от р. Сенной, в прибрежной полосе, примыкающей к устью оз. Весловское и с юга в мористой части у п-ва Весловский.

3. В прибрежье п-ва Весловский восточнее ограничительной черты предвыбросные скопления можно изымать полностью. В прибрежной зоне северного побережья на глубинах менее 2 м анфельцию нужно выбирать полностью. Южнее нижней ограничительной черты и западнее р. Сенной к вылову предлагается 10% от запаса.

4. Объём предвыбросных скоплений на мелководье у оз. Весловское ориентированно составляет от 1 до 4 тыс. т ежегодно. На основании данных съёмки 2019 г. этот объём определён в 1600 т. С учётом западного фрагмента поля и южной части пласта рекомендованный вылов может превысить 3 тыс. т. Регулярный мониторинг с выделением вероятных предвыбросных скоплений и микрополей позволит увеличить рекомендованный вылов при условии удовлетворительного состояния основного поля.

В лагуне Буссе в 2021 г., несмотря на отсутствие промысла, выявлено снижение, как запаса, так и общей площади полей в лагуне. Состояние пласта вновь признано депрессивным. Учитывая историю разработки и динамику пласта, можно предположить, что через длительный период снижения запаса пласт вполне может вновь начать постепенно его наращивать. Однако вполне возможно ускорить этот процесс, учитывая наработки предыдущих лет. Здравой мыслью видится предложенная в 1960-1970-е гг. расчистка проток лагуны. Также реальна попытка искусственного воспроизводства водоросли в аквариумах с дальнейшей подсадкой в лагуну. Однако оба варианта имеют свои особенности. Расчистка проток в лагуне должна обязательно сопровождаться тщательным исследованием всех компонентов экосистемы. Второе техническое решение является очень затратным и может быть применено при условии значительных финансовых вливаний.



Рис. 6. Район запрета на промысел анфельции тобучинской в зал. Измены

Fig. 6. The area of prohibition on Ahnfeltia fishing in Izmena Bay

Для сохранения остатков пласта анфельции в лагуне Буссе предлагается в юго-восточной части лагуны, где располагается продукционное поле анфельции, запретить установку донных марикультурных порядков в пределах следующих географических координат (рис. 7):

1. $46^{\circ}31'67''$ с.ш.; $143^{\circ}22'27''$ в. д.
2. $46^{\circ}31'66''$ с.ш.; $143^{\circ}20'57''$ в. д.
3. $46^{\circ}30'51''$ с.ш.; $143^{\circ}19'92''$ в. д.
4. $46^{\circ}30'36''$ с.ш.; $143^{\circ}21'70''$ в. д.

Важнейший вывод, основанный на анализе истории промысла, современного состояния ресурсов, ценотической роли в экосистеме, а также с учётом статуса ООПТ лаг. Буссе, то, что промысел анфельции в лагуне осуществляться не должен [Ресурсы промысловых ..., 2025].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, опыт эксплуатации ценопопуляций красных пластообразующих водорослей ещё

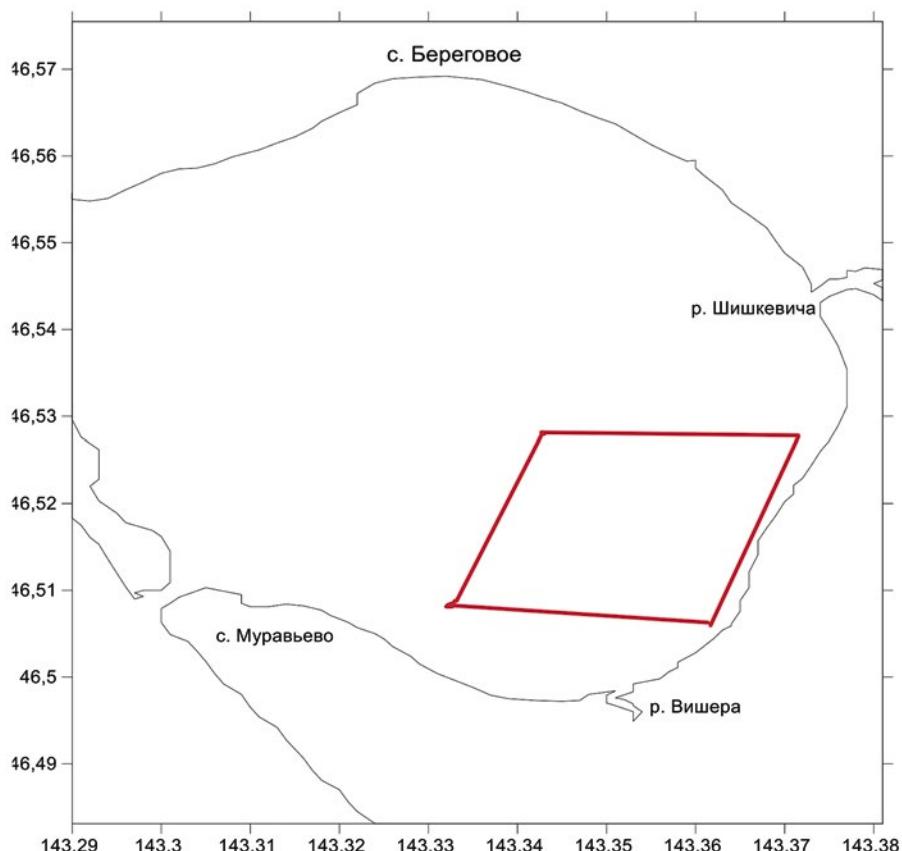


Рис. 7. Район ограничения постановок донных порядков в лагуне Буссе

Fig. 7. Bottom order restriction area in Busse Lagoon

в СССР наглядно продемонстрировал, что разработка «живого» пласта неизбежно ведёт к его последующей деградации и разрушению структуры. Несмотря на то, что каждое поле проявляет разную устойчивость к воздействию, основанную на комплексе условий среды и пополнения, целесообразнее основывать промысел на регулярно образующихся предвыбросных скоплениях. Объём предвыбросов для всех пластообразующих водорослей значителен и вполне может обеспечить стабильное производство. Используя подход, применяемый в Приморье

много лет и доказавший эффективность, разработана схема ведения промысла анфельции тобучинской в зал. Измены. На основании этого подхода предполагается добыча предвыбросных скоплений, не затрагивая разработку продуктивной части пласта анфельции.

Благодарности

Автор выражает благодарность всем сотрудникам СахНИРО, принимавшим участие в полевых исследованиях анфельции лагуны Буссе и зал. Измены.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа проведена в рамках бюджетного финансирования ВНИРО.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреева М.Т. 1981. Динамика запасов и состояние зарослей анфельции в заливе Измены // Промысловое водоросли и их использование. М.: ВНИРО. С. 59-63.
- Балконская Л.А., Евсеева Н.В. 2003. Состояние ресурсов анфельции тобучинской в Сахалинской области // Ботанические исследования в азиатской части России. Мат. XI съезда Русск. Ботан. Общ-ва (18-22 августа 2003 г., Новосибирск-Барнаул). Т. 1. Барнаул. С. 78-79.
- Балконская Л.А., Чумаков А.А. 2001. О восстановлении ресурсов *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsub.) Makijenko лагуны Буссе (юго-западная часть Охотского моря) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Сб. мат. II науч. конф. Петропавловск-Камчатский: Камчат. С. 222-223.
- Берлинский Н.А., Деньга Ю.М., Матвеев А.В., Подуст О.С., Попов Ю.И., Третьяк И.П. 2014. Влияние изменчивости условий морской среды на динамику филлофорного поля Зернова // Вестник ОНУ. Сер.: Географ. и геолог. наук. Т. 19, вып. 2. С. 40-57.
- Блинова Е.И. 2007. Водоросли-макрофиты и травы морей европейской части России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура). М.: Изд-во ВНИРО. 114 с.
- Гайл Г.И. 1936. Анфельция в заливе Петра Великого // Вестник ДВ филиала АН СССР. № 20. С. 115-124.
- Евсеева Н.В. 2006. Состояние ресурсов *Ahnfeltia tobuchiensis* (*Ahnfeltiaceae*) в заливе Измены (о-в Кунашир) // Раствительные ресурсы. Т. 42, № 1. С. 66-75.
- Евсеева Н.В. 2014. Динамика состояния ценопопуляции анфельции тобучинской *Ahnfeltia tobuchiensis* (*Ahnfeltiaceae*) в заливе Измены острова Кунашир (южные Курильские острова) // Раствительные ресурсы. Т. 50, № 4. С. 513-525.
- Евсеева Н.В. 2024. Состояние пласта анфельции тобучинской и видовой состав макрофитов в заливе Измены о. Кунашир (южные Курильские острова) // Труды ВНИРО. Т. 196. С. 63-73.
- Евсеева Н.В., Саматова И.Н. 1997. Динамика параметров пласта *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Mak. в заливе Измены (о. Кунашир) // Раствительные ресурсы. Т. 33, № 1. С. 112-116.
- Евсеева Н.В., Матюшкин В.Б., Березина М.О., Мельник Р.А., Левицкий А.Л., Власов Д.О., Саенко Е.М., Жильцова Л.В., Белый М.Н., Дуленин А.А., Прохорова Н.Ю., Сологуб Д.О., Ботнев Д.А. 2024. Состояние ресурсов и промысел водорослей и морских трав в морях России в 2000-2020 гг // Труды ВНИРО. Т. 195. С. 232-248.
- Жильцова Л.В., Дзизюров В.Д., Галак И.И. 2006. Современное состояние промысла анфельции тобучинской *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Mak. в Приморье // Вопросы рыболовства. Т. 7. № 1 (25). С. 126-136.
- Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г. 2002. Экологические процессы в критических зонах черного моря: синтез результатов двух направлений исследований с середины XX до начала XXI веков // Морской экологический журнал. Т. 1, № 1.
- Зернов С.А. 1909. Фация филлофоры (Algae-Rhodophyceae) – филлофорное поле – в С.-З. части Чёрного моря. Зоологическая экскурсия на пароходе «Федя» 11-14 апреля 1909 г. // Ежегодник Зоол. музея Императорской Академии наук. Т. 14. С. 181-191.
- Калугина-Гутник А.В. 1975. Фитобентос Чёрного моря. Киев: Наукова думка. 247 с.
- Каминер К.М. 1977. Особенности биологии и биохимии черноморской *Phyllophora nervosa* (DC) Grev. // Морские водоросли и их использование // Труды ВНИРО. Т. 124. С. 46-51.
- Каминер К.М. 1980. Филлофора – *Phyllophora nervosa* (D.S.) Grev. и *Ph. brodiaei* (Turn.) J. Ag. северо-западной части Чёрного моря: Автореф. ... канд. биол. наук. Одесса: ОГУ. 26 с.
- Киреева М.С. 1962. Состояние запасов морских водорослей и высшей растительности и их размещение в морях Советского Союза // Труды Всес. совещ. работн. водорослевой пром. СССР. Т. 1. Архангельск. С. 5-14.
- Киреева М.С. 1964. Скопления неприкреплённых красных водорослей в морях Советского Союза // Запасы морских растений и их использование. М.: Наука. С. 3-25.
- Киреева М.С. 1965. Сырьевые ресурсы водорослей морей Советского Союза // Океанология. Т. 5. Вып. 1. С. 14-21.
- Кулепанов В.Н., Дзизюров В.Д., Жильцова Л.В. 1999. Современное состояние полей *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Mak. в заливе Петра Великого (Японское море) // Раствительные ресурсы. Вып. 1. С. 116-122.
- Леонов А.К. 1960. Региональная океанография. Часть 1. Берингово, Охотское, Японское, Каспийское и Чёрное моря. Л: Гидрометеоиздат. 765 с.
- Макиенко В.Ф. 1980. Об истории изучения *Ahnfeltia plicata* (Huds.) Fries. Виды анфельции у дальневосточных берегов СССР // Биология анфельции. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 5-14.
- Максимова О.В., Кучерук Н.В. 1993. Эколого-морфологическая пластичность черноморской *Phyllophora nervosa* и проблема существования филлофорного поля Зернова // Биология черноморских агарофитов: *Phyllophora nervosa* (D.C.) Grev. М: ИО РАН. С. 97-106.
- Медведева Е.И., Куку Х.А., Микулич Д.В. 1989. Исследование состава и некоторых свойств красных водорослей Балтики и выделенных из них полисахаридов // Изв. АН Эстонии. Сер. Биол. 38, № 5. С. 214-218.

- Мейер К.И. 1937. О залежах водорослей // Тр. Ботанического сада МГУ. Вып. 1. С. 25-32.
- Мильчакова Н.А. 2001. Ресурсы макрофитов Чёрного моря: проблемы охраны и рационального использования // Экология моря. Вып. 57. С. 7-12.
- Мильчакова Н.А., Миронова Н.В., Александров В.В. 2013. Многолетняя динамика филлофорного поля Зернова и перспективы его восстановления // Вопросы современной альгологии. № 2 (4).
- Миничева Г.Г., Косенко М.Н., Швец А.В. 2009. Фитобентос Большого и Малого филлофорных полей как отражение современного экологического состояния северо-западной части Чёрного моря // Морской экологический журнал. Т. 8. № 4. С. 24-40.
- Морозова-Водяницкая Н.В. 1948. «Филлофорное поле Зернова» и причины его возникновения // Памяти академика Сергея Алексеевича Зернова. М.-Л.: Изд-во АН СССР. С. 216-226.
- Никифоров С.М., Кулепанов В.Н. 1996. О генетической идентичности поселений красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* в заливе Петра Великого Японского моря // Биология моря. Т. 22. № 4. С. 263-266.
- Новожилов А.В. 1989. Влияние гидродинамических условий на структуру и продуктивность природных полей анфельции тобучинской. Автореф. ... канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ. 25 с.
- Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана. 2005. Владивосток: ТИНРО-центр. 231 с.
- Суховеева М.В., Подкорытова А.В. 2006. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки. Владивосток: ТИНРО-центр. 243 с.
- Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей. 2011. / В.Н. Еремеев, А.В. Гаевская, Г.Е. Шульман, Ю.А. Загородня ред. НАН Украины, ИнБЮМ НАНУ. Севастополь: ЭКО-СИ-Гидрофизика. 367 с.
- Ресурсы и рациональное использование морских водорослей и трав дальневосточных морей России. 2020. / В.Н. Акулин ред. Владивосток: ТИНРО. 268 с.
- Ресурсы промысловых гидробионтов лагуны Буссе и условия их существования. 2025 / Д.А. Галанин ред. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 216 с.
- Сарочан В.Ф. 1962. Сыревые запасы морских водорослей и перспективы дальнейшего развития промысла водорослей и трав в морях Дальнего Востока // Труды Всес. совещ. работн. водорослевой пром. СССР. Т. 1. Архангельск. С. 32-44.
- Сарочан В.Ф., Андреева М.Т. 1974. Анфельция лагуны Буссе и залива Измены // Тез. докл. Всес. совещ. по «Морской альгологии-макрофитобентосу». М: ВНИРО. С. 116-117.
- Состояние биологических ресурсов Чёрного и Азовского морей. 1995. Керчь: Изд-во ЮгНИРО. 64 с.
- Состояние промысловых ресурсов Дальневосточного рыболово-хозяйственного бассейна – 2022 г. 2022. Владивосток: ТИНРО. 435 с.
- Титлянов Э.А., Новожилов А.В., Чербаджи И.И. 1993. Анфельция тобучинская. М.: Наука. 222 с.
- Щапова Т.Ф. 1954. Филлофора Чёрного моря // Труды ИО АН СССР. Т. 11. С. 3-35.
- Kanno R., Matsubara S. 1932. [Studies on *Ahnfeltia plicata* var. *tobuchiensis* var. nov.]. *Suisangaku Zasshi* 35: 97-132, 2 pl. [in Japanese].
- Kanno R., Matsubara S. 1936. Studies on the «Itaniso» (*Ahnfeltia plicata* var. *tobuchiensis*)/ Part V // Journal of fisheries. № 35. P. 25-37. [in Japanese].
- Martin G., Paalme T., Torn K. 2006. Seasonality pattern of biomass accumulation in a drifting *Furcellaria lumbricalis* community in the waters of the West Estonian Archipelago, Baltic Sea // Journal of Applied Phycology. 18. P. 557-563
- Martin G., Paalme T., Torn K. 2006. Growth and Production Rates of Loose-Lying and Attached Forms of the Red Algae *Furcellaria lumbricalis* and *Coccotylus truncatus* in Kassari Bay, the West Estonian Archipelago Sea // Hydrobiologia. 554:107-115.
- Martin G., Paalme T., Kukk, H. 1996. Long-term dynamics of the commercially useable *Furcellaria lumbricalis*-*Coccotylus truncatus* community in Kassari Bay, West Estonian Archipelago, the Baltic Sea // Proc. Polish-Swedish Symposium on Baltic Coastal Fisheries: Resources and Management. Sea Fisheries Institute, Gdynia. P. 121-129.
- Milchakova N. 2011. Marine Plants of the Black Sea. An Illustrated Field Guide. Sevastopol, DigitPrint. 144 pp.
- Weinberger F., Paalme T., Wikstrom S. A. 2020. Seaweed resources of the Baltic Sea, Kattegat and German and Danish North Sea coasts // Botanica Marina. 63(1). P. 61-72

REFERENCES

- Andreeva M. T. 1981. Dynamics of stocks and state of *Ahnfeltia* thickets in Izmena Bay // Commercial algae and their use. Moscow: VNIRO Publish. P. 59-63. (In Russ.).
- Balkonskaya L. A., Evseeva N. V. 2003. State of resources of *Anfelia tobuchinskaya* in the Sakhalin Region // Botanical research in the Asian part of Russia. Proc. of the XI Congress Russ. Botanical Society (August 18-22, 2003, Novosibirsk-Barnaul). V. 1. Barnaul. P. 78-79. (In Russ.).
- Balkonskaya L. A., Chumakov A. A. 2001. On the restoration of *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsub.) Makjenko resources of the Busse lagoon (south-western part of the Sea of Okhotsk) // Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters. Mat. of II scient. conf. Petropavlovsk-Kamchatsky, April 9-10 – Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 222-223. (In Russ.).
- Berlinskyy N. A., Denya J. M., Matveev A. V., Podust O. S., Popov J. I., Tretjak I. P. 2014. Influence of variability of marine environmental conditions on the dynamics of the Zernov's Phyllophora field // Bulletin of ONU. Ser.: Geograf. and Geolog. Sciences. V. 19, pt 2. P. 40-57. (In Russ.).

- Blinova E.I.* 2007. Seaweeds and seagrasses of the European part of Russia (flora, distribution, biology, resources, mariculture). Moscow: VNIRO Publish. 114 p. (In Russ.).
- Gail G.I.* 1936. *Ahnfeltia* in Peter the Great Bay // Bull. of the Far Eastern Branch of the AS USSR. № 20. P. 115-124. (In Russ.).
- Evseeva N.V.* 2006. Resource state of *Ahnfeltia tobuchiensis* (Ahnfeltiaceae) in Izmeny Bay (Kunashir Island) // Rastitelynye resursy. M. 42. № . 1. P. 66-75. (In Russ.).
- Evseeva N.V.* 2014. Dynamics of coenopopulation status of *Ahnfeltia tobuchiensis* (Ahnfeltiaceae) in the Izmena Bay of Kunashir Island (Southern Kuriles Islands) // Rastitelynye resursy. V. 50. № 4. P. 513-525. (In Russ.).
- Evseeva N.V.* 2024. The state of the *Ahnfeltia* field and species composition of macrophytes in Izmena Bay of Kunashir Island (Southern Kuriles Islands) // Trudy VNIRO. V. 196. P. 63-73. (In Russ.).
- Evseeva N.V., Samatova I.N.* 1997. Dynamics of formation parameters *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Mak. in the Izmena bay (Island Kunashir) // Rastitelynye resursy. V 33. № . 1. P. 112-116. (In Russ.).
- Evseeva N.V., Matyushkin V.B., Berezina M.O., Melnik R.A., Levitsky A.L., Vlasov D.O., Saenko E.M., Zhiltsova L.V., Belyj M.N., Dulenin A.A., Prokhorova N.Y., Sologub D.O., Botnev D.A.* 2024. State of resources and fishery of commercial seaweeds and seagrasses in the seas of Russia in 2000-2020. // Trudy VNIRO. V. 195. P. 232-248. (In Russ.).
- Zhiltsova L.V., Dzizyurov V.D., Galak I.I.* 2006. The state of fishery of the *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Mak. in Primorye // Voprosy rybolovstva. V.7. № 1 (25). P. 126-136. (In Russ.).
- Zaitsev J.P., Polikarpov G.G.* 2002. Ecological processes in critical zones of the Black Sea (Results synthesis of two research directions, middle of the XX-th – beginning of the XXI-th centuries) // Marine ecological journal. V. 1, № 1. (In Russ.).
- Zernov S.A.* 1909. *Phyllophora* facies (Algae-Rhodophyceae) – phyllophora field – in the N.-W. part of the Black Sea. Zoological excursion on the steamer «Fedy» April 11-14, 1909 // Yearbook of the Zoological Museum of the Imperial Academy of Sciences. T. 14. C. 181-191. (In Russ.).
- Kaminer K.M.* 1977. Peculiarities of biology and biochemistry of populations of *Phyllophora nervosa* (DC) Grev. // Trudy VNIRO. V. 124. P. 46-51. (In Russ.).
- Kaminer K.M.* 1980. Phyllophora – *Phyllophora nervosa* (D.S.) Grev. and *Ph. brodiae* (Turn.) J. Ag. of the NW part of Black Sea. PhD abstr. in biology. Odessa: OSU. 26 p. (In Russ.).
- Kireeva M.S.* 1962. State of stocks of seaweeds and sea grasses and their distribution in the seas of the Soviet Union // Proc. of the All-Union meeting of workers of the algae industry of the USSR. V.1. Arkhangelsk. P. 5-14. (In Russ.).
- Kireeva M.S.* 1964. Aggregations of unattached red algae in the seas of the Soviet Union // Marine plant stocks and their utilization. Moscow: Nauka. P. 3-25. (In Russ.).
- Kireeva M.S.* 1965. Raw algae resources of the seas of the Soviet Union // Oceanology. V. 5. № 1. P. 14-21. (In Russ.).
- Kulepanov V.N., Dzizyurov V.D., Zhiltsova L.V.* 1999. Current state of fields of *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Mak. in Peter the Great Bay (Sea of Japan) // Rastitelynye resursy. Iss. 1. P. 116-122. (In Russ.).
- Leonov A.K.* 1960. Regional Oceanography. Part 1. Bering, Okhotsk, Japan, Caspian and Black Seas. Leningrad: Gidrometeoizdat. 765 p. (In Russ.).
- Makienko V.F.* 1980. On the history of the study of *Ahnfeltia plicata* (Huds.) Fries. *Ahnfeltia* species near the Far Eastern coast of the USSR // Biology of anfelia. Vladivostok: FESC AS USSR. P. 5-14. (In Russ.).
- Maximova O.V., Kucheruk N.V.* 1993. Eco-morphological plasticity of black-sea *Phyllophora nervosa* and the problem of Zernov's *Phyllophora* meadows existence // Biology of the Black Sea agarophytes: *Phyllophora nervosa* (D.C.) Grev. Moscow: IO RAS. P. 97-106. (In Russ.).
- Medvedeva E.I., Kukk H.A., Mikulich D.V.* 1989. Study of the composition and some properties of red algae of the Baltic sea and polysaccharides isolated from them // Izv. of the Estonian AS. Ser. Biol. 38. № 5. P. 214-218. (In Russ.).
- Meyer K.I.* 1937. About algae deposits // Proc. of the Botanical Garden of MSU. V. 1. P. 25-32. (In Russ.).
- Milchakova N.A.* 2001. Black Sea macrophyte resources: problems of protection and rational use // Marine Ecology. V. 57. P. 7-12. (In Russ.).
- Milchakova N.A., Mironova N.V., Alexandrov V.V.* 2013. Dynamics, causes of degradation and the prognosis of restoration Zernov *Phyllophora* field (the Black Sea) // Issues of modern algology. № 2 (4). (In Russ.).
- Minicheva G.G., Kosenko M.N., Shvets A.V.* 2009. Phytobenthos of the Large and Small Phyllophora Fields as a reflection of the contemporary ecological state of the northwestern Black Sea. Marine Ecological Journal. V. 8. № 4. P. 24-40. (In Russ.).
- Morozova-Vodyanitskaya N.V.* 1948. «Zernov's Phyllophora field» and the reasons for its occurrence // In Memory of Academician Sergey Alekseevich Zernov. Moscow-Leningrad: AS USSR Publish. P. 216-226. (In Russ.).
- Nikiforov S.M., Kulepanov V.N.* 1996. On the genetic identity of settlements of the red alga *Ahnfeltia tobuchiensis* in the Peter the Great Bay of the Sea of Japan // Biologiya morya. V. 22, No. 4. P. 263-266. (In Russ.).
- Novozhilov A.V.* 1989. Influence of hydrodynamic conditions on the structure and productivity of natural fields of *Ahnfeltia tobuchiensis*. PhD abstr. in biology. Vladivostok: IBM FED AS SSSR. 25 p. (In Russ.).
- Planning, Organization and Support of Research on Fish Resources of the Far Eastern Seas of Russia and the North-West Pacific Ocean.* 2005. Vladivostok: TINRO-Center. 231 p. (In Russ.).
- Sukhoveyeva M.V., Podkorytova A.V.* 2006. Algae and seaweeds in the Far East: biology, distribution, stocks, processing technology. Vladivostok. 243 p. (In Russ.).
- Commercial biological resources of the Black Sea and Sea of Azov.* 2011. / V.N. Eremeev, A.V. Gaevskaya, G.E. Shulman, Trudy VNIRO. 2025. V. 201. P. 56-69

- Ju. A. Zagorodnyaya eds.; IBSS NASU. Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika. 367 pp. (In Russ.).
- Resources and rational use of seaweeds and seagrass of the Far Eastern seas of Russia. 2020. Vladivostok: TINRO-centre Publish. 268 p. (In Russ.).
- Resources of commercial hydrobionts of Busse Lagoon and conditions of their existence. 2025. / D.A. Galanin ed. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO Publish. 216 c. (In Russ.).
- Sarochan V.F. 1962. Raw stocks of seaweeds and prospects for further development of algae and grass fishing in the seas of the Far East // Proc. of the All-Union meeting of workers of the algae industry of the USSR. T. 1. Arkhangelsk. P. 32-44. (In Russ.).
- Sarochan V.F., Andreeva M.T. 1974. Anfelta of Busse Lagoon and Izmeny Bay // Proc. of the All-Union meeting on «Marine algology – microphytobenthos». Moscow: VNIRO Publish. P. 116-117. (In Russ.).
- State of biological resources of the Black and Azov Seas (reference manual)*. 1995. Kerch: YugNIRO Publish. 64 p. (In Russ.).
- State of Fishery Resources of the Far East Fishery Basin*. 2022. Vladivostok: TINRO Publish. 435 p.
- Titlyanov E.A., Novojilov A.D., Cherbadgy I.I. 1993. *Ahnfeltia tobuchiensis*: Biology, ecology, productivity. Moscow: Nauka. 222 p. (In Russ.).
- Shchapova T.F. 1954. Phyllophora of the Black Sea // Trudy IO AS USSR. T. 11. C. 3-35. (In Russ.).
- Kanno R., Matsubara S. 1932. [Studies on *Ahnfeltia plicata* var. *tobuchiensis* var. nov.]. *Suisangaku Zasshi* 35: 97-132, 2 pl. [in Japanese].
- Kanno R., Matsubara S. 1936. Studies on the «Itaniso» (*Ahnfeltia plicata* var. *tobuchiensis*)/ Part V // Journal of fisheries. № 35. P. 25-37. [in Japanese].
- Martin G, Paalme T., Torn K. 2006. Seasonality pattern of biomass accumulation in a drifting *Furcellaria lumbricalis* community in the waters of the West Estonian Archipelago, Baltic Sea // Journal of Applied Phycology. 18. P. 557-563
- Martin G., Paalme T., Torn K. 2006. Growth and Production Rates of Loose-Lying and Attached Forms of the Red Algae *Furcellaria lumbricalis* and *Coccotylus truncatus* in Kassari Bay, the West Estonian Archipelago Sea // Hydrobiologia. 554:107-115.
- Martin G., Paalme T., Kukk, H. 1996. Long-term dynamics of the commercially useable *Furcellaria lumbricalis*-*Coccotylus truncatus* community in Kassari Bay, West Estonian Archipelago, the Baltic Sea // Proc. Polish-Swedish Symposium on Baltic Coastal Fisheries: Resources and Management. Sea Fisheries Institute, Gdynia. P. 121-129.
- Milchakova N. 2011. Marine Plants of the Black Sea. An Illustrated Field Guide. Sevastopol, DigitPrint. 144 pp.
- Weinberger F., Paalme T., Wikstrom S.A. 2020. Seaweed resources of the Baltic Sea, Kattegat and German and Danish North Sea coasts // Botanica Marina. 63(1). P. 61-72

Поступила в редакцию 19.03.2025 г.

Принята после рецензии 22.04.2025 г.

УДК 597.555.5, 639.2.052.3, 639.2.053.7, 639.223

Водные биологические ресурсы

Тресковые рыбы дальневосточных морей и тихоокеанских вод Камчатки и Курильских островов: запасы и перспективы промысла

А.В. Датский, Н.П. Антонов

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

SPIN-код: А.В. Датский – 9323-6084; Н.П. Антонов – 7287-9537

Цель работы: описать изменчивость запасов и вылова тресковых рыб в дальневосточных морях и тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов и оценить перспективы их промысла. **Используемые методы:** для решения поставленной цели проанализированы данные по биомассе и уловам минтая, трески и наваги за период с 1935 по 2025 гг. Расчёты проведены по рыбам в целом, по отдельным водоёмам обитания и локальным стадам. **Новизна:** элементами новизны являются обобщённые материалы по запасам и вылову ресурсов тресковых рыб Дальнего Востока за весь период их изучения и рыболовства. В общей сложности рассмотрена информация по 30 обитающим в районе исследования группировкам минтая, трески и наваги, показана динамика их биомассы и уловов. Выявлены тренды и цикличность запасов и добычи рыб отдельных стад. Периодичность формирования запасов тресковых рыб позволила представить прогнозные оценки ожидания высоких оценок их обилия на период 2026-2038 гг. Также выявлена географическая локализация в последовательности формирования максимумов биомассы отдельных популяций рыб, выяснение причин которых послужат основой для дальнейших исследований. **Практическая значимость:** полученная информация может стать основой долгосрочного плана мероприятий для эффективного использования запасов базовых для российского рыболовства тресковых рыб.

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, треска *Gadus macrocephalus*, навага *Eleginops gracilis*, дальневосточный рыбохозяйственный бассейн, запасы, промысел.

Cod fishes of the Far Eastern seas and the Pacific waters of Kamchatka and the Kuril Islands: stocks and fishery prospects

Andrey V. Datsky, Nikolaj P. Antonov

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

The purpose of the work: to describe the variability of cod fishes stocks and catches in the Far Eastern seas and the Pacific waters of Kamchatka and the Kuril Islands and to assess the prospects for their fishery. **Methods used:** to achieve this goal, data on the biomass and catches of walleye pollock, Pacific cod and saffron cod for the period from 1935 to 2025 were analyzed. Calculations were made for fish in general, for individual habitats and local stocks. **Novelty:** the novelty elements include generalized materials on the reserves and catch of cod fishes resources in the Far East for the entire period of their study and fishery. In total, information on 30 groups of walleye pollock, Pacific cod and saffron cod living in the study area was considered, the dynamics of their biomass and catches were shown. Trends and cyclicity of stocks and catches of fish of individual stocks were revealed. The periodicity of the formation of cod fishes stocks made it possible to present forecast estimates of the expectation of high estimates of their abundance for the period 2026-2038. Geographical localization in the sequence of formation of biomass maxima of individual fish populations was also revealed, the clarification of the reasons for which will serve as the basis for further research. **Practical significance:** the information obtained can become the basis for a long-term action plan for the effective use of cod fishes stocks, which are fundamental for Russian fishery.

Keywords: walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, Pacific cod *Gadus macrocephalus*, saffron cod *Eleginops gracilis*, Far Eastern fishery basin, fish stocks, fishery.

ВВЕДЕНИЕ

Морские рыбы составляют основу уловов водных биологических ресурсов (ВБР) в водах российской юрисдикции. Так, по данным 2024 г. их суммарный вылов достиг 3,764 млн т¹. При этом 3,452 млн т или 91,7 % добычи этих объектов промысла пришлось на российские воды Дальневосточного рыболовственного бассейна (ДВ бассейн), включающие в себя Охотское, Берингово, Японское и Чукотское моря и прилегающие к ним в пределах 200-мильной ИЭЗ РФ акватории Тихого океана. Основу вылова здесь исторически и на современном этапе обеспечивают минтай *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814, дальневосточная сардина *Sardinops melanostictus* (Temminck, Schlegel, 1846), тихоокеанские лососи р. *Oncorhynchus*, сельдь *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847, треска *G. macrocephalus* Tilesius, 1810, камбалы сем. *Pleuronectidae*, терпуги р. *Pleuronectes* и навага *Eleginops gracilis* (Tilesius, 1810) [Шунтов, 2022; Антонов и др., 2024 а]. Сложившаяся долголетняя динамика вылова этих рыб определяется естественными флюктуациями их запасов и проистекающими изменениями в стране в целом и рыбной отрасли в частности [Антонов и др., 2024 б].

Особую значимость для промысла в ДВ бассейне представляют тресковые рыбы, в первую очередь минтай и треска, в меньшей степени навага. В 2023 г. на них пришлось около 55 % суммарного вылова всех морских рыб – 2,069 млн т (из которых 1,894 млн т – минтай). Ещё один вид тресковых рыб, сайка *Boreogadus saida* (Lepechin, 1774), обитает в морях Арктики, мигрируя в периоды её высокой численности в северную часть Берингова моря, где наблюдается в уловах преимущественно научных судов [Фадеев, 1986; Николаев и др., 2008; Датский, 2024]. Биомасса этого вида с начала 2000-х гг. по настоящее время находится на своём минимуме [Датский, 2023 а, б; Антонов и др., 2024 а], по этой причине сайка не интересна рыбной промышленности.

Учитывая важность тресковых рыб для российского рыболовства, цель настоящего исследования – описать изменчивость запасов и вылова минтая, трески и наваги в дальневосточных морях и тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов и оценить перспективы их промысла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящей работе приведены материалы по минтая, треске и наваге, представленных в районе

исследований 30 группировками (популяциями) или единицами запасов (рис. 1-3). Популяционный статус рыб и их границы показаны с учётом существующих на данный момент времени знаний и в некотором роде условны, нередко отражая границы промысловых районов. Предварительные результаты по отдельным единицам запасов тресковых рыб в рамках вышеуказанной цели были опубликованы ранее [Датский и др., 2021; Антонов и др., 2024 а], в этом исследовании число проанализированных группировок возросло до 30, а в информацию по их биомассе и уловам добавлены материалы 2021-2025 годов. На указанных выше рисунках обозначения популяций приведены в порядке убывания их среднемноголетнего вылова в 2000-2024 гг., за исключением восточноберингоморской наваги.

Данные по величине запасов и уловам тресковых рыб взяты из опубликованных источников [Промысел..., 1988²; Николаев, Степаненко, 2001; Степаненко, 2001 а, б; Фадеев, Веспестад, 2001; Борец и др., 2002; Булатов, 2004; 2014; 2024; Степаненко, Николаев, 2005; Бабаян и др., 2006; Балыкин, 2006; Новикова, 2007; 2014; Буслов, 2008; Антонов, 2011; 2013; Овсянников, 2011; Золотов и др., 2013; 2020; Ianelli et al., 2013³; 2018⁴; 2024⁵; Ильин и др., 2014; Степаненко, Грицай, 2016; Вдовин и др., 2017; Датский и др., 2021; Овсянников, Овсянникова, 2022; Новикова и др., 2023; Антонов и др., 2024 а; Булатов, Васильев, 2024; Ившина, Метленков, 2024; Barbeaux et al., 2024⁶; Зуенко и др., 2025], которые были дополнены ежегодными результатами исследований, полученными даль-

² Промысел трески в северо-западной части Тихого океана и перспективы его развития. 1988. Промежуточный научный отчёт / исп. А.М. Орлов. М.: ВНИРО. 73 с.

³ Ianelli J.N., Honkalehto T., Barbeaux S., Kotwicki S., Aydin K. Williamson N. 2013. Assessment of the walleye pollock stock in the Eastern Bering Sea. <http://www.afsc.noaa.gov/REFM/docs/2013/EBSpollock.pdf>. 08.04.2025.

⁴ Ianelli J.N., Kotwicki S., Honkalehto T., McCarthy A., Stienessen S., Holsman K. 2018. Chapter 1: Assessment of the walleye pollock stock in the Eastern Bering Sea. <https://www.afsc.noaa.gov/REFM/docs/2018/BSAI/2018EBSpollock.pdf>. 08.04.2025.

⁵ Ianelli J., Honkalehto T., Wassermann S., McCarthy A., Steinessen S., McGilliard C., Siddon E. 2024. Assessment of walleye pollock in the eastern Bering Sea. North Pacific Fishery Management Council, Anchorage, AK. 212 p. <https://www.npfmc.org/wp-content/PDFdocuments/SAFE/2024/EBSpollock.pdf>. 08.09.2025.

⁶ Barbeaux S.J., Barnett L., Hulson P., Nielsen J., Shotwel, S.K., Siddon E., Spies I. 2024. Assessment of the Pacific cod stock in the Eastern Bering Sea. In Plan Team for the Groundfish Fisheries of the Bering Sea / Aleutian Islands (compiler), Stock assessment and fishery evaluation report for the groundfish resources of the Bering Sea / Aleutian Islands regions. North Pacific Fishery Management Council, 605 W. 4th Avenue Suite 306, Anchorage, AK 99501. 150 p. <https://www.npfmc.org/wp-content/PDFdocuments/SAFE/2024/EBSpcod.pdf>. 08.09.2025.

¹ Сведения об улове рыбы и добыче других водных биоресурсов за январь-декабрь 2024 года (нарастающим итогом). https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/2025/03/1p_01-12_2024.pdf. 27.08.2025 г.

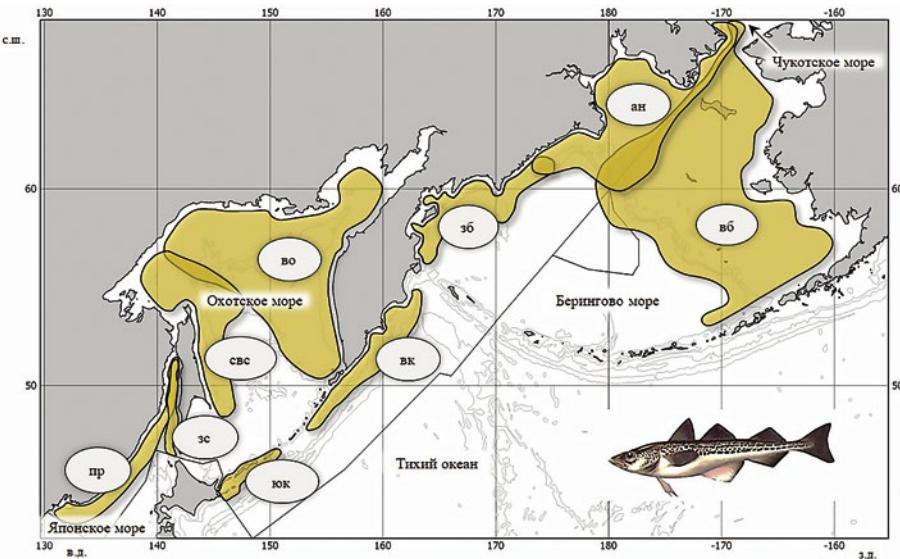


Рис. 1. Карта-схема расположения основных группировок минтая в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана.

Обозначения: вб – восточноберингоморская, во – восточноохотоморская, ан – анадырско-наваринская, вк – восточнокамчатская,cbc – северовосточносахалинская, юк – южнокурильская, зб – западноберингоморская, пр – приморская, зс – западносахалинская

Fig. 1. Map-scheme of the location of the main groups of walleye pollock in the Far Eastern seas and the northwestern part of the Pacific Ocean.

Designations: вб – eastern Bering Sea, во – eastern Okhotsk Sea, ан – Anadyrsko-Navarinskaya, вк – eastern Kamchatka, cbc – northeastern Sakhalin, юк – southern Kuril, зб – western Bering Sea, пр – Primorskaya, зс – western Sakhalin

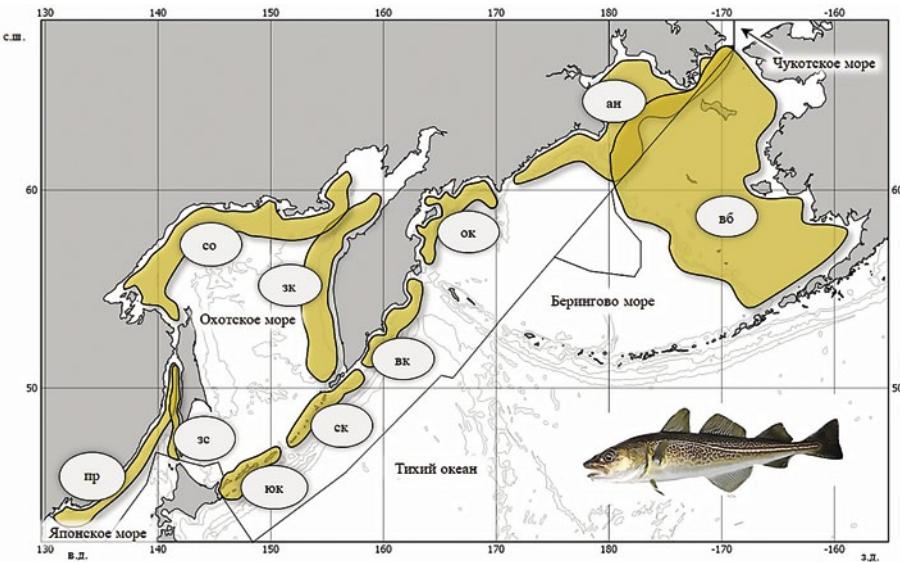


Рис. 2. Карта-схема расположения основных группировок трески в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана.

Обозначения: вб – восточноберингоморская, ан – анадырско-наваринская, зк – западнокамчатская, ок – олюторско-карагинская (карагинская), вк – восточнокамчатская, ск – северокурильская, юк – южнокурильская, зс – западносахалинская, со – североохотоморская, пр – приморская

Fig. 2. Map-scheme of the location of the main groups of Pacific cod in the Far Eastern seas and the northwestern part of the Pacific Ocean.

Designations: вб – eastern Bering Sea, ан – Anadyrsko-Navarinskaya, зк – western Kamchatka, ок – Olyutorsko-Karaginskaya (Karaginskaya), вк – eastern Kamchatka, ск – northern Kuril, юк – southern Kuril, зс – western Sakhalin, со – northern Okhotsk Sea, пр – Primorskaya

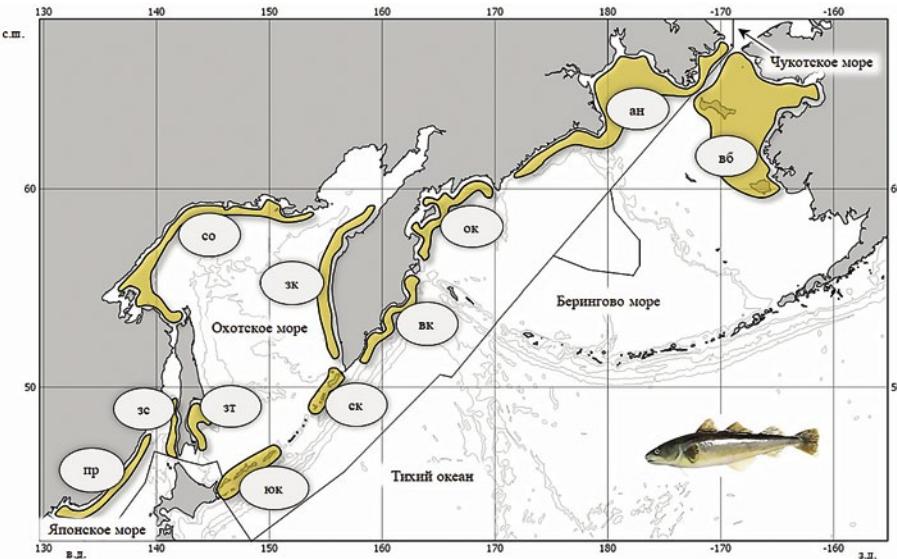


Рис. 3. Карта-схема расположения основных группировок наваги в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана.

Обозначения: зк – западнокамчатская, ок – олюторско-карагинская (карагинская), зт – залива Терпения (юго-восточный Сахалин), юк – южнокурильская, зс – западносахалинская, пр – приморская, ан – анадырско-наваринская, со – североокhotsкая, вк – востонокамчатская, ск – северокурильская, вб – восточноберинговоморская

Fig. 3. Map-scheme of the location of the main groups of saffron cod in the Far Eastern seas and the northwestern part of the Pacific Ocean.

Designations: зк – western Kamchatka, ок – Olyutorsko-Karaginskaya (Karaginskaya), зт – Gulf of Terpeniya (southeastern Sakhalin), юк – southern Kuril, зс – western Sakhalin, пр – Primorskaya, ан – Anadyrsko-Navarin, со – northern Okhotsk Sea, вк – eastern Kamchatka, ск – northern Kuril, вб – eastern Bering Sea

невосточными филиалами и Центральным институтом «ВНИРО» на современном этапе⁷ (до 2025 г. включительно).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Тресковые рыбы широко распространены в дальневосточных морях и тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов (рис. 1-3). Минтай в районе исследований представлен наиболее обширно, встречаясь в диапазоне глубин 0-1280 м с оптимумом 30-500 м. У трески предельные глубины такие же, как и у минтая, однако наибольшую встречаемость она обнаруживает на изобатах 100-400 м. Навага является типичным обитателем глубин до 90 м, в нагульный период мигрируя до 300 м [Datsky, 2015 а, б]. В общей сложности у минтая выделяются 9 группировок со значительно различающейся величиной запасов, у трески и наваги – соответственно 10 и 11, которые целенаправленно облавливаются: треска и навага – с 1930-х гг., минтай – с 1950-х гг.

В историческом плане биомасса и уловы тресковых рыб в дальневосточном регионе, как в целом, так и по отдельным видам, показывают тенденцию к росту

(рис. 4). При этом у каждого вида наблюдаются периоды их наибольшей продуктивности и соответствующего изъятия промыслом из среды обитания. Так, у минтая максимальная биомасса отмечена в 1982-1997, 2003-2005 и 2011-2025 гг., наибольшие уловы – в 1971-1977, 1984-1998 и 2011-2024 гг. (рис. 4 а). У трески запасы достигали максимумов в 1980-1996 и 2016-2020 гг., уловы – в 1984-1998 и 2011-2021 гг. (рис. 4 б). Навага имела наибольшую биомассу в 1976-1983, 1992-1999 и 2011-2025 гг., уловы – в 1991-1994, 1998-2003 и 2017-2021 гг. (рис. 4 в). Среди тресковых рыб отметим лидирующую роль минтая: его средняя и максимальная биомасса находились в пределах 18,2 и 30,9 (в 1986 г.) млн т, уловы – соответственно 2,4 и 4,5 (в 1988 г.) млн т. Треска показала существенно меньшие показатели: биомасса – 1,4 и 3,1 (2018 г.) млн т, вылов – 155 и 395 (1988 г.) тыс. т. У наваги средняя и наибольшая биомассы достигали соответственно 0,176 и 0,389 (2014 г.) млн т, уловы – 19,9 и 57,5 (1993 г.) тыс. т. В целом, тресковые рыбы формировали наибольшую продукцию в 1980-е (за счёт минтая и трески) и 2010-е (все виды) годы. При этом их уловы достигали максимальных величин в 1984-1997 гг., что выше современного уровня 2011-2024 гг. в 1,25 раза (в среднем 4,3 млн т против 3,4 млн т),

⁷ См. напр.: Состояние промысловых ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна – 2024 (информационный помощник). Владивосток: ТИНРО, 2024. 210 с.

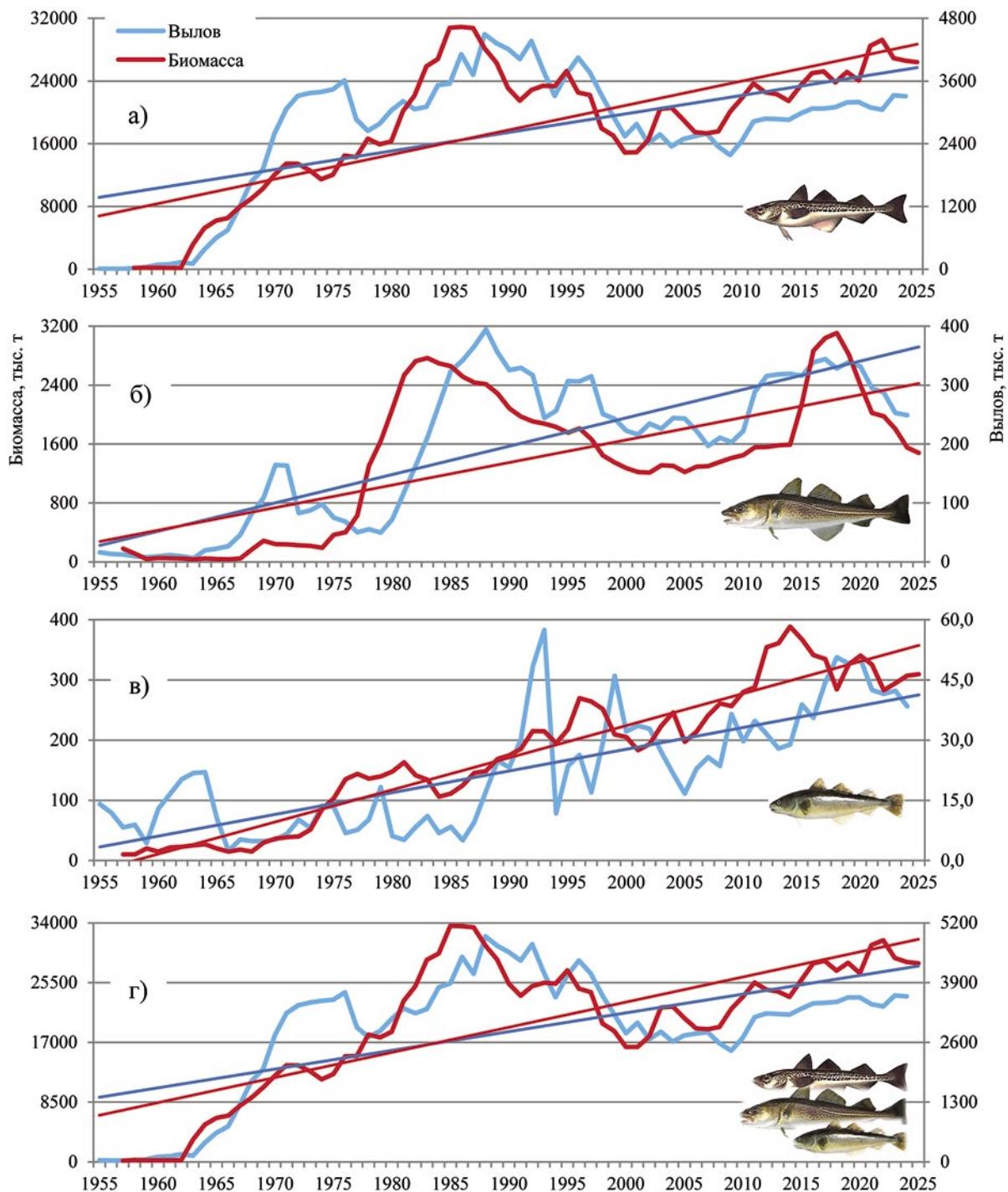


Рис. 4. Суммарная биомасса и вылов (тыс. т) минтая (а), трески (б), наваги (в) и тресковых рыб в целом (г) в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана по данным 1955-2025 гг. Прямыми линиями показаны тренды изменения биомассы и вылова

Fig. 4. Total biomass and catch (thousand tons) of walleye pollock (a), Pacific cod (b), saffron cod (в) and cod fishes in general (г) in the Far Eastern seas and the northwestern Pacific Ocean based on data from 1955-2025. Straight lines show trends in biomass and catch

несмотря на одинаковый уровень запасов рыб в сопоставимые периоды (27,5 и 27,4 млн т соответственно в 1981-1997 и 2011-2025 гг.).

Распределение ресурсов и уловов тресковых рыб по различным морским районам Дальнего Востока значительно отличается. В российских водах определяющее значение этих показателей приходится на Охотское и Берингово моря. При этом минтай и навага тяготеют в охотоморским водам, треска – к берингоморским. При добавлении к исходным данным материалов из восточной части Берингова моря, безоговорочное первенство по биомассе и уловам минтая и трески переходит к Берингову морю (рис. 5). Значительную роль в воспроизводстве и добыче минтая и трески также играют тихоокеанские воды Камчатки и Курильских островов, показатели которых в отдельные годы сопоставимы с Беринговым и Охотским морями соответственно для первого и второго видов. Японское и Чукотское моря вносят значительно меньший вклад в ресурсный потенциал и промысел тресковых рыб.

В пределах российских вод относительная биомасса минтая, как в прошлом (1935-2009 гг.), так и на современном этапе (2010-2025 гг.), достигает наибольших величин в Охотском море (соответственно 62,2% и 63,3%). Однако в последние 26 лет запасы данного вида увеличились в Беринговом море и сопредельных водах (тихоокеанские воды Камчатки, западная часть Чукотского моря), что отразилось на общем соотношении его ресурсов по всему Дальневосточному бассейну. Существенный рост современных запасов трески в берингоморских водах привёл к дальнейшему повышению её доли в западной части Берингова моря. В меньших масштабах подобная тенденция отмечена и для трески Японского моря. Также увеличение биомассы наваги после 2004 г. в Беринговом и Охотском морях ещё более подчеркнуло важность этих акваторий для её воспроизводства (рис. 5, 6). Относительно промыслового изъятия тресковых рыб можно сказать, что в последние годы возросла доля уловов минтая, наваги в Охотском и трески в Беринговом морях, начался промысел минтая в Чукотском море (рис. 7).

Распределение осреднённых данных биомассы и уловов тресковых рыб в дальневосточных морях (включая восточную часть Берингова моря) и прилегающих акваториях Тихого океана с разбивкой по начальному периоду исследований и рыболовства (1935-1970 гг.) и дальнейшим 10-летним периодам лет за редким исключением показало их повышенные показатели в 1980-1990-е и 2011-2025 гг. (табл. 1). К примеру, для минтая наиболее благоприятные условия для формирования повышенной биомассы сложились в 1981-1990 гг. в Охотском, Беринговом и Япон-

ском морях, в 2021-2025 гг. – в Охотском, Японском и Чукотском морях, тихоокеанских водах. При этом, близкие к максимальным, осреднённые показатели обилия вида в российской части Берингова моря зафиксированы и в 2021-2025 гг. У трески наибольшая средняя биомасса выявлена в 1981-1990 гг. в тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов, в 1991-2000, 2011-2020 и 2021-2025 гг. соответственно в Охотском, Беринговом и Японском морях. Для наваги наблюдали повышенное её воспроизводство в Беринговом, Японском морях и тихоокеанских водах в 2011-2020 гг., в Охотском море – в 2021-2025 гг. В япономорских водах наибольшие показатели биомассы этого вида отмечены также и в 1971-1980 гг.

Значительные запасы тресковых рыб способствуют организации их промысла. В Японском море в 1935-1970 гг. были отмечены наибольшие средние уловы трески, в 1971-1980 гг. – минтая и наваги, в 2021-2024 гг. – трески и наваги (табл. 1). Охотское море обеспечивало максимальный съем продукции трески, минтая и наваги соответственно в 1981-1990, 1991-2000 и 2021-2024 годах. В тихоокеанских водах наилучшие условия для промысла минтая и наваги сложились в 1971-1980 гг., для трески – в 1981-1990 гг. В Беринговом море высокие уловы минтая рыбная промышленность показывала в 1981-1990 гг., трески и наваги – 2011-2020 гг. При этом в российской акватории моря добыча трески была максимальной в 2021-2024 гг.

Теперь рассмотрим популяции тресковых рыб, которые обеспечивают столь значительный съем рыбной продукции, тем более что от особенностей формирования численности их поколений и в дальнейшем накопления биомассы рыб и её динамики зависит результативность рыболовства в ДВ бассейне. Распределение числа группировок тресковых рыб по выделенным ранее акваториям приведено в табл. 2. За весь период промысла было добыто 197,5 млн т по всему ДВ региону с Беринговым морем полностью (117,9 млн т с российскими водами моря). Свыше 92% уловов пришлось на минтая, соответственно 4,9-7,1 и 0,8-1,4% на треску и навагу. На современном этапе значимость тресковых рыб для российского рыболовства только возросла. Так, суммарный их вылов в пределах вод российской юрисдикции на Дальнем Востоке за период с 2011 по 2024 гг. составил 26,807 млн т (в среднем 1,915 млн т ежегодно), или 62,8% суммарной добычи всех рыб на Дальнем Востоке (42,711 млн т) и 57,4% рыбных уловов в целом по России (46,665 млн т).

В табл. 3 представлена сводная информация по отдельным группировкам тресковых рыб дальнево-

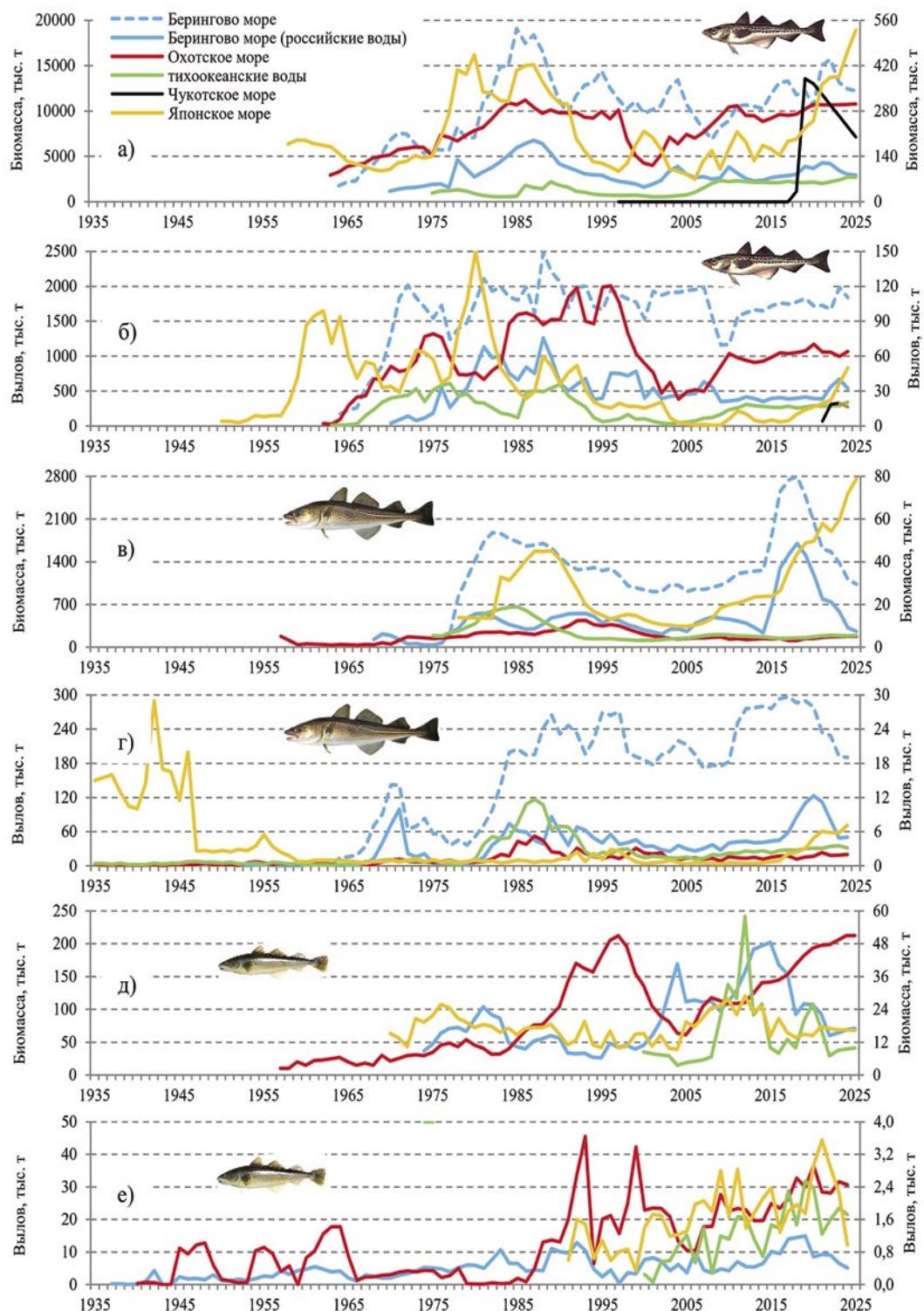


Рис. 5. Распределение биомассы (а, в, д) и вылова (б, г, д) минтая (а, б), трески (в, г) и наваги (д, е) в дальневосточных морях и тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов по данным 1935-2025 гг., тыс. т. Для наглядности данные по минтая Чукотского, Японского морей, треске Японского моря и наваге Японского моря и тихоокеанских вод представлены на правой шкале, прочие – на левой

Fig. 5. Distribution of biomass (a, b, d) and catch (b, g, d) of walleye pollock (a, b), Pacific cod (v, g) and saffron cod (d, e) in the Far Eastern seas and Pacific waters of Kamchatka and the Kuril Islands according to data from 1935-2025, thousand tons. For clarity, data on walleye pollock of the Chukchi and Japan Seas, Pacific cod of the Sea of Japan and saffron cod of the Sea of Japan and Pacific waters are presented on the right scale, others – on the left

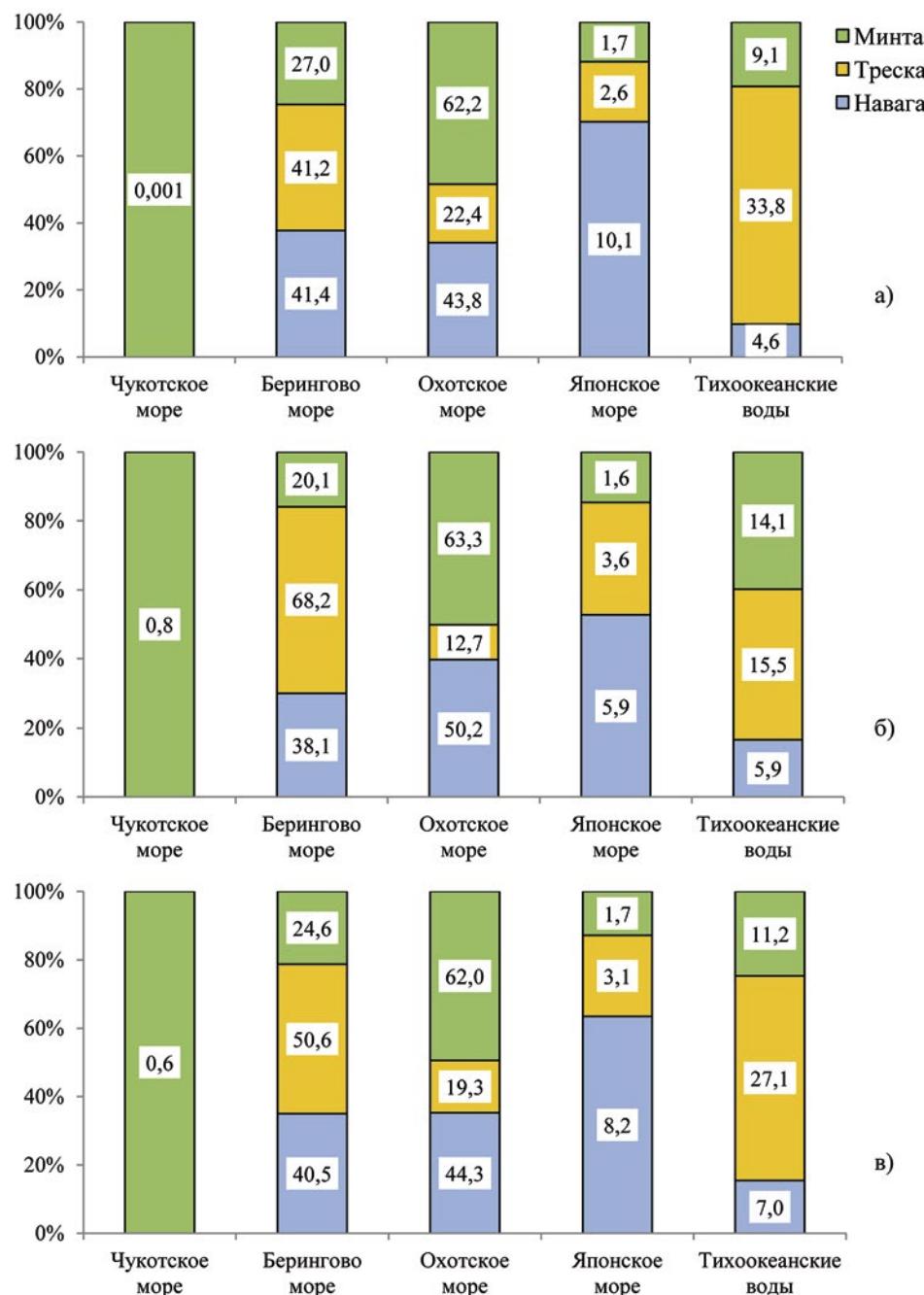


Рис. 6. Распределение биомассы (%) тресковых рыб в дальневосточных морях и тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов в водах российской юрисдикции в 1935-2009 (а), 2010-2025 (б) и 1935-2025 (в) годах

Fig. 6. Distribution of biomass (%) of cod fishes in the Far Eastern seas and Pacific waters of Kamchatka and the Kuril Islands in waters under Russian jurisdiction in 1935-2009 (a), 2010-2025 (b) and 1935-2025 (в)

сточных морей и прилегающих вод Тихого океана, по которым имеется долговременная динамика их запасов. По осреднённой многолетней биомассе и её предельным значениям к наиболее крупным группировкам можно отнести восточноберинговоморских и анадырско-наваринских мятая и треску, восточно-охотоморского мятая, карагинскую и западнокамчатскую навагу. Наименьшие показатели обилия отмече-

ны у мятая и трески Японского моря, южнокурильской трески, североохотоморских трески и наваги, западносахалинской наваги. Прочие группировки тресковых рыб следует считать средними по биомассе. При этом с 1957 по 2025 годы положительный тренд изменения запасов наблюдался у 5-и группировок наваги, 4-х – мятая, 3-х – трески. Напротив, 7, 4 и 3

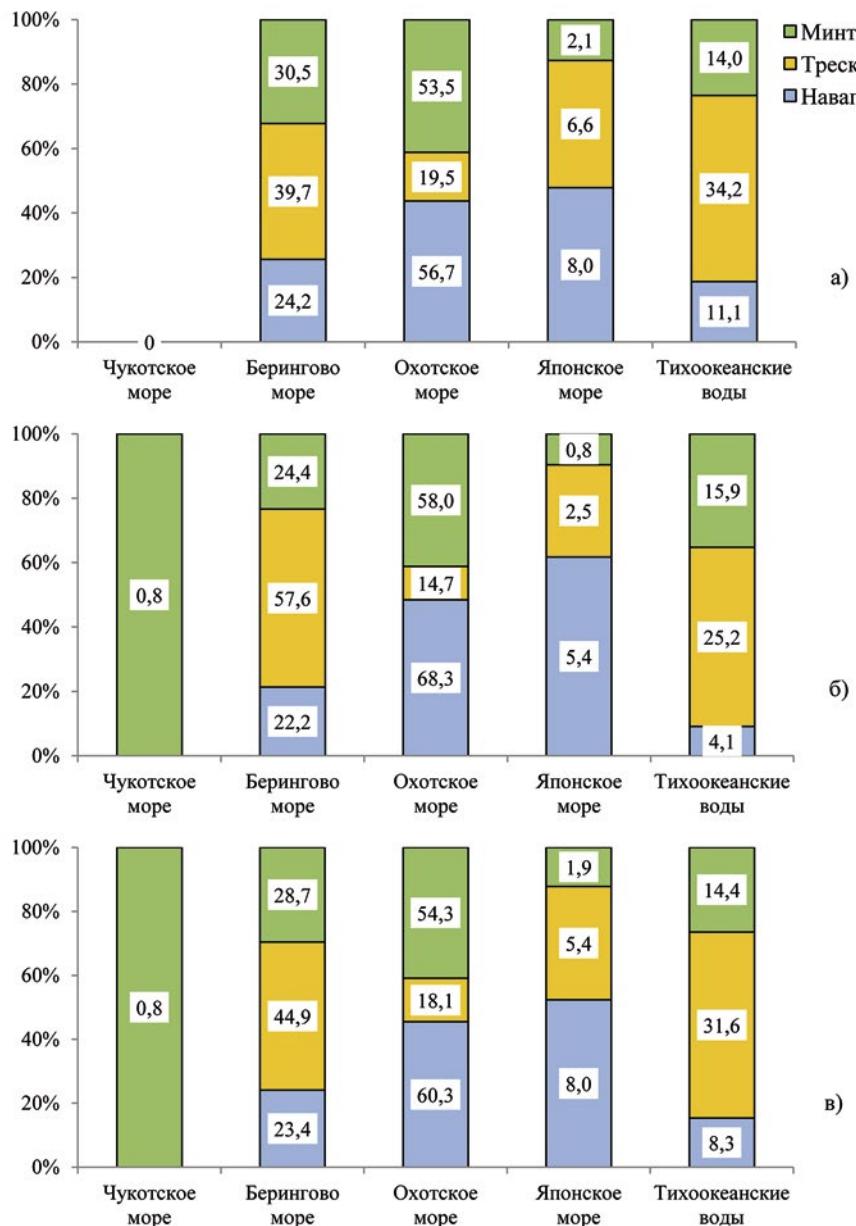


Рис. 7. Распределение вылова (%) тресковых рыб в дальневосточных морях и тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов в водах российской юрисдикции в 1935-2009 (а), 2010-2024 (б) и 1935-2024 (в) годах

Fig. 7. Distribution of catch (%) of cod fishes in the Far Eastern seas and Pacific waters of Kamchatka and the Kuril Islands in waters under Russian jurisdiction in 1935-2009 (a), 2010-2024 (b) and 1935-2024 (в)

группировки соответственно трески, минтая и наваги имели тенденцию к снижению обилия.

Ранее было показано [Датский и др., 2021], что, вследствие региональных особенностей акваторий и различающихся условий обитания, динамика обилия видов в целом естественным образом не отражает флюктуации запасов его отдельных группировок. С учётом дополненных данных настоящее исследование это также подтверждает (рис. 4, 5, 8-10). Так, у минтая в 1970-е гг. наблюдались высокие биомассы западноберингоморской и восточнокамчатской

популяций, рыб у северо-восточного и западного Сахалина, Приморья. В 1980-е гг. наибольшие значения обилия показали все беринго-, охото- и япономорские группировки, а также южнокурильский минтай. Относительно высокая биомасса в 1990-е гг. была отмечена у рыб из восточной части Охотского, северо-западной и восточной частей Берингова морей, восточнокамчатской и южнокурильской популяций. В начале 2000-х гг. незначительно увеличились запасы только у восточноберингоморского, анадырско-наваринского и приморского минтая, у прочих стад

Таблица 1. Средняя биомасса и уловы (тыс.т) тресковых рыб по различным акваториям Дальневосточного региона и периодам лет**Table 1.** Average biomass and catches (thousand tons) of cod fishes in various water areas of the Far Eastern region and periods of the years

| Район / Период | 1935-1970 | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | 2001-2010 | 2011-2020 | 2021-2025 | 1935-2025 |
|---------------------------------|------------|--------------|----------------|---------------|-----------|---------------|----------------|-----------|
| Средняя биомасса минтая, тыс. т | | | | | | | | |
| Охотское море | 4181,3 | 6515,0 | 10033,0 | 8369,0 | 7311,0 | 9740,7 | 10712,0 | 8042,8 |
| Берингово море (РФ) | 1175,9 | 2276,5 | 5163,9 | 2685,5 | 2905,1 | 2938,4 | 3595,9 | 3193,7 |
| Тихоокеанские воды | - | 1136,9 | 1185,1 | 897,6 | 1238,0 | 2177,6 | 2412,3 | 1448,4 |
| Японское море | 144,6 | 238,4 | 355,4 | 161,0 | 126,0 | 186,8 | 424,8 | 215,9 |
| Чукотское море | - | - | - | 0,07 | 0,08 | 77,7 | 265,6 | 72,6 |
| ДВ бассейн (РФ) | 2808,1 | 9712,1 | 16737,4 | 12113,2 | 11580,2 | 15121,3 | 17410,7 | 11414,7 |
| Берингово море (РФ, США) | 3686,8 | 6635,7 | 14933,6 | 11671,3 | 9891,4 | 11489,3 | 13718,5 | 10332,5 |
| ДВ бассейн (РФ, США) | 4702,9 | 14071,3 | 26507,1 | 21099,0 | 18566,5 | 23672,2 | 27533,3 | 18205,4 |
| Средние уловы минтая, тыс. т | | | | | | | | |
| Охотское море | 387,4 | 959,4 | 1310,3 | 1581,4 | 632,0 | 1012,9 | 1044,3 | 994,0 |
| Берингово море (РФ) | 40,0 | 321,1 | 896,8 | 596,5 | 460,9 | 393,0 | 540,0 | 525,1 |
| Тихоокеанские воды | 150,1 | 468,7 | 368,8 | 178,1 | 95,6 | 277,5 | 301,6 | 262,8 |
| Японское море | 39,7 | 68,1 | 50,9 | 25,1 | 6,0 | 1,6 | 32,1 | 34,0 |
| Чукотское море | - | - | - | - | - | - | 14,7 | 14,7 |
| ДВ бассейн (РФ) | 264,9 | 1817,3 | 2626,8 | 2381,1 | 1194,4 | 1692,0 | 1932,7 | 1472,1 |
| Берингово море (РФ, США) | 582,9 | 1656,3 | 2002,6 | 1801,3 | 1738,7 | 1705,2 | 1804,0 | 1644,9 |
| ДВ бассейн (РФ, США) | 457,3 | 3152,5 | 3732,6 | 3585,9 | 2472,2 | 3004,2 | 3196,7 | 2424,9 |
| Средняя биомасса трески, тыс. т | | | | | | | | |
| Берингово море (РФ) | 178,7 | 194,9 | 417,9 | 441,9 | 357,6 | 926,3 | 538,1 | 458,8 |
| Тихоокеанские воды | - | 265,0 | 523,3 | 144,7 | 164,9 | 166,0 | 191,3 | 245,8 |
| Охотское море | 60,0 | 163,3 | 246,1 | 342,3 | 153,8 | 132,1 | 172,6 | 175,1 |
| Японское море | - | 13,8 | 34,4 | 18,3 | 12,6 | 31,9 | 64,6 | 27,8 |
| ДВ бассейн (РФ) | 98,3 | 521,4 | 1221,7 | 947,2 | 688,8 | 1256,3 | 966,6 | 761,8 |
| Берингово море (РФ, США) | 178,7 | 402,3 | 1708,3 | 1183,8 | 977,2 | 1937,4 | 1338,7 | 1195,2 |
| ДВ бассейн (РФ, США) | 98,3 | 728,8 | 2512,1 | 1689,1 | 1308,4 | 2267,4 | 1767,2 | 1380,7 |
| Средние уловы трески, тыс. т | | | | | | | | |
| Берингово море (РФ) | 5,2 | 18,1 | 52,5 | 47,1 | 31,7 | 63,5 | 73,0 | 29,0 |
| Тихоокеанские воды | 4,7 | 7,6 | 73,0 | 29,7 | 16,4 | 26,8 | 33,1 | 20,4 |
| Охотское море | 3,3 | 7,8 | 28,4 | 20,0 | 14,2 | 15,0 | 20,2 | 11,7 |
| Японское море | 6,5 | 0,9 | 0,8 | 1,6 | 1,7 | 1,6 | 6,2 | 3,5 |
| ДВ бассейн (РФ) | 19,8 | 34,4 | 154,7 | 98,5 | 63,0 | 106,9 | 132,5 | 64,6 |
| Берингово море (РФ, США) | 13,5 | 64,1 | 184,5 | 227,7 | 190,7 | 280,5 | 211,5 | 123,7 |
| ДВ бассейн (РФ, США) | 26,9 | 80,3 | 286,7 | 279,1 | 222,0 | 323,9 | 271,0 | 155,2 |
| Средняя биомасса наваги, тыс. т | | | | | | | | |
| Охотское море | 19,4 | 38,6 | 61,1 | 171,5 | 92,3 | 146,7 | 205,3 | 92,7 |
| Берингово море (РФ) | - | 63,2 | 63,8 | 37,4 | 109,5 | 150,6 | 71,5 | 84,9 |
| Японское море | 15,2 | 19,3 | 16,9 | 13,1 | 18,0 | 19,3 | 16,8 | 17,2 |
| Тихоокеанские воды | - | - | - | 8,5 | 10,0 | 22,1 | 10,5 | 14,7 |
| ДВ бассейн (РФ) | 20,5 | 102,2 | 141,8 | 222,9 | 229,8 | 338,6 | 304,1 | 176,2 |
| Средние уловы наваги, тыс. т | | | | | | | | |
| Охотское море | 6,1 | 3,1 | 4,9 | 25,3 | 18,8 | 25,9 | 29,7 | 12,8 |
| Берингово море (РФ) | 2,2 | 4,7 | 7,1 | 6,0 | 5,7 | 9,6 | 7,5 | 5,0 |
| Тихоокеанские воды | 0,8 | 5,3 | - | 0,3 | 0,8 | 1,7 | 1,6 | 1,8 |
| Японское море | - | 2,5 | - | 0,9 | 1,7 | 2,0 | 2,4 | 1,7 |
| ДВ бассейн (РФ) | 9,4 | 10,1 | 12,0 | 32,2 | 27,0 | 39,2 | 41,2 | 19,9 |

Примечание. Жирным шрифтом выделены наибольшие средние показатели биомассы и уловов тресковых рыб

Таблица 2. Распределение числа группировок тресковых рыб в дальневосточных морях, тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов и их суммарный вылов (тыс. т) за период с 1935 по 2024 гг.

Table 2. Distribution of the number of cod fishes groups in the Far Eastern seas, pacific waters of Kamchatka and the Kuril Islands and their total catch (thousand tons) for the period from 1935 to 2024

| Вид | Показатель | Минтай | Треска | Навага | Все тресковые |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Чукотское море (РФ) | Число группировок, ед. | 2 ¹ | - | - | 2 ¹ |
| | Суммарный вылов, тыс. т | 58,708 ² | - | - | 58,708 ² |
| Берингово море (РФ) | Число группировок, ед. | 2 | 2 | 3 | 7 |
| | Суммарный вылов, тыс. т | 28882,985 ² | 2610,814 ² | 435,961 | 31929,760 ² |
| Берингово море | Число группировок, ед. | 3 | 3 | 3 | 9 |
| | Суммарный вылов, тыс. т | 100336,985 | 10766,134 | 435,961 ³ | 111539,080 ³ |
| Охотское море | Число группировок, ед. | 2 | 2 | 3 | 7 |
| | Суммарный вылов, тыс. т | 62623,945 | 1053,351 | 1086,971 | 64764,267 |
| Тихоокеанские воды | Число группировок, ед. | 2 | 3 | 3 | 8 |
| | Суммарный вылов, тыс. т | 16294,139 | 1838,181 | 53,020 | 18185,340 |
| Японское море (РФ) | Число группировок, ед. | 2 | 2 | 2 | 6 |
| | Суммарный вылов, тыс. т | 2550,381 | 314,246 | 59,169 | 2923,796 |
| Весь ДВ регион (РФ) | Число группировок, ед. | 8 | 9 | 11 | 28 |
| | Суммарный вылов, тыс. т | 110410,158 ² | 5816,592 ² | 1634,304 | 117861,054 ² |
| | Суммарный вылов, % | 93,7 | 4,9 | 1,4 | 100,0 |
| Весь ДВ регион | Число группировок, ед. | 9 | 10 | 11 | 30 |
| | Суммарный вылов, тыс. т | 181864,158 | 13972,342 | 1634,304 ³ | 197470,804 ³ |
| | Суммарный вылов, % | 92,1 | 7,1 | 0,8 | 100,0 |

Примечание: 1 – допускается, что в Чукотское море мигрирует половозрелый минтай из 2-х группировок: восточноберинговоморской и анадырско-наваринской; 2 – суммарный вылов включает как вылов местных группировок, так и вылов рыб восточноберинговоморских группировок, зашедших в ходе нагульных миграций в российские воды; 3 – без уловов наваги из восточной части Берингова моря

Note: 1 – it is assumed that mature walleye pollock from 2 groups migrate to the Chukchi Sea: the eastern Bering Sea and the Anadyrsko-Navarinskaya; 2 – the total catch includes both the catch of local groups and the catch of fish from the eastern Bering Sea groups that entered Russian waters during feeding migrations; 3 – excluding catches of saffron cod from the eastern part of the Bering Sea

они находились на невысоком уровне. В 2010-х гг. выявлен существенный рост биомассы минтая в восточной и северо-западной акватории Берингова, в восточной части Охотского морей и тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов. И, наконец, уровень запасов вида выше среднемноголетнего в последние 6 лет (2020-2025 гг.) фиксируется у большинства группировок (за исключением западноберинговоморской популяции, у которой при этом наметился тренд на повышение). Отметим также, что прогрев вод Чукотского моря и рост запасов минтая в восточной и северо-западной частях Берингова моря в 2010-х гг. привёл к тому, что некоторая его часть с 2018 г. начала мигрировать на нагул на юго-западный шельф Чукотского моря, впервые сформировав здесь скопления достаточные для рентабельного промысла, сопоставимого с существующим в настоящее время в рос-

сийских водах Японского моря [Орлов и др., 2019; Датский и др., 2022].

У трески практически у всех проанализированных группировок отмечена наибольшая биомасса в 1980-1990-е гг. (рис. 9). Причём, если у рыб, обитающих у Курильских островов, берегов Приморья и в восточной части Берингова моря, высокие оценки обилия из 1970-х гг. переходили в 1980-е гг. и постепенно снижались до минимума к началу 2000-х гг., то запасы карагинской и западнокамчатской популяций после повышенных показателей в 1980-е гг. достигали максимальных уровней в 1990-е гг. В 2000-х гг. высоких значений биомассы трески по району исследований не наблюдали, за исключением североохотоморского стада. Но уже с начала 2010-х гг. у берегов Южных Курил, в российских водах Японского моря, восточной и северо-западной частях Берингова моря запасы вида существенно выросли. Аномально высокая

Таблица 3. Общая характеристика запасов тресковых рыб в дальневосточных морях и прилегающих тихоокеанских водах в 1957-2025 гг.

Table 3. General characteristics of cod fishes stocks in the Far Eastern seas and adjacent pacific waters in 1957-2025

| Вид, группировка | Период исследования | Тренд изменения биомассы | Среднее значение биомассы (пределы), тыс. т | Периоды биомассы выше среднемноголетнего значения |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------------|---|--|
| Минтай восточнохотоморский | 1963-2025 | Повышение | 7513,8 (2950-10100) | 1982-1997, 2008-2025 |
| Минтай восточноберинговоморской (США) | 1964-2025 | Повышение | 7447,8 (1777-13125) | 1981-1989, 1992-2005, 2012-2019, 2021-2025 |
| Минтай анадырско-наваринский | 1978-2025 | На одном уровне | 2580,5 (1200-4500) | 1984-1989, 2003-2005, 2010, 2018-2023 |
| Минтай восточнокамчатский | 1975-2025 | Повышение | 1097,8 (573-2266) | 1976-1979, 2008-2025 |
| Минтай западноберинговоморской | 1970-2025 | Снижение | 981,9 (63-2306) | 1970-1992 |
| Минтай северовосточносахалинский | 1976-2025 | Снижение | 666,5 (50-2150) | 1976-1984, 1986, 1987, 2015, 2019-2025 |
| Минтай южнокурильский | 1986-2025 | На одном уровне | 447,0 (125-1250) | 1986-1991, 2007, 2008, 2011, 2012, 2015-2022, 2024, 2025 |
| Минтай приморский | 1976-2025 | Снижение | 136,7 (30-324) | 1978-1991, 1999-2002, 2011, 2021-2025 |
| Минтай западносахалинский | 1958-2025 | Снижение | 115,4 (24-380) | 1958-1966, 1971-1981, 1983-1991, 20,0-2025 |
| Минтай западночукотский* | 1997-2025 | Повышение | 72,6 (0,1-380) | 2019-2025 |
| Минтай в целом | | Повышение | 18250,4 (175-30901) | 1981-1997, 2003-2005, 2009-2025 |
| Треска восточноберинговоморская (США) | 1978-2025 | Снижение | 890,0 (489-1423) | 1980-1990, 2013-2019 |
| Треска анадырско-наваринская | 1968-2025 | Повышение | 336,6 (12-1632) | 2007-2011, 2015-2023 |
| Треска западнокамчатская | 1957-2025 | Повышение | 170,7 (35-440) | 1957, 1978-2000, 2024, 2025 |
| Треска караагинская | 1970-2025 | Снижение | 126,6 (25-350) | 1978-1986, 1988-1996, 1998, 1999, 2004, 2005 |
| Треска северокурильская | 1975-2025 | Снижение | 111,5 (21-350) | 1975-1989 |
| Треска восточнонокамчатская | 1977-2025 | Снижение | 96,9 (58-274) | 1980-1991 |
| Треска южнокурильская | 1981-2025 | Снижение | 46,6 (27-86) | 1981-1989, 2019-2025 |
| Треска западносахалинская | 1983-2025 | Повышение | 22,2 (6-69) | 1985-1992, 2017-2025 |
| Треска северохотоморская | 2000-2025 | Снижение | 11,6 (5-17) | 2001-2009, 2015-2019 |
| Треска приморская | 1978-2025 | Снижение | 7,9 (2-14) | 1978-1989, 2014-2025 |
| Треска в целом | | Повышение | 1380,7 (35-3106) | 1979-1998, 2009-2025 |
| Навага западнокамчатская | 1957-2025 | Повышение | 70,6 (4-178) | 1990-2000, 2007-2025 |
| Навага караагинская | 1974-2025 | Повышение | 65,8 (26-170) | 1980-1983, 2010-2021 |
| Навага анадырско-наваринская | 1996-2025 | Снижение | 33,1 (10-121) | 2003-2009, 2017 |
| Навага западнокамчатская | 1970-2025 | Снижение | 25,9 (7-50) | 1976-1981, 1986-1990, 1995-2003, 2010, 2011, 2023-2025 |
| Навага южнокурильская | 2000-2025 | Повышение | 14,7 (4-58) | 2009-2014, 2019-2021 |
| Навага приморская | 1970-2025 | Повышение | 13,7 (7-28) | 1970, 1975-1978, 1989, 1993, 2005-2014, 2016, 2021 |
| Навага западносахалинская | 1973-2025 | Снижение | 3,7 (0,9-8,3) | 1973-1982, 1984-1989, 1992, 1993, 2010, 2021, 2022 |
| Навага северохотоморская | 1985-2025 | Повышение | 2,8 (1,5-4,7) | 2000, 2001, 2009-2011, 2015-2020, 2023-2025 |
| Навага в целом | | Повышение | 176,2 (10-389) | 1991-2025 |
| Тресковые рыбы в целом | | Повышение | 19498,4 (190-33570) | 1981-1998, 2003-2005, 2009-2025 |

Примечание.* – минтай, зашедший из северной части Берингова моря, выделен исключительно по пребыванию в западной части Чукотского моря, группировки в пределах видов приведены в порядке убывания их среднемноголетней биомассы; по причине отсутствия долговременной информации не представлены данные по восточнонокамчатской и северокурильской наваге
Note: * – walleye pollock that came from the northern part of the Bering Sea is distinguished exclusively by its presence in the western part of the Chukchi Sea; groups within species are given in descending order of their average long-term biomass; due to the lack of long-term information, data on the eastern Kamchatka and northern Kuril saffron cod are not presented

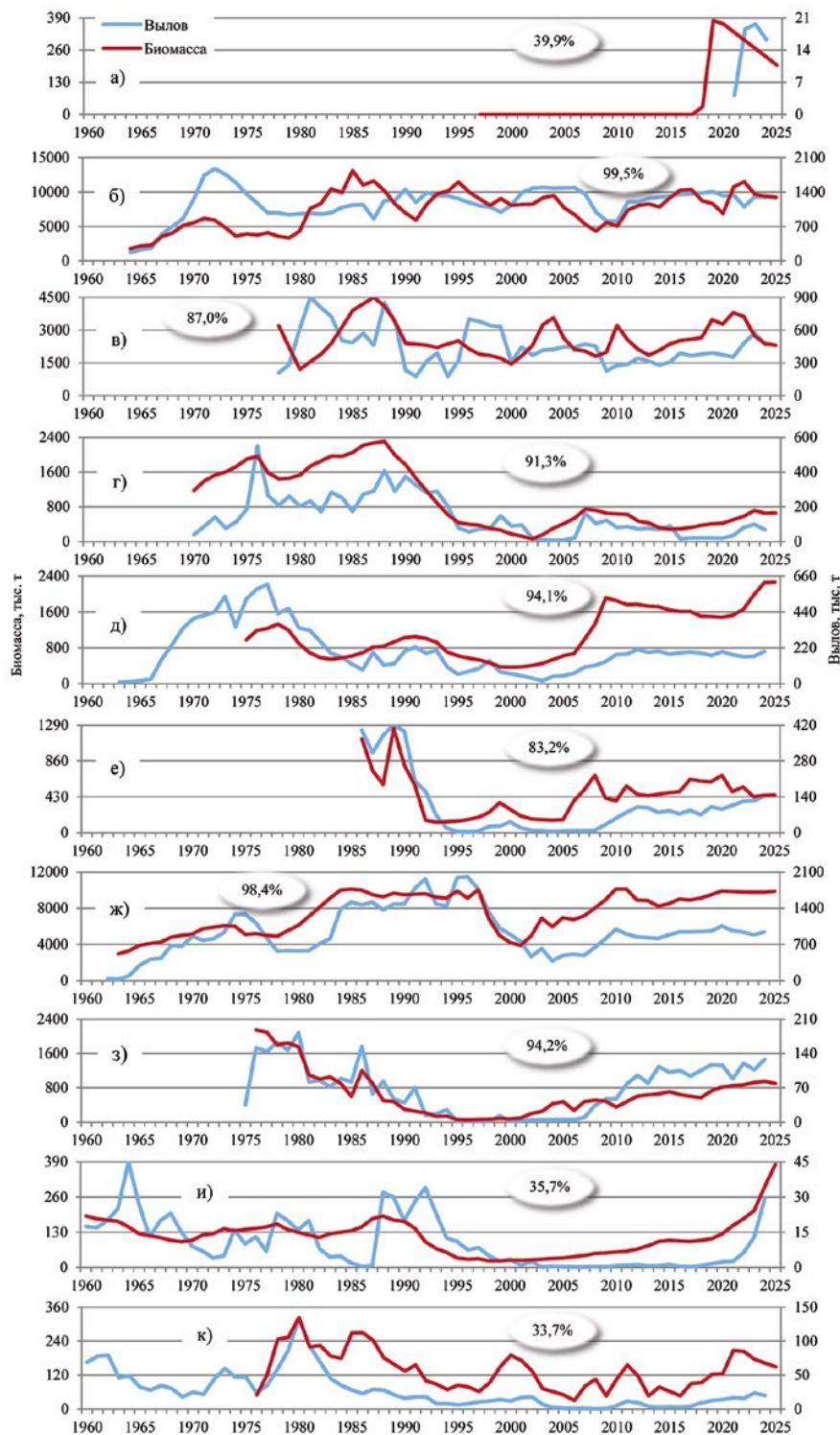


Рис. 8. Биомасса и вылов (тыс. т) группировок минтая в Дальневосточном регионе.

а – западночукотская, б – восточноберинговоморская, в – анадырско-наваринская, г – западноберинговоморская, д – восточнокамчатская, е – южнокурильская, ж – восточноокhotsкская, з – северовосточносахалинская, и – западносахалинская, к – приморская. Для западночукотского и северовосточносахалинского минтая приведена промысловая биомасса, для прочих группировок – общая, в овале осреднённый по данным 2000-х гг. % освоения утвержденного объема вылова

Fig. 8. Biomass and catch (thousand tons) of walleye pollock groups in the Far East region.

а – western Chukchi Sea, б – Eastern Bering Sea, в – Anadyrsko-Navarinskaya, г – western Bering Sea, д – eastern Kamchatka, е – southern Kuril, ж – eastern Okhotsk Sea, з – northeast Sakhalin, и – western Sakhalin, к – Primorskaya. Commercial biomass is given for western Chukchi Sea and northeast Sakhalin walleye pollock, total biomass is given for other groups, in the oval is the averaged % of the approved catch volume developed according to the 2000s data

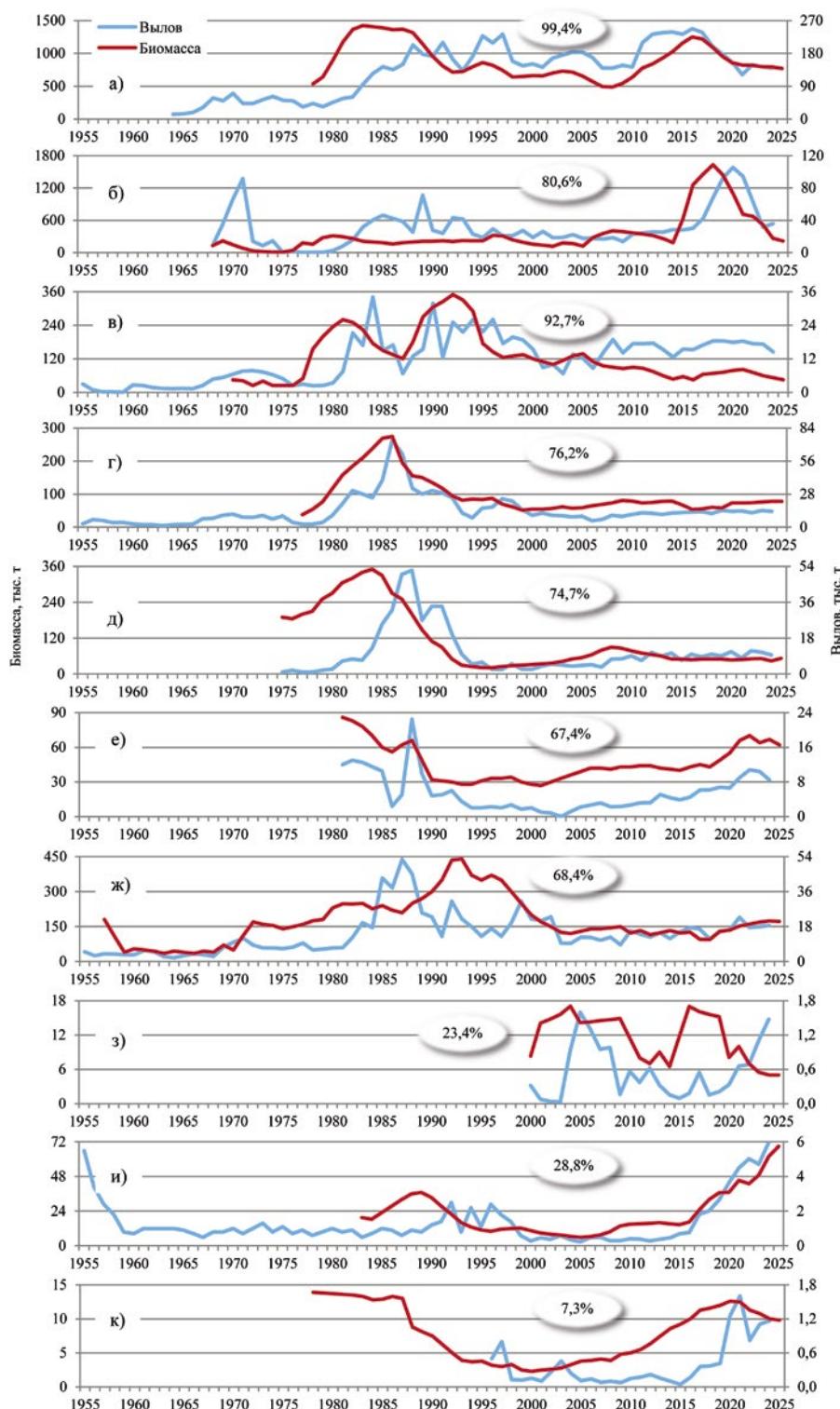


Рис. 9. Биомасса и вылов (тыс. т) группировок трески в Дальневосточном регионе.

а – восточноберинговоморская, б – анадырско-наваринская, в – карагинская, г – восточнокамчатская, д – северокурильская, е – южнокурильская, ж – западнокамчатская, з – североокhotsкая, и – западносахалинская, к – приморская. Для восточноберинговоморской и приморской трески приведены общая и нерестовая биомассы соответственно, для прочих группировок – промысловая, прочие обозначения как на рис. 8

Fig. 9. Biomass and catch (thousand tons) of Pacific cod groups in the Far East region.

а – eastern Bering Sea, б – Anadyrsko-Navarinskaya, в – Karaginskaya, г – eastern Kamchatka, д – northern Kuril, е – southern Kuril, ж – western Kamchatka, з – northern Okhotsk, и – western Sakhalin, к – Primorskaya. For the eastern Bering Sea and Primorskaya Pacific cod, the total and spawning biomass are given, respectively, for other groups – commercial, other designations as in fig. 8

биомасса трески за весь период исследований в последнем районе стала следствием потепления водных масс на севере моря и формирования доступной кормовой базы, способствующих появлению нескольких урожайных поколений и обусловливающих высокий уровень миграции рыб из восточной части моря [Датский и др., 2023; Зуенко и др., 2025]. К середине 2020-х гг. отмечено снижение запасов трески после их пиковых значений в 2010-х гг. У карагинской, восточнокамчатской, северокурильской и западнокамчатской трески биомасса остаётся на стабильно низком уровне. Данные по североохотоморской популяции также указывают на вероятное снижение её запасов.

Из 8-ми группировок наваги, обитающих в российских водах, наиболее продолжительные по протяжённости исследования имеются у 5-ти: карагинской, западнокамчатской, восточно- и западносахалинской, приморской (рис. 10). Все они, за исключением западнокамчатской, формировали довольно высокую биомассу в 1970-1980-е гг. В следующее десятилетие наибольшее обилие показала навага западной Камчатки, восточного Сахалина и северо-западной акватории Охотского моря. Повышенные оценки биомассы в 2000-е гг. замечены в северо-западной части Берингова моря и, в меньшей степени, у восточного Сахалина. С начала 2010-х гг. можно констатировать рост запасов карагинской, южнокурильской, западнокамчатской, североохотоморской и приморской популяций. К середине 2020-х гг. относительно высокие оценки биомассы показали лишь стада наваги, обитающие в водах Охотского моря.

Вся имеющаяся информация по промыслу тресковых рыб представлена в табл. 4, а также на рис. 8-10. Наиболее продолжительные ряды данных по уловам отмечены для восточноберингоморского, восточноохотоморского, восточнокамчатского, приморского и западносахалинского минтая, восточно- и западнокамчатской, карагинской и западносахалинской трески, западнокамчатской и карагинской наваги. Напротив, лишь в конце 1990-х гг. – начале 2000-х гг. сложились условия для промысла приморской и североохотоморской трески, североохотоморской, восточнокамчатской и северокурильской наваги, с 2021 г. начали добывать минтая в Чукотском море. Это обусловлено величиной запасов тресковых рыб, их естественными флюктуациями и происходящими во временной перспективе экономическими и социальными изменениями в стране и рыбной отрасли: в первую очередь, промыслом охватывают наиболее многочисленные и доступные для освоения группировки, впоследствии приходит черёд и остальным (малочисленным и/или географически удалённым) стадам.

Наибольшие уловы обеспечивают минтай и треска восточной и северо-западной частей Берингова моря, восточноохотоморский минтай, западнокамчатская, карагинская и восточносахалинская навага. Наименьшие показатели вылова отмечаются для минтая и трески Японского и Чукотского морей, трески и наваги северной части Охотского моря, а также для наваги восточной Камчатки и Северных Курил. В целом, за весь период наблюдений тренд на увеличение добычи зафиксирован у 3, 8 и 7 популяций соответственно минтая, трески и наваги (табл. 4). При этом с 1955 по 2024 гг. результативность промысла рыб различных стад в ДВ бассейне существенно различалась, во многом вследствие динамики их запасов (рис. 8-10).

Минтай, начало масштабной добычи которого пришлось на 1960-е гг., обеспечивал наибольшие уловы в этот период преимущественно у берегов западного Сахалина и Приморья (рис. 8). В 1970-е гг. флот начал активно осваивать его ресурсы в восточной и юго-западной частях Берингова моря, тихоокеанских водах Камчатки и Охотском море. В 1980-е гг. промысел минтая показал наилучшие результаты в восточной и северо-западной акваториях Берингова моря, в Охотском море и у южных Курильских островов. В 1990-е гг. высокие запасы рыб обеспечивали пиковые показатели вылова по всему Берингову морю, северо-западной части Охотского моря и у западного Сахалина. В 2000-е гг. результативность промысла большинство стад минтая была на относительно невысоком уровне (сравнительно со всем периодом ведения его добычи), за исключением восточно-берингоморской популяции. С начала 2010-х гг. наметилась тенденция к росту уловов в тихоокеанских водах Камчатки, Курильских островов и у восточного Сахалина, с начала 2020-х гг. – в северо-западной части Берингова моря и у западного Сахалина. Также в 2021-2024 гг., в сопоставимом с уловами минтая в российских водах Японского моря масштабе, впервые были обловлены его ресурсы в юго-восточной части Чукотского моря. В общем итоге к 2025 г. вылов минтая достиг высокого (северовосточносахалинская, западносахалинская, западночукотская), среднего (восточноберингоморская, анадырско-наваринская, восточнокамчатская, восточноохотоморская, южнокурильская) и низкого (западноберингоморская, приморская) уровней. При этом хорошо заметно связанное с динамикой запасов минтая его освоение: рост ресурсов той или иной группировки приводит к повышению активности флота в районе её обитания и соответственно уловов.

Начало промышленного рыболовства трески на Дальнем Востоке было положено в 1920-1930-е гг.,

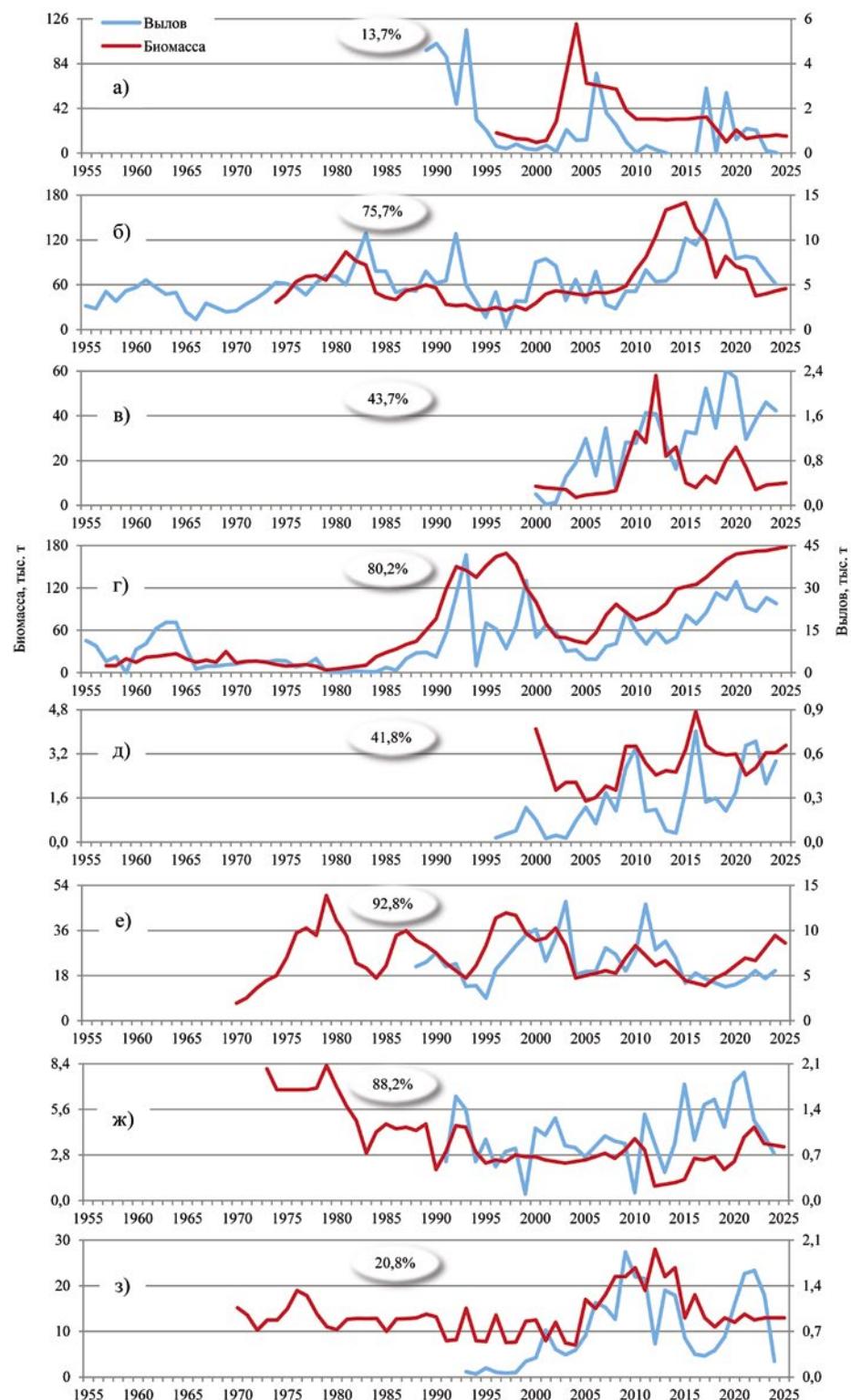


Рис. 10. Биомасса и вылов (тыс. т) группировок наваги в Дальневосточном регионе.

а – анадырско-наваринская, б – карагинская, в – южнокурильская, г – западнокамчатская, д – североокхотоморская, е – восточно- сахалинская, ж – западносахалинская, з – приморская. Для приморской наваги приведена общая биомасса, для прочих группировок – промысловая, прочие обозначения как на рис. 8

Fig. 10. Biomass and catch (thousand tons) of saffron cod groups in the Far East region.

a – Anadyrsko-Navarinskaya, б – Karaginskaya, в – southern Kuril, г – western Kamchatka, д – northern Okhotsk, е – eastern Sakhalin, ж – western Sakhalin, з – Primorskaya. For the Primorskaya saffron cod, the total biomass is given, for other groups – commercial, other designations are as in fig. 8

Таблица 4. Общая характеристика промысла тресковых рыб в дальневосточных морях и прилегающих тихоокеанских водах в 1935-2024 гг.

Table 4. General characteristics of cod fisheries in the Far Eastern seas and adjacent pacific waters in 1935-2024

| Вид, группировка | Период исследования | Тренд изменения вылова | Среднее значение вылова (предель), тыс.т | Периоды уловов выше среднемноголетнего значения |
|--|---------------------|------------------------|--|---|
| Минтай восточноберинговоморской (США) | 1964-2024 | Повышение | 1111,4 (175,0-1874,5) | 1970-1976, 1988-1996, 2001-2007, 2011-2021, 2023, 2024 |
| Минтай восточнохотоморский | 1962-2024 | Снижение | 940,5 (26,0-2006,0) | 1974-1976, 1984-1999, 2010, 2016-2021 |
| Минтай анадырско-наваринский | 1978-2024 | Снижение | 446,0 (178,0-900,0) | 1980-1989, 1996-1999, 2001, 2005, 2007, 2008, 2022-2024 |
| Минтай восточнокамчатский | 1963-2024 | Снижение | 198,5 (10,0-610,0) | 1968-1982, 1990, 1991, 1993, 2012, 2014, 2024 |
| Минтай западноберинговоморской | 1970-2024 | Снижение | 144,0 (8,6-549,0) | 1975-1994, 1999, 2007 |
| Минтай южнокурильский | 1986-2024 | Снижение | 102,2 (3,0-422,0) | 1986-1992, 2021-2024 |
| Минтай северовосточносахалинский | 1975-2024 | Снижение | 67,5 (1,0-182,0) | 1976-1986, 1988, 1991, 2011-2024 |
| Минтай приморский | 1950-2024 | Снижение | 24,7 (0,3-134,0) | 1959-1968, 1970, 1972-1975, 1977-1985, 1987, 1988 |
| Минтай западночукотский* | 2021-2024 | Повышение | 14,7 (4,1-19,7) | 2022-2024 |
| Минтай западносахалинский | 1958-2024 | Снижение | 10,4 (0,2-4,5) | 1960-1969, 1974, 1976-1981, 1988-1995, 2023, 2024 |
| Минтай в целом | | 1950-2024 | Повышение | 2424,9 (3,0-494,0) |
| Треска восточноберинговоморская (США) | | 1964-2024 | Повышение | 145,5 (13,4-257,8) |
| Треска анадырско-наваринская | | 1968-2024 | Повышение | 30,6 (0,1-105,3) |
| Треска восточнокамчатская | | 1935-2024 | Повышение | 11,7 (1,4-74,0) |
| Треска западнокамчатская | | 1935-2024 | Повышение | 11,5 (1,0-52,5) |
| Треска северокурильская | | 1975-2024 | Снижение | 10,8 (1,0-52,0) |
| Треска каралинская | | 1935-2024 | Повышение | 9,6 (0,03-34,1) |
| Треска южнокурильская | | 1981-2024 | Снижение | 5,5 (0,02-22,5) |
| Треска западносахалинская | | 1935-2024 | Повышение | 3,4 (0,2-29,0) |
| Треска северохотоморская | | 2000-2024 | Повышение | 0,6 (0,04-1,6) |
| Треска приморская | | 1996-2024 | Повышение | 0,4 (0,05-1,6) |
| Треска в целом | | 1935-2024 | Повышение | 155,2 (6,4-394,8) |
| Навага западнокамчатская | | 1937-2024 | Повышение | 9,9 (0,01-4,17) |
| Навага залива Терпения (вост. Сахалин) | | 1988-2024 | Снижение | 6,5 (2,5-13,2) |
| Навага каралинская | | 1937-2024 | Повышение | 4,5 (0,2-14,9) |
| Навага южнокурильская | | 1961-2024 | Повышение | 1,7 (0,02-12,0) |
| Навага анадырско-наваринская | | 1989-2024 | Снижение | 1,2 (0,01-5,5) |
| Навага западносахалинская | | 1972-2024 | Снижение | 1,0 (0,1-2,5) |
| Навага приморская | | 1993-2024 | Повышение | 0,7 (0,05-1,9) |
| Навага северохотоморская | | 1996-2024 | Повышение | 0,3 (0,02-0,8) |
| Навага восточнокамчатская | | 1997-2024 | Повышение | 0,04 (0,001-0,42) |
| Навага северокурильская | | 2000-2024 | Повышение | 0,04 (0,001-0,17) |
| Навага в целом | | 1937-2024 | Повышение | 19,2 (0,2-57,5) |
| Тресковые рыбы в целом | | 1935-2024 | Повышение | 2194,1 (15,6-4906,1) |
| Примечание: Группировки в пределах видов приведены в порядке убывания их среднемноголетнего вылова | | | | |

однако значительных масштабов её уловы стали достигать только с конца 1960-х гг. после модернизации добывающих судов и орудий лова [Антонов, 2011; Антонов и др., 2024 а]. В 1950-е гг. относительно высокий вылов трески отмечен только у западного Сахалина (рис. 9). В последующие два десятилетия значимые уловы выявлены только в Беринговом море. В 1980-1990-е гг. существенный рост добычи трески наблюдали по большинству группировок, за исключением рыб Японского моря (уловы здесь подросли только с середины 1990-е гг.) и северной части Охотского моря (промысел начали с 2000-х гг.). Сравнительно невысокие уловы относительно всего периода исследований (обусловленные низкими запасами) отмечены в 2000-х гг., когда их рост зафиксирован только в северной части Охотского моря и восточной части Берингова моря. В последнем районе добычу трески ещё более увеличили в 2010-х гг., также в этот период наметилась тенденция к росту уловов рыб западной части Берингова моря и Южных Курил. С начала 2020-х гг. значимо подрос вылов трески Японского моря, южных Курильских островов и северной части Охотского моря, а добыча прочих популяций находится либо на стабильно среднем (карагинская, западнокамчатская) или низком (восточнокамчатская, северокурильская) уровнях, либо снижается до среднемноголетних оценок после высоких уловов 2010-х гг. (восточноберингоморская, анадырско-наваринская).

Дальневосточный промысел наваги берет свое начало с 1930-х гг., когда её добывали в основном у Сахалина и Камчатки. Её вылов, как и у трески, резко вырос в 1950-1960-е гг. с повышением уровня организации промышленного рыболовства [Антонов и др., 2024 а]. В эти годы наибольшие уловы отмечены у карагинской и западнокамчатской наваги (рис. 10). В 1970-е гг. добыча рыб в юго-западной части Берингова моря росла и достигла максимумов в начале 1980-х, 1990-х и 2000-х и в конце 2010-х годов. У западной Камчатки уловы наваги после периода относительно низких показателей пришли к наибольшему значению только в 1990-е и в 2018-2024 годы. Ещё у одной из многочисленных группировок наваги, обитающей у юго-восточного Сахалина, максимальный вылов пришёлся на начало 2000-х и 2010-х годов. Меньшие по обилию рыбы северо-западных частей Охотского и Берингова морей имели сходную динамику уловов: максимумы в начале 2000-х и конце 2010-х годов (анадырско-наваринское стадо обеспечивало высокие уловы и в 1989-1993 гг.). У западного Сахалина наибольшая добыча наваги отмечена в 1992, 1993, 2000-2002 и 2015-2023 годах, у берегов Приморья – в 2006-2011 и 2020-2024 гг., у Юж-

ных Курил – в 2017-2024 гг. В настоящее время максимальные уловы наблюдаются у западнокамчатской, южнокурильской и североохотоморской популяций, минимальные – у анадырско-наваринской группировки. В отличие от минтая и трески, навагу добывают не только судами, но и базирующимися на берегу бригадами, использующими в прибрежных водах различные орудия лова (ставные невода, сети, вентери) [Датский и др., 2023; Новикова и др., 2023], а эффективность такого промысла во многом зависит от его организации.

Несколько слов об обитающей у берегов восточной Камчатки и северных Курильских островов наваге. По немногочисленным данным запасы восточнокамчатской и северокурильской группировок оценивают соответственно в 17,2 и 0,1 тыс. т [Новикова и др., 2023; Новикова, 2024]. При этом нерестовую (до 70% всех уловов) и нагульную навагу добывают как судами среднего и малого рыболовного флота (снурреводы, тралы) преимущественно в виде прилова в ходе промысла минтая, трески и камбал, так и с берега (лагуны, эстуарии рек, озёра) с помощью ставных и закидных сетей. За период с 1997 по 2024 гг. уловы рыб у юго-восточной Камчатки не превышали 420 т (в 2002 г.), у Северных Курил – 170 т (2017 г.), у первой группировки наблюдается отрицательный тренд изменения вылова, у второй – положительный (рис. 11). Отметим также сходство динамики добычи наваги у берегов северных и южных Курильских островов (рис. 10 в, 11).

Ранее для отдельных группировок рыб (минтай, треска, навага, терпуги, камбалы, сельдь) было показано [Датский и др., 2021], что их добыча ведётся в щадящем режиме, а сам промысел не может считаться доминирующим фактором воздействия на запасы. В настоящей работе этот же алгоритм расчётов (отношение уловов к биомассе или коэффициент эксплуатации) был использован на большем числе группировок тресковых рыб (табл. 5). Полученные результаты показали, что с 1957 по 2024 годы наиболее активно рыбная промышленность облавливалась минтая и треску Берингова моря и тихоокеанских вод Камчатки, минтая Южных Курил, треску Северных Курил, навагу у берегов западного и восточного побережья Сахалина. В 2020-2024 гг. выявлено увеличение промыслового воздействия на запасы минтая, трески и наваги у южных Курильских островов и Приморья, минтая и трески в северо-западной части Берингова моря и у западного Сахалина, трески и наваги в северо-западной части Охотского моря, трески у Северных Курил, наваги – в юго-западной части Берингова моря. Напротив, наименьшему давлению рыболов-

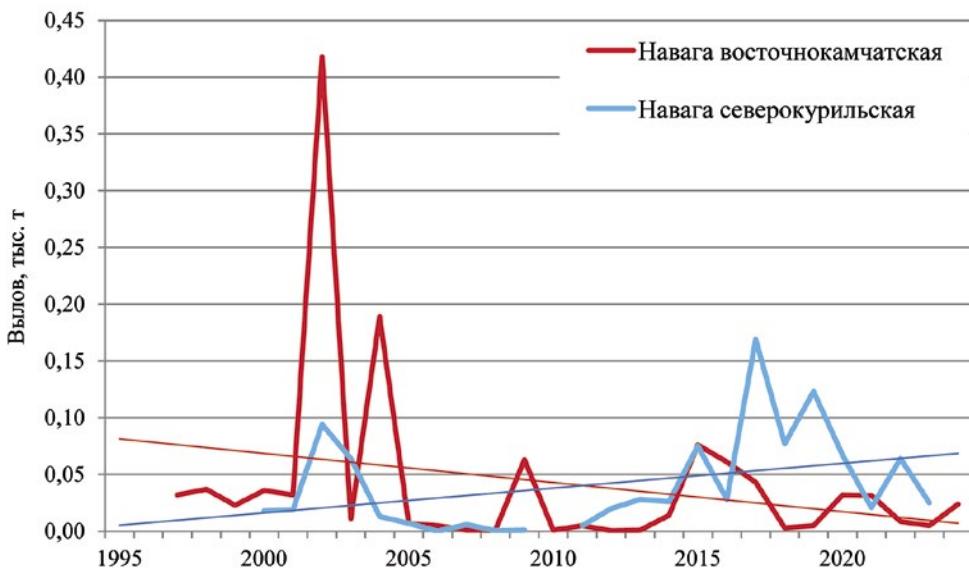


Рис. 11. Распределение уловов (тыс. т) восточнокамчатской и северокурильской наваги в 1997-2024 годах. Прямыми линиями показаны тренды изменения вылова

Fig. 11. Distribution of catches (thousand tons) of eastern Kamchatka and northern Kuril saffron cod in 1997-2024. Straight lines show trends in catch changes

ства за весь период исследований были подвержены западносахалинские группировки минтая и трески, приморские треска и навага, анадырско-наваринская навага, северовосточносахалинский минтай и треска северо-западной части Охотского моря. В целом в последние годы, по сравнению с 2010-2019 гг., коэффициент эксплуатации вырос у 5, 6 и 4 группировок соответственно минтая, трески и наваги, что свидетельствует об их благоприятном состоянии, учитывая, что прогнозные оценки биомассы и вылова рассчитывали в рамках предосторожного подхода [Бабаян, 2000].

Наибольший коэффициент эксплуатации тресковых рыб отмечен в 1970-1990-е гг. (16 запасов из 28). У минтая в этот период он зафиксирован у 8 из 10 исследуемых стад, у трески – у 7, а у наваги всего у одной группировки (табл. 5). В начале 2000-х годов промысловый пресс на большинство популяций снизился (за исключением минтая и трески восточной части Берингова моря, трески и наваги у западной Камчатки, наваги у берегов Сахалина и Приморья), а в 2010-2024 гг. воздействие рыболовства снова возросло, особенно на навагу.

Ещё один важный вывод можно сделать из данных табл. 5, а, именно, то, что только 8 группировок рыб из 28 максимально эксплуатировали на пике их биомасс, у прочих стад большая промысловая нагрузка отмечалась до или после максимумов обилия. У минтая таких группировок было 6 (анадырско-наваринская, восточнокамчатская, южнокурильская, восточноохото-

морская, рыбы восточного Сахалина и юго-восточной части Чукотского моря), у трески – всего 2 (южнокурильская и западнокамчатская), у наваги – ни одной. В определённой степени это объясняется сложностью краткосрочного прогнозирования и инерцией процедуры утверждения объёмов вылова. Однако сам факт того, что на фоне снижения биомассы базовых популяций растёт их промышленное изъятие, вероятно, требует выяснения причин происходящего. В противном случае наблюдается ситуация, когда при высоких запасах рыбу облавливают недостаточно, а при их снижении (или низком уровне) вылов, наоборот, растёт, что в конечном итоге отражается на состоянии популяций и перспективах промысла отдельных видов.

И в заключение оценим перспективы промысла тресковых рыб в Дальневосточном рыболово-промышленном бассейне. В первую очередь, их добыча будет зависеть от урожайности отдельных поколений и периодичности их появления. Ранее на большом практическом материале было показано [Датский и др., 2021; Датский, Датская, 2023], что именно генерации повышенной численности в большинстве своём являлись основой для формирования высокой биомассы морских рыб. При этом далеко не всегда её рост есть следствие влияния исключительно высокочисленных поколений (присутствует вклад, иногда значительный, смежных генераций), однако воздействие урожайных поколений на формирование пиков биомассы и уловов рыб очевидно. Сообразно выделенным максимум-

Таблица 5. Доля уловов тресковых рыб от их биомассы в Дальневосточном регионе в 1957-2024 гг., %

Table 5. The share of cod fishes catches from their biomass in the Far East region in 1957-2024, %

| Вид, группировка | 1957-1959 | 1960-1969 | 1970-1979 | 1980-1989 | 1990-1999 | 2000-2009 | 2010-2019 | 2020-2024 | 1957-2024 (средняя, пределы) |
|--|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------|
| Минтай южнокурильский | - | - | - | 44,2 | 28,6 | 5,5 | 16,4 | 23,6 | 20,5 (1,4-107,3) |
| Минтай анадырско-наваринский | - | - | 9,7 | 24,9 | 20,9 | 18,5 | 13,5 | 14,9 | 19,1 (6,5-59,1) |
| Минтай восточнокамчатский | - | - | 44,5 | 26,3 | 18,6 | 9,5 | 11,4 | 10,4 | 18,9 (4,4-53,2) |
| Минтай восточноберинговоморский (США) | - | 14,3 | 30,8 | 10,9 | 14,4 | 18,5 | 15,2 | 13,7 | 17,4 (7,4-43,9) |
| Минтай западноберинговоморский | - | - | 11,7 | 12,9 | 26,6 | 22,9 | 13,7 | 10,0 | 16,9 (2,1-77,1) |
| Минтай приморский | - | - | 33,8 | 19,6 | 11,9 | 5,2 | 7,0 | 10,6 | 13,2 (0,3-48,0) |
| Минтай восточноохотоморский | - | 11,0 | 16,6 | 12,8 | 18,6 | 10,4 | 10,0 | 9,8 | 12,7 (0,9-25,2) |
| Минтай северовосточносахалинский | - | - | 7,7 | 10,2 | 10,0 | 3,1 | 15,6 | 12,7 | 9,9 (1,0-28,0) |
| Минтай западносахалинский | 4,0 | 17,9 | 8,3 | 7,5 | 23,7 | 3,1 | 1,2 | 4,6 | 9,5 (0,3-35,8) |
| Минтай западночукотский | - | - | - | - | - | - | - | 5,5 | 5,5 (1,2-7,4) |
| Треска восточноберинговоморская (США) | - | - | 6,6 | 9,7 | 23,8 | 26,0 | 22,2 | 17,4 | 19,4 (4,5-31,4) |
| Треска восточнокамчатская | - | - | 5,5 | 18,6 | 23,6 | 14,7 | 18,5 | 17,9 | 17,7 (4,7-35,7) |
| Треска анадырско-наваринская | - | 11,5 | 37,1 | 18,1 | 12,2 | 10,4 | 6,7 | 10,4 | 15,8 (0,04-118,8) |
| Треска карагинская | - | - | 14,6 | 8,8 | 11,0 | 11,7 | 25,5 | 25,2 | 15,2 (1,3-34,0) |
| Треска северокурильская | - | - | 0,7 | 10,4 | 23,7 | 8,8 | 16,4 | 21,2 | 13,9 (0,5-40,0) |
| Треска южнокурильская | - | - | - | 16,3 | 10,4 | 4,7 | 10,5 | 14,0 | 10,8 (0,1-34,1) |
| Треска западнокамчатская | 4,8 | 8,8 | 6,7 | 12,4 | 5,9 | 9,5 | 12,4 | 11,8 | 9,1 (2,2-25,0) |
| Треска западносахалинская | - | - | - | 2,9 | 10,8 | 4,9 | 4,3 | 10,1 | 6,4 (1,8-24,0) |
| Треска приморская | - | - | - | - | 12,8 | 5,7 | 2,5 | 10,4 | 6,4 (0,5-26,7) |
| Треска североохотоморская | - | - | - | - | - | 4,5 | 3,2 | 14,0 | 5,9 (0,2-29,5) |
| Навага западносахалинская | - | - | - | - | 25,7 | 36,0 | 61,5 | 40,7 | 41,4 (3,2-137,3) |
| Навага залива Терпения (восточный Сахалин) | - | - | - | 20,2 | 21,1 | 31,1 | 32,1 | 18,5 | 26,4 (8,3-49,7) |
| Навага западнокамчатская | 32,5 | 39,6 | 28,9 | 6,9 | 13,2 | 16,6 | 15,3 | 14,9 | 20,2 (0,1-71,4) |
| Навага южнокурильская | - | - | - | - | - | 10,4 | 9,1 | 15,2 | 10,8 (0,2-26,3) |
| Навага североохотоморская | - | - | - | - | - | 8,1 | 9,0 | 18,4 | 10,5 (0,8-27,0) |
| Навага карагинская | - | - | 9,1 | 10,2 | 12,8 | 10,7 | 7,9 | 12,1 | 10,3 (1,1-33,2) |
| Навага приморская | - | - | - | - | 1,0 | 5,6 | 4,5 | 9,1 | 4,8 (0,5-13,1) |
| Навага анадырско-наваринская | - | - | - | - | 1,8 | 1,9 | 4,5 | 3,7 | 3,0 (0,01-25,6) |

Примечание: Группировки в пределах видов приведены в порядке убывания среднемноголетней доли уловов от их биомассы за период с 1957 по 2024 годы. Жирным шрифтом выделены наибольшие доли (%) уловов рыб относительно их биомассы, а также группировки, доля вылова которых возросла в 2020-2024 гг. относительно 2010-2019 гг., серым цветом – периоды наибольшей биомассы рыб (см. рис. 8-10)

Note: Groupings within species are given in descending order of the average long-term share of catches from their biomass for the period from 1957 to 2024. The largest shares (%) of fishes catches relative to their biomass are highlighted in bold, as well as the groupings whose share of catches increased in 2020-2024 relative to 2010-2019, the periods of the highest fish biomass are highlighted in gray (see fig. 8-10)

мам биомассы была рассчитана периодичность формирования запасов рыб, которая для каждого вида или группировки изменялась от минимальных значений у лососей (3-7 лет) до наибольших величин у трески и камбал (10-13 лет). В настоящей работе такие исследования продолжили в отношении тресковых рыб: количество проанализированных группировок возросло с 16 до 28, добавлены данные о величине запасов в 2021-2025 гг.

В ходе анализа материалов, представленных на рис. 8-10, были выявлены средняя и предельная периодичности формирования биомассы минтая, трески и наваги, а также прогнозные ожидания максимумов их запасов в 2026-2037 гг. (табл. 6). В основном, наибольшие значения обилия рыб наглядно фиксируются на графиках многолетней динамики их запасов, лишь у отдельных стад (минтай западноберинговоморский, восточнокамчатский, северо-восточного и западного

Сахалина, треска Северных Курил) в некоторые временные периоды максимумы биомассы не наблюдали. Однако с учётом выявленной периодичности высоких оценок обилия для каждого из этих стад подобные максимумы должны были обнаружиться в конкретные годы (подчёркнуты в табл. 6). Основной причиной отсутствия высоких значений запасов указанных выше группировок минтая и трески следует признать чрезмерный и нерегулируемый промысел в 1980-1990-е годы [Зверькова, 2003; Антонов, 2011; Полтев, 2013].

По уточнённым данным периодичность в формировании повышенной биомассы у минтая различных группировок изменялась в среднем от 8,6 до 12,3 лет (пределы колебаний от 5 до 16 лет), у трески – от 11,0 до 13,3 лет (8-16), у наваги – от 8,0-12,0 лет (7-14)

(табл. 6). У минтая наименьшие интервалы между максимумами обилия наблюдали у рыб северо-западной и восточной частей Берингова моря, Южных Курил и Приморья, наибольшие – у стад, обитающих у западного и восточного Сахалина. У трески менее длительные по времени максимумы биомассы, как и у минтая, выявлены у восточноберинговоморской, южно-курильской и приморской популяций, наибольшая цикличность этого показателя зафиксирована среди рыб восточной, западной Камчатки и Северных Курил. Навага формировала высокие запасы с меньшей периодичностью у Южных Курил, Приморья и в северо-западной части Охотского моря, с большей цикличностью – в западной части Берингова моря, в заливе Терпения и у западной Камчатки.

Таблица 6. Максимумы биомассы тресковых рыб и периодичность их формирования в Дальневосточном регионе

Table 6. Maximum biomass of cod fishes and the frequency of their formation in the Far East region

| Вид, группировка | Максимумы биомассы, годы ¹ | Периодичность ² (средняя, пределы), лет | Прогнозные периоды роста биомассы (средняя, пределы), годы |
|---|---------------------------------------|--|--|
| Минтай анадырско-наваринский | 1978, 1987, 1995, 2004, 2010, 2021 | 8,6 (6-11) | 2030 (2027-2032) |
| Минтай западночукотский | 2019 | 9,4 (5-14) ³ | 2030 (2027-2034) |
| Минтай восточноберинговоморский (США) | 1971, 1985, 1995, 2004, 2017, 2022 | 10,2 (5-14) | 2032 (2027-2036) |
| Минтай южнокурильский | 1989, 1999, 2008, 2020 | 10,3 (9-12) | 2030 (2029-2032) |
| Минтай приморский | 1980, 1986, 2000, 2011, 2021 | 10,3 (6-14) | 2031 (2027-2035) |
| Минтай восточнокамчатский | 1978, 1991, 2000, 2009, 2024 | 11,3 (9-15) | 2035 (2033-2039) |
| Минтай восточноохотоморский | 1973, 1985, 1997, 2010, 2020 | 11,8 (10-13) | 2032 (2030-2033) |
| Минтай западноберинговоморский | 1976, 1988, 1997, 2007, 2023 | 11,8 (9-16) | 2035 (2033-2040) |
| Минтай северовосточносахалинский | 1976, 1986, 1996, 2008, 2024 | 12,0 (10-16) | 2036 (2034-2040) |
| Минтай западносахалинский | 1978, 1988, 2002, 2015, 2025 | 12,3 (10-14) | 2037 (2035-2039) |
| Треска восточноберинговоморская (США) | 1983, 1995, 2003, 2016 | 11,0 (8-13) | 2027 (2026-2029) |
| Треска южнокурильская | 1988, 1998, 2011, 2022 | 11,3 (10-13) | 2033 (2032-2035) |
| Треска приморская | 1986, 1998, 2007, 2020 | 11,3 (9-13) | 2031 (2029-2033) |
| Треска западносахалинская | 1989, 1999, 2012, 2025 | 12,0 (10-13) | 2037 (2035-2038) |
| Треска североохотоморская ⁴ | 2004, 2016 | 12,0 (-) | 2028 (2027-2030) |
| Треска анадырско-наваринская | 1969, 1980, 1996, 2008, 2018 | 12,3 (10-16) | 2030 (2028-2034) |
| Треска восточнокамчатская | 1986, 1996, 2009, 2024 | 12,6 (10-15) | 2036 (2034-2039) |
| Треска северокурильская | 1984, 1996, 2008, 2023 | 13,0 (12-15) | 2036 (2035-2038) |
| Треска западнокамчатская | 1972, 1983, 1993, 2009, 2024 | 13,0 (10-16) | 2037 (2034-2040) |
| Треска карагинская | 1981, 1992, 2005, 2021 | 13,3 (11-16) | 2033 (2031-2036) |
| Навага южнокурильская ⁴ | 2012, 2020 | 8 (-) | 2028 (2027-2029) |
| Навага североохотоморская | 2000, 2009, 2016, 2025 | 8,3 (7-9) | 2033 (2032-2034) |
| Навага приморская | 1976, 1984, 1993, 2005, 2012, 2021 | 9,0 (7-12) | 2030 (2028-2033) |
| Навага западносахалинская | 1979, 1989, 1998, 2010, 2022 | 10,8 (9-12) | 2033 (2031-2034) |
| Навага западнокамчатская | 1964, 1977, 1987, 1997, 2008, 2020 | 11,2 (10-13) | 2031 (2030-2033) |
| Навага карагинская | 1981, 1989, 2002, 2015 | 11,3 (8-13) | 2026 (2026-2028) |
| Навага залива Терпения (вост. Сахалин) | 1979, 1987, 1997, 2010, 2024 | 11,3 (8-14) | 2035 (2032-2038) |
| Навага анадырско-наваринская ⁴ | 2004, 2016 | 12,0 (-) | 2028 (2027-2029) |

Примечание: 1 – в колонке «Максимумы биомассы, годы» подчёркнуты годы, в которые максимумы биомассы не наблюдались, однако такие пики были бы наиболее вероятны (объяснения в тексте); 2 – группировки видов даны в порядке увеличения периодичности формирования обилия; 3 – по причинам отсутствия долговременных данных в Чукотском море и нагульных миграций в этот район минтая двух группировок (восточноберинговоморская, анадырско-наваринская) приведена осреднённая периодичность; 4 – отсутствие долговременных данных не позволяет определить пределы периодичности в формировании максимумов биомассы рыб

При использовании выявленной периодичности формирования запасов тресковых рыб вполне вероятно ожидать в 2030-2032 гг. высокие уловы минтая в северо-западной и юго-восточной акватории Берингова моря, у берегов Южных Курил и Приморья, а также в северо-западной части Охотского моря. В 2035 г. есть перспективы роста добычи рыб в юго-западной части Берингова моря и тихоокеанских водах Камчатки, в 2036 и 2037 гг. соответственно у берегов восточного и западного Сахалина. У трески ближайшие периоды увеличения запасов и уловов могут наблюдаться в 2027, 2028, 2030 и 2031 гг. соответственно у восточноберингоморской, североохотоморской, анадырско-наваринской и приморской группировок. Далее, в 2033 г., ожидается рост обилия южнокурильской и карагинской трески, в 2036 г. – северокурильской и восточнокамчатской популяций, и в 2037 г. – западнокамчатской и западносахалинской группировок. У наваги повышенные биомасса и уловы прогнозируются в 2026 и 2028 гг. в западной части Берингова моря и у южных Курильских островов, в 2030 и 2031 гг. соответственно у берегов Приморья и западной Камчатки. В отдалённой перспективе (в 2033 и 2035 гг.) возможен рост запасов рыб северо-запада Охотского моря, юго-восточной и западной акваторий Сахалина.

Обращает на себя внимание географическая локализация в последовательности формирования максимумов биомассы у тресковых рыб. У минтая они сначала образуются на периферии ареала в северо-западной части Берингова моря, у берегов Приморья и Южных Курил (2030-2031 гг.), затем смещаются к центру, в юго-восточную часть Берингова моря, северо-западную часть Охотского моря (2032 г.), юго-западную часть Берингова моря и тихоокеанские воды Камчатки (2035 г.). В последнюю очередь (в 2036-2037 гг.) прогнозируется повышенное обилие рыб у восточного и западного Сахалина. У трески наибольшие запасы в 2027-2031 гг. также ожидаются по краям ареала: в юго-восточной и северо-западной частях Берингова моря, северо-западной акватории Охотского моря и у берегов Приморья. Затем наступает черед группировок из тихоокеанских вод Курильских островов, юго-западной части Берингова моря (2033, 2036 гг.) и западных акваторий Камчатки и Сахалина (2037 г.). Ближайшие периоды повышенного обилия (2026-2030 гг.) наваги ожидаются в западной части Берингова моря, у Южных Курил и берегов Приморья. В последующем намечается рост её запасов у западной Камчатки (2031 г.), в северо-западной части Охотского моря и у западного Сахалина (в 2033 г.) и, наконец, в заливе Терпения (2035 г.). В целом, несмотря на различия в экологии тресковых

рыб, у анализируемых видов присутствует определённое географическое сходство в локализации и последовательности формирования прогнозных оценок их наибольшего обилия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящим исследованием показана изменчивость запасов и уловов тресковых рыб в Дальневосточном регионе и дана оценка перспектив их промысла. В общем итоге проанализирована информация с 1935 по 2025 гг. по всем обитающим на Дальнем Востоке группировкам минтая, трески и наваги.

В историческом плане биомасса и уловы тресковых рыб обнаруживают тенденцию к росту. Наибольшую продукцию они формировали в 1980-е (минтай, треска) и 2010-е (все виды) годы. Состояние запасов исследуемых рыб позволяет в большинстве районов промысла увеличить их изъятие.

Охотское и Берингово моря занимают доминирующее положение в формировании ресурсов и уловов тресковых рыб: минтай и навага преобладают в охотоморских водах, треска – в берингоморских. Также высока значимость в воспроизводстве и добыче минтая и трески тихоокеанских вод Камчатки и Курильских островов, показатели в которых в отдельные годы сопоставимы с Беринговым и Охотским морями.

Перспективы промысла тресковых рыб в дальневосточных морях и прилегающих водах Тихого океана находятся в зависимости от урожайности и периодичности появления отдельных поколений, которые формируют максимумы биомассы. Несмотря на различия в экологии тресковых рыб, отмечено географическое сходство в локализации и последовательности формирования прогнозных оценок наибольших запасов анализируемых видов. На основе выявленной периодичности формирования запасов минтая, трески и наваги представлены ожидания высоких оценок их обилия на период 2026-2038 гг. Полученная информация позволит эффективно использовать запасы этих стратегически значимых для российского рыболовства морских рыб.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов при подготовке данной статьи.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

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

ЛИТЕРАТУРА

- Антонов Н.П. 2011. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. М.: ВНИРО. 244 с.
- Антонов Н.П. 2013. Треска *Gadus macrocephalus* прикамчатских вод // Тихоокеанская треска дальневосточных вод России / Под ред. А.М. Орлова. М.: Изд-во ВНИРО. С. 133-151.
- Антонов Н.П., Гусев Е.В., Белоус Е.В., Егочина В.А. 2024 б. Российское рыболовство в 2000-2020 гг. // Труды ВНИРО. Т. 195. С. 5-11. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-5-11.
- Антонов Н.П., Датский А.В., Смирнов А.А., Кузнецова Е.В., Ведищева Е.В., Головатюк Г.Ю. 2024 а. Использование сырьевой базы морских рыб в российских водах дальневосточных морей и прилегающих районах открытой части Тихого океана в 2000-2020 гг. // Труды ВНИРО. Т. 195. С. 61-128. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-61-128.
- Бабаян В.К. 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). Анализ и рекомендации по применению. М.: Изд-во ВНИРО. 190 с.
- Бабаян В.К., Васильев Д.А., Варкентин А.И., Сергеева Н.П. 2006. Методические особенности обоснования ОДУ минтая в условиях неопределенности // Труды ВНИРО. Т. 146. С. 13-37.
- Балыкин П.А. 2006. Ихтиоценены западной части Берингова моря: состав, промысловая значимость и состояние запасов. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М.: ВНИРО. 50 с.
- Борец Л.А., Степаненко М.А., Николаев А.В., Грицай Е.В. 2002. Состояние запасов минтая в наваринском районе Берингова моря и причины, определяющие эффективность его промысла // Известия ТИНРО. Т. 130, ч. III. С. 1001-1014.
- Булатов О.А. 2004. Минтай (*Theragra chalcogramma*) Берингова моря: размножение, запасы и стратегия управления промыслом: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М.: ВНИРО. 49 с.
- Булатов О.А. 2014. Промысел и запасы минтая: возможна ли турбуленция? // Вопросы рыболовства. Т. 15, № 4. С. 350-390.
- Булатов О.А. 2024. Изменчивость состояния запасов и промысел минтая // Вопросы рыболовства. Т. 25, № 1. С. 7-28. DOI: 10.36038/0234-2774-2024-25-1-7-28.
- Булатов О.А., Васильев Д.А. 2024. Размножение, запасы и промысел минтая в Японском море // Вопросы рыболовства. Т. 25, № 2. С. 7-32. DOI: 10.36038/0234-2774-2024-25-2-7-32.
- Буслов А.В. 2008. Минтай восточного побережья Камчатки: современное состояние запасов и рекомендации по рациональной эксплуатации // Известия ТИНРО. Т. 152. С. 3-17.
- Вдовин А.Н., Четырбоцкий А.Н., Нуждин В.В. 2017. Динамика численности приморского минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) (Gadiformes: Gadidae) в Японском море // Биология моря. Т. 43, № 5. С. 321-328.
- Датский А.В. 2023 а. Сырьевая база водных биологических ресурсов в российских водах Чукотского моря и её стоимость // Вопросы рыболовства. Т. 24. № 1. С. 117-142. DOI: 10.36038/0234-2774-2023-24-1-117-142.
- Датский А.В. 2023 б. Рыбные ресурсы российских вод Берингова и Чукотского морей: запасы и промысел // I Межд. науч.-практ. конф. ФГБНУ ВНИРО «Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития (28-29 марта 2023 г.). М.: Изд-во ВНИРО. С. 120-133.
- Датский А.В. 2024. Тресковые рыбы российских вод Берингова моря: запасы и перспективы промысла // II Межд. науч.-практ. конф. ФГБНУ «ВНИРО» «Рыбохозяйственный комплекс России: 300 лет российской академической науке (26-27 марта 2024 г.). М.: Изд-во ВНИРО. С. 110-118.
- Датский А.В., Антонов Н.П., Савин А.Б. 2023. Современное состояние запасов тихоокеанской трески в северо-западной части Берингова моря и перспективы её промысла // Рыбное хозяйство. № 6. С. 76-84. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-6-76-84
- Датский А.В., Датская С.А. 2023. Сопряжённость появления урожайных поколений массовых промысловых рыб дальневосточных морей и прилегающих районов открытой части Тихого океана с абиотическими факторами среды // Труды ВНИРО. Т. 191. С. 66-93. DOI: 10.36038/2307-3497-2023-191-66-93
- Датский А.В., Шейбак А.Ю., Батанов Р.Л. 2023. Распределение уловов водных биологических ресурсов в российских водах Берингова моря по районам, срокам и орудиям лова // Труды ВНИРО. Т. 192. С. 85-112. DOI: 10.36038/2307-3497-2023-192-85-112.
- Датский А.В., Шейбак А.Ю., Чикилев В.Г. 2022. Чукотское море – новый район промысла минтая // Труды ВНИРО. Т. 189. С. 162-179. DOI: 10.36038/2307-3497-2022-189-162-179.
- Зверькова Л.М. 2003. Минтай. Биология, состояние запасов. Владивосток: ТИНРО-Центр. 248 с.
- Золотов А.О., Антонов Н.П., Мазникова О.А. 2020. Ресурсы трески Курильских островов – запасы и современный промысел // Рыбное хозяйство. № 4. С. 44-51.
- Золотов А.О., Терентьев Д.А., Спирина И.Ю. 2013. Состав и современное состояние сообщества демерсальных рыб Карагинского и Олюторского заливов // Известия ТИНРО. Т. 174. С. 85-103.
- Зуенко Ю.И., Савин А.Б., Басюк Е.О. 2025. Последствия экстремального потепления 2016-2019 гг. для запаса тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) в российских водах северо-западной части Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 205. Вып. 2. С. 366-388. DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-366-388.
- Ившина Э.Р., Метленков А.В. 2024. Некоторые данные по промыслу тихоокеанской наваги *Eleginops gracilis* (Tilesius, 1810) у юго-восточного побережья о. Сахалин (Охотское море) с 1946 по 2023 г. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 74. С. 48-62. DOI: 10.15853/2072-8212.2024.74.48-62.

- Ильин О.И., Сергеева Н.П., Варкентин А.И. 2014. Оценка запасов и прогнозирование ОДУ восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) на основе предосторожного подхода // Труды ВНИРО. Т. 151. С. 62-74.
- Николаев А.В., Кузнецов М.Ю., Сыроваткин Е.В. 2008. Акустические исследования сайки (*Boreogadus saida*) в российских водах Берингова и Чукотского морей в 1999-2007 гг. // Известия ТИНРО. Т. 155. С. 131-143.
- Николаев А.В., Степаненко М.А. 2001. Состояние ресурсов, особенности распределения восточноберингоморской популяции минтая (*Theragra chalcogramma*) по результатам акустической съёмки летом 1999 г. // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 188-206.
- Новикова О.В. 2007. Дальневосточная навага (*Eleginus gracilis* (Til.) при камчатских вод: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 23 с.
- Новикова О.В. 2014. Обзор промысла тихоокеанской наваги *Eleginus gracilis* (Til.) в дальневосточных морях // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 33. С. 38-48.
- Новикова О.В., Ракитина М.В., Метленков А.В., Черноиванова Л.А., Немченко А.Ю. 2023. Промысловые ресурсы тихоокеанской наваги *Eleginus gracilis* российских вод дальневосточных морей // Известия ТИНРО. Т. 203. вып. 4. С. 745-769. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-745-769
- Новикова О.В. 2024. Динамика промысла и распределение скоплений тихоокеанской наваги *Eleginus gracilis* (*Tilesius*) у северных Курильских островов // Известия ТИНРО. Т. 204. № 1. С. 69-85. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-69-85.
- Овсянников Е.Е. 2011. Динамика пространственного распределения икры и молоди минтая в северной части Охотского моря: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 20 с.
- Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е. 2022. Современное состояние, особенности формирования и эксплуатации запасов минтая у южных Курильских островов // Труды ВНИРО. Т. 189. С. 134-144. DOI: 10.36038/2307-3497-2022-189-134-144.
- Степаненко М.А. 2001 а. Состояние запасов, межгодовая изменчивость численности пополнения и промысловое использование минтая восточноберингоморской популяции в 80-90-е годы // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 145-152.
- Степаненко М.А. 2001 б. Закономерности межгодовой изменчивости численности восточноберингоморской популяции минтая *Theragra chalcogramma* и её тенденции в конце 90-х годов // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 136-144.
- Степаненко М.А., Грицай Е.В. 2016. Состояние ресурсов, пространственная дифференциация и воспроизводство минтая в северной и восточной частях Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 185. С. 16-30.
- Степаненко М.А., Николаев А.В. 2005. Состояние ресурсов восточноберингоморского минтая (*Theragra chalcogramma*) в начале 2000-х годов и управление его рыболовством // Вопросы рыболовства. Т. 6, № 2. С. 326-345.
- Полтев Ю.Н. 2013. Треска Северных Курил: пространственное распределение, биология, современное состояние запаса, история освоения // Тихоокеанская треска дальневосточных вод России / А.М. Орлов ред. М.: Изд-во ВНИРО. С. 159-171.
- Фадеев Н.С. 1986. Берингово море // Биологические ресурсы Тихого океана. М.: Наука. С. 389-405.
- Фадеев Н.С., Веснестад В. 2001. Обзор промысла минтая // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 75-91.
- Шунтов В.П. 2022. Биология дальневосточных морей России. Владивосток: ТИНРО. Т. 3. 455 с.

REFERENCES

- Antonov N.P. 2011. Commercially harvested species of fish of the Kamchatka region: biology, stocks and fisheries. Moscow: VNIRO Publish. 244 p. (In Russ.).
- Antonov N.P. 2013. Pacific cod *Gadus macrocephalus* of the Kamchatka waters // Pacific cod of the Far Eastern waters of Russia / A.M. Orlov ed. Moscow: VNIRO Publish. P. 133-151. (In Russ.).
- Antonov N.P., Gusev E.V., Belous E.V., Egochina V.A. 2024 b. Russian fisheries in 2000-2020 // Trudy VNIRO. V. 195. P. 5-11. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-5-11. (In Russ.).
- Antonov N.P., Datsky A. V., Smirnov A. A., Kuznetsova E. V., Vedishcheva E. V., Golovatyuk G. Yu. 2024 a. Use of the marine fish resource base in Russian waters of the Far Eastern seas and adjacent areas of the open part of the Pacific Ocean in 2000-2020 // Trudy VNIRO. V. 195. P. 61-128. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-61-128. (In Russ.).
- Babayan V.K. 2000. Precautionary approach to assessing the total allowable catch (TAC). Analysis and recommendations for use. Moscow: VNIRO Publish. 190 p. (In Russ.).
- Babayan V.K., Vasiliev D.A., Varkentin A.I., Sergeeva N.P. 2006. Methodological features of substantiating the TAC for walleye pollock in conditions of uncertainty // Trudy VNIRO. V. 146. P. 13-37. (In Russ.).
- Balykin P.A. 2006. Ichthyocenes of the western part of the Bering Sea: composition, commercial significance and state of stocks. Author's abstract. diss. ... doct. biol. sciences. Moscow: VNIRO. 50 p. (In Russ.).
- Borets L.A., Stepanenko M.A., Nikolaev A.V., Gritsay E.V. 2002. The state of pollock stocks in the Navarinsky district of the Bering Sea and the reasons determining the effectiveness of its fishing // Izvestiya TINRO. V. 130. Pt. III. P. 1001-1014. (In Russ.).
- Bulatov O.A. 2004. Pollock (*Theragra chalcogramma*) of the Bering Sea: reproduction, stocks and fishery management strategy: Author's abstract. diss. ... doct. biol. sciences. Moscow: VNIRO. 49 p. (In Russ.).
- Bulatov O.A. 2014. Pollock fishery and stocks: is turbulence possible? // Problems of Fisheries. V. 15. № 4. P. 350-390. (In Russ.).

- Bulatov O.A.* 2024. Variability of stock status and walleye pollock fishery // *Problems of Fisheries*. V. 25. № 1. P. 7-28. DOI: 10.36038/0234-2774-2024-25-1-7-28. (In Russ.).
- Bulatov O.A., Vasiliev D.A.* 2024. Pollock spawning, stocks and fishery in the Sea of Japan / East Sea // *Problems of Fisheries*. V. 25. № 2. P. 7-32. DOI: 10.36038/0234-2774-2024-25-2-7-32. (In Russ.).
- Buslov A.V.* 2008. Walleye pollock on the eastern coast of Kamchatka: current state of reserves and recommendations for rational exploitation // *Izvestiya TINRO*. V. 152. P. 3-17. (In Russ.).
- Vdovin A.N., Chetlebatsky A.N., Nuzhdin V.V.* 2017. Dynamics of the number of the seaside walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) (Gadiformes: Gadidae) in the Sea of Japan // *Marine Biology*. V. 43, № 5. P. 321-328. (In Russ.).
- Datsky A.V.* 2023 a. Raw material base of aquatic biological resources in the Russian waters of the Chukchi Sea and its cost // *Problems of Fisheries*. V. 24. № 1. P. 117-142. DOI: 10.36038/0234-2774-2023-24-1-117-142. (In Russ.).
- Datsky A.V.* 2023 b. Fish resources of the Russian waters of the Bering and Chukchi Seas: stocks and fishery // I Int. sci.-pract. conf. VNIRO «Fisheries complex of Russia: problems and development prospects (March 28-29, 2023)». Moscow: VNIRO Publish. P. 120-133. (In Russ.).
- Datsky A.V.* 2024. Cod fishes of the Russian waters of the Bering Sea: stocks and fishery prospects // II Int. sci.-pract. conf. VNIRO «Fisheries complex of Russia: 300 years of Russian academic science (March 26-27, 2024)». Moscow: VNIRO Publish. P. 110-118. (In Russ.).
- Datsky A.V., Antonov N.P., Savin A.B.* 2023. Current state of Pacific cod stocks in the northwestern Bering Sea and prospects for its fishery // *Fisheries*. № 6. P. 76-84. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-6-76-84. (In Russ.).
- Datsky A.V., Datskaya S.A.* 2023. Correlation between the emergence of productive generations of mass commercial fish of the Far Eastern seas and adjacent areas of the open Pacific Ocean with abiotic environmental factors // *Trudy VNIRO*. V. 191. P. 66-93. DOI: 10.36038/2307-3497-2023-191-66-93. (In Russ.).
- Datsky A.V., Sheibak A.Yu., Batanov R.L.* 2023. Distribution of catches of aquatic biological resources in Russian waters of the Bering Sea by areas, timing and fishing gear // *Trudy VNIRO*. V. 192. P. 85-112. DOI: 10.36038/2307-3497-2023-192-85-112. (In Russ.).
- Datsky A.V., Sheybuk A.Yu., Chikilev V.G.* 2022. Chukchi Sea – a new pollock fishing area // *Trudy VNIRO*. V. 189. P. 162-179. DOI: 10.36038/2307-3497-2022-189-162-179. (In Russ.).
- Zverkova L.M.* 2003. Walleye pollock. Biology, stock status. Vladivostok: TINRO-Center. 248 p. (In Russ.).
- Zolotov A.O., Antonov N.P., Maznikova O.A.* 2020. Cod resources of the Kuril Islands – stocks and modern fisheries // *Fisheries*. № 4. P. 44-51. (In Russ.).
- Zolotov A.O., Terentyev D.A., Spirin I.Yu.* 2013. The composition and current state of the demersal fish community of the Karaginsky and Olyutorsky bays // *Izvestiya TINRO*. V. 174. P. 85-103. (In Russ.).
- Zuenko Yu.I., Savin A.B., Basyuk E.O.* Impacts of extreme warming in 2016-2019 on the stock of Pacific cod *Gadus macrocephalus* (Gadidae) in the Russian waters of northwestern Bering Sea // *Izvestiya TINRO*. V. 205. № 2. P. 366-388. DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-366-388. (In Russ.).
- Ivshina E.R., Metlenkov A.V.* 2024. Some data on the fishery of saffron cod *Eleginus gracilis* (Tilesius, 1810) off the southeastern coast of Sakhalin Island (Sea of Okhotsk) in 1946-2023 // *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*. V. 74. P. 48-62. DOI: 10.15853/2072-8212.2024.74.48-62. (In Russ.).
- Ilyin O.I., Sergeeva N.P., Varkentin A.I.* 2014. Stock assessment and forecasting of the TAC of the East Kamchatka walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) based on a precautionary approach // *Trudy VNIRO*. V. 151. P. 62-74. (In Russ.).
- Nikolaev A.V., Kuznetsov M.Yu., Syrovatkin E.V.* 2008. Acoustic studies of Arctic cod (*Boreogadus saida*) in Russian waters of the Bering and Chukchi seas in 1999-2007 // *Izvestiya TINRO*. V. 155. P. 131-143. (In Russ.).
- Nikolaev A.V., Stepanenko M.A.* 2001. The state of resources, distribution characteristics of the East Bering Sea walleye pollock population according to the results of acoustic surveys in the summer of 1999 // *Izvestiya TINRO*. V. 128. P. 188-206. (In Russ.).
- Novikova O.V.* 2007. Saffron cod in the Kamchatka waters: PhD abstract. in biology. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. 23 p. (In Russ.).
- Novikova O.V.* 2014. Overview of the saffron cod fishery in the Far Eastern seas // *Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern Pacific Ocean*. Iss. 33. P. 38-48. (In Russ.).
- Novikova O.V., Rakitina M.V., Metlenkov A.V., Chernoivanova L.A., Nemchenko A.Yu.* 2023. Commercial resources of the saffron cod *Eleginus gracilis* in the Russian waters of the Far Eastern seas // *Izvestiya TINRO*. V. 203. Iss. 4. P. 745-769. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-745-769. (In Russ.).
- Novikova O.V.* 2024. Fishery dynamics and distribution of saffron cod *Eleginus gracilis* (Tilesius) aggregations near the northern Kuril Islands // *Izvestiya TINRO*. V. 204. № 1. P. 69-85. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-69-85. (In Russ.).
- Ovsyannikov E.E.* 2011. Dynamics of spatial distribution of walleye pollock eggs and juveniles in the northern part of the Sea of Okhotsk: PhD abstract. in biology. Vladivostok: TINRO-Center. 20 p. (In Russ.).
- Ovsyannikova S.L., Ovsyannikov E.E.* 2022. Modern status, formation and exploitation of walleye pollock stocks off the southern Kuril Islands // *Trudy VNIRO*. V. 189. P. 134-144. DOI: 10.36038/2307-3497-2022-189-134-144. (In Russ.).
- Poltev Yu.N.* 2013. Pacific cod of the Northern Kuril Islands: spatial distribution, biology, current stock status, history Trudy VNIRO. 2025. V. 201. P. 70-95

- of development // Pacific cod of the Far Eastern waters of Russia / A.M. Orlov ed. Moscow: VNIRO Publish. P. 159-171. (In Russ.).
- Stepanenko M.A.* 2001 a. State of stocks, interannual variability of replenishment numbers and commercial use of walleye pollock from the East Bering Sea population in the 80-90s // *Izvestiya TINRO*. V. 128. P. 145-152. (In Russ.).
- Stepanenko M.A.* 2001 b. Patterns of interannual variability in the numbers of the East Bering Sea walleye pollock population and its trends in the late 90s // *Izvestiya TINRO*. V. 128. P. 136-144. (In Russ.).
- Stepanenko M.A., Gritsay E.V.* 2016. The state of resources, spatial differentiation and reproduction of walleye pollock in the northern and eastern parts of the Bering Sea // *Izvestiya TINRO*. V. 185. P. 16-30. (In Russ.).
- Stepanenko M.A., Nikolaev A.V.* 2005. The state of resources of the East Bering Sea walleye pollock in the early 2000s and its fisheries management // *Problems of Fisheries*. V. 6, № 2. P. 326-345. (In Russ.).
- Fadeev N.S.* 1986. Bering Sea // *Biological resources of the Pacific Ocean*. Moscow: Nauka. P. 389-405. (In Russ.).
- Fadeev N.S., Vespestad V.* 2001. Walleye pollock fishing survey // *Izvestia TINRO*. V. 128. P. 75-91. (In Russ.).
- Shuntov V.P.* 2022. *Biology of the Far Eastern seas of Russia*. Vladivostok: TINRO. V. 3. 455 p. (In Russ.).

*Поступила в редакцию 08.09.2025 г.
Принята после рецензий 30.10.2025 г.*

УДК 639.2.09

Аквакультура

Филогенетический анализ и молекулярно-эпидемиологическая характеристика изолятов вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани радужной форели из рыбоводных хозяйств России

С.Л. Рудакова, Е.А. Тюрина-Кузьмина, А.В. Черенков, Н.С. Мюге

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187
E-mail:rudakova@vniro.ru
SPIN-код: С.Л. Рудакова – 2178-1140; Е.А. Тюрина-Кузьмина – 7297-4290; А.В. Черенков – 8386-7271; Н.С. Мюге – 1916-2289.

Цель работы: определение происхождения и потенциальных путей распространения вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHNV) форели в рыбоводных хозяйствах России на основе оценки генетического разнообразия и молекулярно-эпидемиологических связей изолятов.

Использованные методы: использовали общепринятые вирусологические методы выделения вирусов рыб на перевиваемых линиях клеток, идентификацию проводили в RT-ПЦР, секвенирование – методом Сэнгера. Сравнительный анализ и поиск близкородственных нуклеотидных последовательностей IHNV делали по базе данных GenBank. Филогенетическое дерево строили с применением методов присоединения соседей (Neighbour-joining).

По результатам работы показано, что большинство российских изолятов IHNV, выделенных от радужной форели, кластеризуются в пределах европейской группы E, и единичные – в северо-американской группе U. Анализ полученных данных показал, что вирус был завезён в Россию как минимум дважды, первый раз из США, вероятно в 90-х гг. прошлого века, затем в 2014-2017 гг. из Европы, с высокой долей вероятности из Италии. Сделано предположение, что дальнейшее распространение патогена в рыбоводных хозяйствах России произошло за счёт переноса с водой, птицами и животными, а также за счёт перемещения заражённого посадочного материала внутри России. Показан путь адаптации первоначально энзоотичного для нерки США вируса, относящегося к U геногруппе, к радужной форели и далее его трансформация в E геногруппу в Европе.

Новизна работы: впервые проведены и представлены результаты филогенетических исследований изолятов IHNV радужной форели из рыбоводных хозяйств России и показаны пути его заноса и дальнейшего распространения в стране.

Практическая значимость: результаты могут быть применены для совершенствования системы надзора, диагностики и контроля IHNV в рыбоводных хозяйствах России, а также для разработки мер сдерживания дальнейшего распространения вируса.

Ключевые слова: IHNV, молекулярная эпидемиология, эволюция вирусов рыб, аквакультура России, радужная форель.

Phylogenetic analysis and molecular epidemiological characteristics of infectious hematopoietic necrosis virus isolates from rainbow trout in Russian fish farms

Svetlana L. Rudakova, Elena A. Tyurina-Kuzmina, Arsenii V. Cherenkov, Nikolai S. Mugue

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

The aim of the work is to determine the origin and potential routes of spread of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) of trout in fish farms of the Russia based on an assessment of the genetic diversity and molecular epidemiological relationships of isolates.

Methods used: Standard virological methods for isolating fish viruses on cell lines were used. Identification was performed using RT-PCR, and sequencing was performed by Sanger. Comparative analysis and a search for closely related IHNV nucleotide sequences were performed using the GenBank database. A phylogenetic tree was constructed using neighbor-joining methods.

The study revealed that most Russian IHNV isolates from rainbow trout clustered within the European E group, with a few falling into the U group. Analysis of the obtained data revealed that the virus was imported to Russia at least twice: first from the United States, likely in the 1990s, and then from Europe in 2014-2017, most likely from Italy. It is hypothesized that the subsequent spread of the pathogen in Russian fish farms occurred through transfer via water, birds, and animals, as well as through the movement of infected planting material within Russia. The adaptation pathway of the virus, originally enzootic for US sockeye salmon and belonging to the U genogroup, to rainbow trout and its subsequent transformation into the E genogroup in Europe is demonstrated.

Practical significance: The results are important for improving IHNV surveillance, diagnosis, and control systems in Russian fish farms, as well as for developing measures to contain the further spread of the virus.

Keywords: IHNV, molecular epidemiology, fish virus evolution, Russian aquaculture, rainbow trout.

ВВЕДЕНИЕ

Инфекционный некроз гемопоэтической ткани (IHN) – одна из наиболее значимых вирусных болезней в аквакультуре Северного полушария, наносящая существенные экономические потери хозяйствам. В результате эпизоотий отход личинок и молоди форели может достигать 80%, старшие возрастные группы более устойчивы к вирусу, гибель рыб массой 100+ грамм обычно составляет 20-40% [Dixon, 2016]. Заболевание включено в перечень болезней, подлежащих обязательному контролю Всемирной организацией по охране здоровья животных (ВОЗЖ/ОIE)¹. На территории Российской Федерации оно также относится к опасным карантинным болезням [Приказы Минсельхоза от 9.03.2011 № 62 и от 19.12.2011 № 476]².

Первые вспышки IHN были задокументированы у нерки в аквакультуре Северной Америки в 1950-х гг., после чего вирус быстро распространился по миру (более 20 стран) и адаптировался к другим видам лососевых благодаря развитию рыбоводства и глобальной торговле посадочным материалом [Dixon, 2016]. В России это заболевание впервые обнаружено в 2000 г. у искусственно выращиваемой молоди радужной форели [Shchelkunov et al., 2001]. В 2001 г. оно было зарегистрировано на Камчатке у производителей нерки, используемых для заводского воспроизведения [Рудакова, 2003].

В последние десятилетия филогенетические исследования внесли значительный вклад в понимание эпизоотологии многих болезней животных, в том числе и рыб, помогая устанавливать источник проникновения болезней на хозяйства в разных странах. В России данный подход также широко распространён в ветеринарии, однако в отношении болезней рыб информация крайне ограничена. В доступной научной литературе в основном описываются случаи выделения патогенов рыб в рыбоводных хозяйствах и результаты разработки методов экспресс-диагностики, в том числе и для IHN. Непосредственно в нашей лаборатории филогенетические исследования были ранее проведены для изолятов IHN, выделенных у нерки на Камчатке [Rudakova et al., 2007; Рудакова и др., 2021]. Это явилось основанием для продолжения аналогичных работ в европейской части страны, где все большее значение приобретает индустриальное выращивание форели, базирующееся на импорте посадочного материала и сопровождающееся проявлениями IHN.

¹ <https://sont.woah.org/portal/tool?le=en> 20.08.2025.

² <https://10.fsvps.gov.ru/files/prikaz-ministerstva-selskogo-hozjajstva-ot-09-03-2011-n-62-ob-utverzhdenii-perechnya-zaraznyh-i-inyh-boleznej-zhivotnyh/>, <https://mcx.orb.ru/documents/active/43162/>

В мировом масштабе филогенетический анализ, основанный на нуклеотидных последовательностях G-гена (изначально область midG и затем полного G гена), позволил классифицировать изоляты IHN на пять основных геногрупп, обозначенных U, M, L, E и J, которые соответствуют географическому положению [Kurath et al., 2003; Cieslak et al., 2017; Enzmann et al., 2010]. IHN демонстрирует чёткую филогеографическую характеристику, отражающую виды-хозяев, от которых вирус чаще всего изолируют в различных географических регионах. Например, изоляты, выделенные от нерки (*Oncorhynchus nerka*) в северо-восточной части Тихого океана формируют геногруппу U; чавичи (*O. tshawytscha*) в Калифорнии, США – геногруппа L, а радужной форели (*O. mykiss*) в США, в Европе и Азии – геногруппы M, E, J соответственно [Kurath et al., 2003; Rudakova et al., 2007; Enzmann et al., 2010; Abbadi et al., 2016, 2021].

На межгосударственном уровне и в отдельных странах разработаны и внедрены программы профилактики и контроля болезней рыб [ОIE ..., 2019]. Кроме того, перемещение живых животных, в том числе рыбы/икры между государствами-членами Европейского союза регулируется Директивой совета 2006/88/ЕС³. В России контроль импорта оплодотворённой икры возложен на Россельхознадзор, который проверяет наличие сертификатов качества на ввозимую продукцию и осуществляет её контроль. Однако, все эти меры не смогли полностью сдержать распространение вирусных инфекций и IHN по-прежнему представляет серьёзную угрозу для европейских, а также российских форелевых хозяйств. Поэтому изучение источников проникновения патогена в Россию является актуальным для разработки мер профилактики и контроля.

Целью настоящего исследования явилось определение происхождения и потенциальных путей распространения вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани (IHN) у радужной форели в рыбоводных хозяйствах России на основе оценки генетического разнообразия и молекулярно-эпидемиологических связей изолятов вируса в сравнении с известными геногруппами из Национального центра биотехнологической информации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа была выполнена в 2023-2025 гг. Проводили вирусологическое тестирование молоди радужной форели возраста 1+ (средняя масса от 20 до 200 г),

³ <https://fsvps.gov.ru/files/direktiva-soveta-2006-88-ec-ot-24-oktjabrja-2006-goda-p/>

и 2+ (масса от 800 до 1200 г) из 12 рыбоводных хозяйств России. Обследования некоторых хозяйств проводили ежегодно, в течение 3 лет, другие однократно. Объем единовременной выборки варьировал от 15 (вспышка болезни) до 30-60 (вирусоносительство) рыб. Отбирали образцы внутренних органов (почки и селезёнка) у молоди или овариальную жидкость у половозрелых самок и проводили вирусологические исследования в соответствии с общепринятой методикой [Сборник инструкций ..., 1998]. Вирусы изолировали на перевиваемой клеточной линии EPC (Epithelioma Papulosum Cyprini). Инкубацию заражённых клеток проводили при 15 °C с ежедневным контролем на наличие цитопатического эффекта (ЦПЭ). О наличии вирусов в материале судили по выявлению ЦПЭ, о начале которого судили по появлению характерных для IHNV скоплений округлых клеток в форме гроздьев винограда. Выделенные вирусы хранили в виде замороженных супернатантов клеточных культур при -80 °C. Определение титра выделенных изолятов IHNV проводили по методу Рида и Менча [Мусселиус, 1983]. Идентификацию вирусов проводили методом ОТ-ПЦР, визуализацию результатов получали методом электрофореза в агарозном геле [Garver et al., 2003; Troyer, Kurath, 2003].

Вирусную РНК из инфицированных клеточных культур экстрагировали с использованием коммерческого набора ExtractRNA (Россия, ЗАО ЕвроГен). Идентификацию выделенных агентов проводили методом ОТ-ПЦР с использованием специфичных праймеров в соответствии с описанием американских учёных [Garver et al., 2003; Troyer, Kurath, 2003]. Праймеры были синтезированы ЗАО ЕвроГен. Амплификацию проводили на приборе «C1000 Touch Thermal Cycler» (производитель Bio-Rad).

Для секвенирования и филогенетического анализа выделенных изолятов использовали midG, область из 303 оснований, нуклеотиды с 686 до 988 гена G IHNV, ранее описанной Эменегер с соавторами [Emmenegger et al., 2000]. Анализ полученных результатов секвенирования проводили в программе Geneious 10.0.5 (Geneious User Manual, 2017) с использованием 1000 начальных копий повторных данных.

RT-PCR анализ и секвенирование изолятов вирусов проводился на приборной базе ЦКП «Рыбохозяйственная геномика»⁴ ГНЦ ФГБНУ «ВНИРО».

Выравнивание нуклеотидных последовательностей проводили с использованием программного обеспечения Clustal X. Сравнительный анализ и поиск

близкородственных нуклеотидных последовательностей midG секвенированных изолятов IHNV проводили по базе данных GenBank.⁵

Количество различий в нуклеотидных последовательностях (нп) исследуемых российских изолятов вируса рассчитывали в программе MEGA 5.05. Анализ включал 19 нуклеотидных последовательностей. Включённые позиции кодонов были 1-й+2-й+3-й+некодирующие. Все позиции, содержащие пробелы и отсутствующие данные, были исключены. Всего в конечном наборе данных было 303 нп.

Для анализа изменчивости вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани у радужной форели был проведён поиск, обобщение и анализ доступной литературы в поисковых системах (SCIENCECIRECT, Research Gate, Google academy, E-library и др.).

Филогенетические деревья строили с применением методов присоединения соседей (Neighbour-joining) и/или максимального правдоподобия (Maximum Likelihood, ML). Для этого использовали программное обеспечение PAUP* и MEGA.

Надёжность ветвления оценивалась с помощью бутстреп-анализа (bootstrap replicates), как правило, с 1000 реплик, при этом ветви со значениями бутстрепа менее 70% могли быть объединены. Генетическое разнообразие оценивали по показателю нуклеотидного разнообразия (р) и соотношению несинонимичных/синонимичных замен (dN/dS).

Нуклеотидные последовательности изолятов вируса IHNV депонированные ранее в NCBI и Американскую базу данных (далее MEAP-IHNV),⁶ использовались для сравнения с российскими в соответствии с ранее проведёнными исследованиями [Nichol et al., 1995; Kurath et al., 1997; Troyer, Kurath, 2003; Garver et al., 2006; Nishizawa et al., 2006; Johansson et al., 2009; Ahmadvand et al., 2021].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Радужная форель, отобранная в 11 из 12 обследованных рыбоводных хозяйств России, при визуальном осмотре имела клинические признаки, характерные для инфекционного некроза гемопоэтической ткани. У рыб отмечали потемнение окраски тела, экзофтальмию, бледные жабры, вздутие брюшка, кровоизлияния в области воспалённого анального отверстия, беловатые фекальные тяжи. При вскрытии у больных рыб обнаруживалась отёчность желудка и его наполнение беловатым содержимым, гиперемия кишечника, у некоторых особей наблюдали кровоизлияния на плавательном пузыре и висцеральном жире (рис. 1). Выявленные признаки патологии были аналогичны описанным в литературе, при эпизоотиях инфекци-

⁴ <https://ckp-rf.ru/catalog/ckp/3579654/>

онного некроза гемопоэтической ткани у молоди радужной форели [Dixon, 2016].

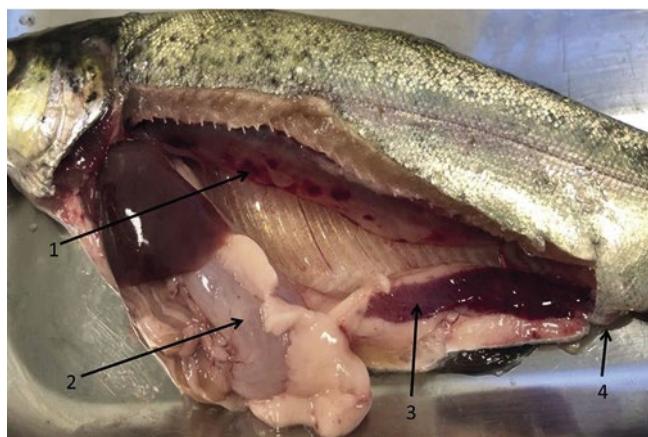


Рис. 1. Признаки патологии у радужной форели возраст 1+ при инфекционном некрозе гемопоэтической ткани (1 – кровоизлияния на плавательном пузыре; 2 – в желудке прозрачная жидкость; 3 – задний отдел кишечника гиперемирован; 4 – анальное отверстие воспалено)

Fig. 1. Signs of pathology in rainbow trout aged 1+ with infectious necrosis of hematopoietic tissue (1 – hemorrhages in the swim bladder; 2 – clear fluid in the stomach; 3 – the hindgut is hyperemic; 4 – the anus is inflamed)

Кроме того, в маточном стаде одного из обследованных хозяйств было выявлено вирусоносительство IHNV в овариальной жидкости самок в период проведения нерестовой компании. При этом внешних признаков патологии не отмечали, рыба выглядела здоровой и активной, повышенного отхода не наблюдали.

Вирусологическое обследование отобранного материала на перевиваемой линии клеток ЕРС показало,

что через 5-8 дней после заражения разрушение монолиста в поражённых пулах достигало 100% при всех разведениях материала (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}). Из образцов, отобранных в 12 обследованных рыбоводных хозяйствах, на перевиваемых линиях клеток выделили 19 изолятов вируса. Все выделенные изоляты вируса, были идентифицированы в ОТ-ПЦР как вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани. Результаты идентификации вирусов методом ОТ-ПЦР и визуализации методом электрофореза в агарозном геле представлены на рис. 2.

Все 19 выделенных изолятов вируса были секвенированы, последовательности выровнены по 303 midG. Результаты оценки эволюционного расхождения между данными последовательностями изолятов IHNV по количеству нуклеотидных замен в последовательности midG представлены в табл. 1. Нуклеотидные последовательности российских изолятов IHNV, выделенные от радужной форели и идентифицированные в процессе данной работы, были зарегистрированы в Национальном центре биотехнологической информации (далее NCBI) под номерами PX530600 – PX530618 (табл. 2).

По данным, приведённым в табл. 1, видно, что 12 из 19 изолятов не имеют генетических отличий друг от друга в области midG. При этом вирусы выделены из 10 разных рыбоводных хозяйств, расположенных как в непосредственной близости друг от друга, так и на расстоянии более 3 тыс. км. В эту же группу можно отнести 2 изолята из двух хозяйств, с одной нуклеотидной заменой и три изолята с 4 заменами. Единичные мутации рассматриваются как обычное явление для рабдовирусов [Москалев и др., 2023]. Данной группе изолятов ($n=17$) присвоили номер 1.

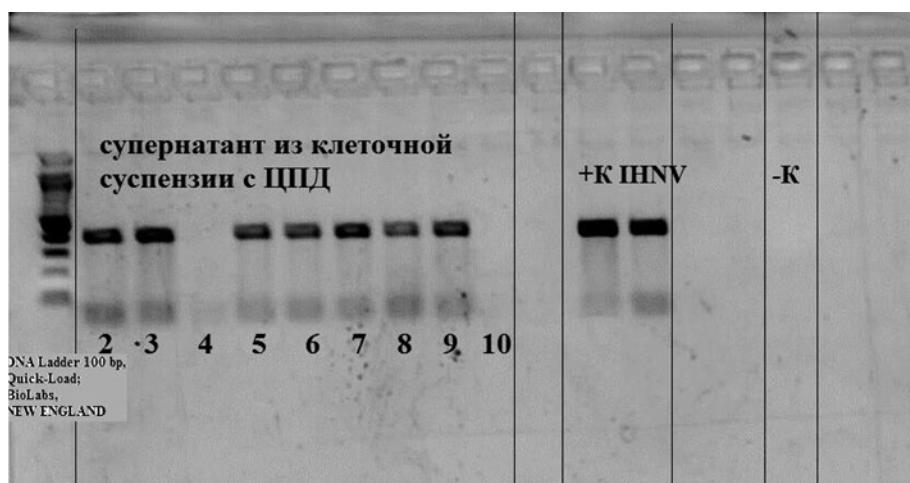


Рис. 2. Визуализация результатов проведения ОТ-ПЦР выделенных вирусов на электрофорезе в агарозном геле

Fig. 2. Visualization of the results of RT-PCR of isolated viruses on electrophoresis in agarose gel

Таблица 1. Оценка эволюционной дивергенции между последовательностями IHNV, выделенными от радужной форели в рыбоводных хозяйствах России в 2023-2025 гг.**Table 1.** Estimated evolutionary divergence between IHNV sequences isolated from rainbow trout in Russian fish farms in 2023-2025

| Название изолята | SOD/7 | SOO/16 | SOAF/27 | SOAF/30 | SOAF/32 | RG/96 | RLO/236 | SOS/198 | SOK/1 | SOKr/13 | SOX/64 | RCh/165 | RLO/232 | SOOs/59 | SOOs/215 | SOOs/182 | SOK//203 | SOM//156 | SOD/17 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| SOD/F/IHNV/2023/7 (хозяйство 1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOO/1+/ IHNV/2023/16 (хозяйство 2) | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOAF/F/IHNV/2023/27 (хозяйство 3) | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOAF/F/IHNV/2023/30 (хозяйство 3) | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOAF/F/IHNV/2023/32 (хозяйство 3) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| RG/Y/IHNV/2024/96 (хозяйство 4) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| RLO/A/IHNV/2025/236 (хозяйство 5) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| SOS/2+/ IHNV/2024/198 (хозяйство 6) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| SOK/2+//IHNV/2023/1 (хозяйство 7) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| SOKr/Y/IHNV/2023/13 (хозяйство 8) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| SOX/F/IHNV/2024/64 (хозяйство 9) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| RCh/F/IHNV/2024/165 (хозяйство 10) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| RLO/A/ IHNV/2025/232 (хозяйство 5) | 1 | |
| SOOs/F/ IHNV/2024/59 (хозяйство 11) | 1 | 2 | | |
| SOOs/Y/ IHNV/2024/215 (хозяйство 11) | 4 | 5 | 5 | |
| SOOs/F/ IHNV/2024/182 (хозяйство 11) | 4 | 5 | 5 | 0 | |
| SOK/2+/ IHNV/2024/203 (хозяйство 7) | 4 | 5 | 5 | 8 | |
| SOM/Y/IHNV/2024/156 (хозяйство 12) | 17 | 18 | 18 | 21 | 19 | |
| SOD/A/IHNV/2023/17 (хозяйство 1) | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | |

Примечание: серым фоном выделены изоляты из группы № 2; полужирным шрифтом изоляты из группы № 1, у которых выявлены изменения в нуклеотидных последовательностях.

Для определения положения исследуемых изолятов в общей филогении вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани было проведено сопоставление 36 изолятов из базы генетических данных NCBI Genome (далее – генбанк) и 19 исследованных изолятов (табл. 2, рис. 3). В том числе изоляты IHNV из Е геногруппы (генбанк): из Ирана, Италии, Германии, Франции, изоляты из М и У геногрупп США (в основ-

ном от радужной форели) и России, включая изолят из популяции дикой нерки Камчатки.

Сравнение выделенных изолятов IHNV группы № 1 с последовательностями, доступными в базе генбанка, показало их идентичность на 99-100% с изолятами, выделенными в Иране в период эпизоотий в 2017-2019 гг. [Ahmadivand et al., 2021]. Оставшиеся два изолятов выделенных вирусов IHNV, представленных в этой

Таблица 2. Данные об изолятах вируса IHNV, использованных для построения филогенетического дерева

Table 2. Data on IHNV virus isolates used to construct the phylogenetic tree

| № пп | Номер изолята в NCBI Genome* | Название изолята | Год выделения изолята | Страна выделения изолята | Гено группа | Вид рыбы | Источник данных |
|------|------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|----------|---|
| 1 | PX530618 | SOM/Y/ IHNV/2024/156 | 2024 | Россия | U | рф | Настоящее исследование |
| 2 | PX530617 | SOD/A/ IHNV/2023/17 | 2023 | Россия | U | рф | Настоящее исследование |
| 3 | н/д | FJ265721 | 2000 | Россия | U | рф | Schelkunov et al., 2001 Johansson et al., 2009 |
| 4 | DQ164100 | US-BLK-94 | 1994 | США (Вашингтон) | U | н | Garver et al., 2006 |
| 5 | U50401 | US-RB-1 | 1975 | США (Орегон) | U | рф | Kurath et al., 1997 |
| 6 | L40880 | RS-RB-76 | 1976 | США (Орегон) | U | сл | Nichol et al., 1995 |
| 7 | н/д | mG001U | 1989 2005 | США (Айдахо, Орегон) | U | рф | http://gis.nacse.org/ihnv/ |
| 8 | н/д | mG003U | 1977 1982 1988 | США (Вашингтон) | U | рф | http://gis.nacse.org/ihnv/ |
| 9 | н/д | mG032U | 2007 2008 | США (р. Колумбия) | U | рф | http://gis.nacse.org/ihnv/ |
| 10 | н/д | mG240U | 1995 | США (Айдахо) | U | рф | http://gis.nacse.org/ihnv/ |
| 11 | н/д | mG151U | 2014 | США (р. Колумбия) | U | рф | http://gis.nacse.org/ihnv/ |
| 12 | н/д | mG265U | 2015 | США (Вашингтон) | U | рф | http://gis.nacse.org/ihnv/ |
| 13 | L40872 | Carson-89 | 1989 | США | U | | Nichol et al., 1995 |
| 14 | L40877 | LR-73 | 1973 | США | U | | Nichol et al., 1995 |
| 15 | mG143U | 6/н | 2007 | Россия | U | | Rudakova et al., 2007 |
| 16 | L40882 | US-WRAC | 1982 | США | M | рф | Nichol et al., 1995 |
| 17 | L40878 | LR80 | 1980 | США (Вашингтон) | M | ч | Nichol et al., 1995 |
| 18 | L40876 | HO-7 | 1984 | США (Айдахо) | M | рф | Nichol et al., 1995 |
| 19 | L40871 | 193-11 | 1984 | США (Айдахо) | M | рф | Nichol et al., 1995 |
| 20 | L40875 | CST | 1982 | США (Айдахо) | M | рф | Nichol et al., 1995 |
| 21 | PX530600 | RCh/F/ IHNV/2024/165 | 2024 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 22 | PX530611 | RG/Y/ IHNV/2024/96 | 2024 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 23 | PX530612 | RLO/A/ IHNV/2025/232 | 2025 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 24 | PX530610 | RLO/A/ IHNV/2025/236 | 2025 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |

Продолжение табл. 2

| № пп | Номер изолята в NCBI Genome* | Название изолята | Год выделения изолята | Страна выделения изолята | Гено группа | Вид рыбы | Источник данных |
|------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|----------|------------------------|
| 25 | PX530608 | SOAF/F/ IHNV/2023/27 | 2023 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 26 | PX530609 | SOAF/F/ IHNV/2023/30 | 2023 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 27 | PX530607 | SOAF/F/ IHNV/2023/32 | 2023 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 28 | PX530606 | SOD/F/ IHNV/2023/7 | 2023 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 29 | PX530605 | SOK/2+/ IHNV/2023/1 | 2023 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 30 | PX530614 | SOK/2+/ IHNV/2024/203 | 2024 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 31 | PX530604 | SOKr/Y/ IHNV/2023/13 | 2023 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 32 | PX530603 | SOO/1+/ IHNV/2023/16 | 2023 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 33 | PX530613 | SOOs/F/ IHNV/2024/59 | 2024 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 34 | PX530615 | SOOs/F/ IHNV/2024/182 | 2024 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 35 | PX530616 | SOOs/Y/ IHNV/2024/215 | 2024 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 36 | PX530602 | SOS/2+/ IHNV/2024/198 | 2024 | Россия | E | рф | Настоящее исследование |
| 37 | MK279324 | б/н | 2018 | Иран | E | рф | Ahmadi et al., 2021 |
| 38 | MK279325 | б/н | 2018 | Иран | E | рф | Ahmadi et al., 2021 |
| 39 | MT431656 | б/н | 2020 | Иран | E | рф | Ahmadi et al., 2021 |
| 40 | FsVi100/96 | AY331666 | 2003 | Германия | E | рф | Nishizawa et al., 2006 |
| 41 | Fs832/94 | AY331661 | 2003 | Германия | E | рф | Nishizawa et al., 2006 |
| 42 | I166 | FJ711510 | 2005 | Италия | E | рф | н/д |
| 43 | KU878273 | IHNV/O.mykiss/I/ TN/133/Jan92 | 1992 | Италия | E | рф | Abbadi et al., 2016 |
| 44 | KU878274 | IHNV/O.mykiss/I/ TN/347/Mar92 | 1992 | Италия | E | рф | Abbadi et al., 2016 |
| 45 | KU878281 | IHNV/O.mykiss/I/ TV/576/Oct95 | 1995 | Италия | E | рф | Abbadi et al., 2016 |
| 46 | KU878316 | IHNV/O.mykiss/I/ VI/272/Jun01 | 2001 | Италия | E | рф | Abbadi et al., 2016 |
| 47 | KU878318 | IHNV/O.mykiss/I/ TV/3/Dec02 | 2002 | Италия | E | рф | Abbadi et al., 2016 |
| 48 | KU878324 | IHNV/O.mykiss/I/ UD/194/May02 | 2002 | Италия | E | рф | Abbadi et al., 2016 |
| 49 | KU878343 | IHNV/O.mykiss/I/ TV/389/Nov06 | 2006 | Италия | E | рф | Abbadi et al., 2016 |
| 50 | KU878353 | IHNV/O.mykiss/I/ TV/77/Mar09 | 2009 | Италия | E | рф | Abbadi et al., 2016 |
| 51 | LN897477 | E_Fft121-07h | 2007 | Франция | E | рф | Abbadi et al., 2016 |
| 52 | LN897488 | E_I01-04CH | 2004 | Швейцария | E | рф | Abbadi et al., 2016 |
| 53 | LN897514 | E_I08-08bw | 2008 | Германия | E | рф | Abbadi et al., 2016 |

Окончание табл. 2

| № пп | Номер изолята в NCBI Genome* | Название изолята | Год выделения изолята | Страна выделения изолята | Гено группа | Вид рыбы | Источник данных |
|------|------------------------------|------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|----------|---------------------|
| 54 | L40874 | Col-85 | 1985 | США (Калифорния) | L | сл | Nichol et al., 1995 |
| 55 | L40873 | Col-80 | 1980 | США (Калифорния) | L | ч | Nichol et al., 1995 |

Примечания: н – нерка; РФ – радужная форель; сл – стальноголовый лосось; ч – чавыча; * – ресурс полногеномных референсных последовательностей Национального центра биотехнологической информации (NCBI) в США; н/д – нет данных; б/н – без названия; полужирным шрифтом выделены российские изоляты из настоящего исследования; серым фоном выделены изоляты на 100% идентичные группе № 2 настоящего исследования

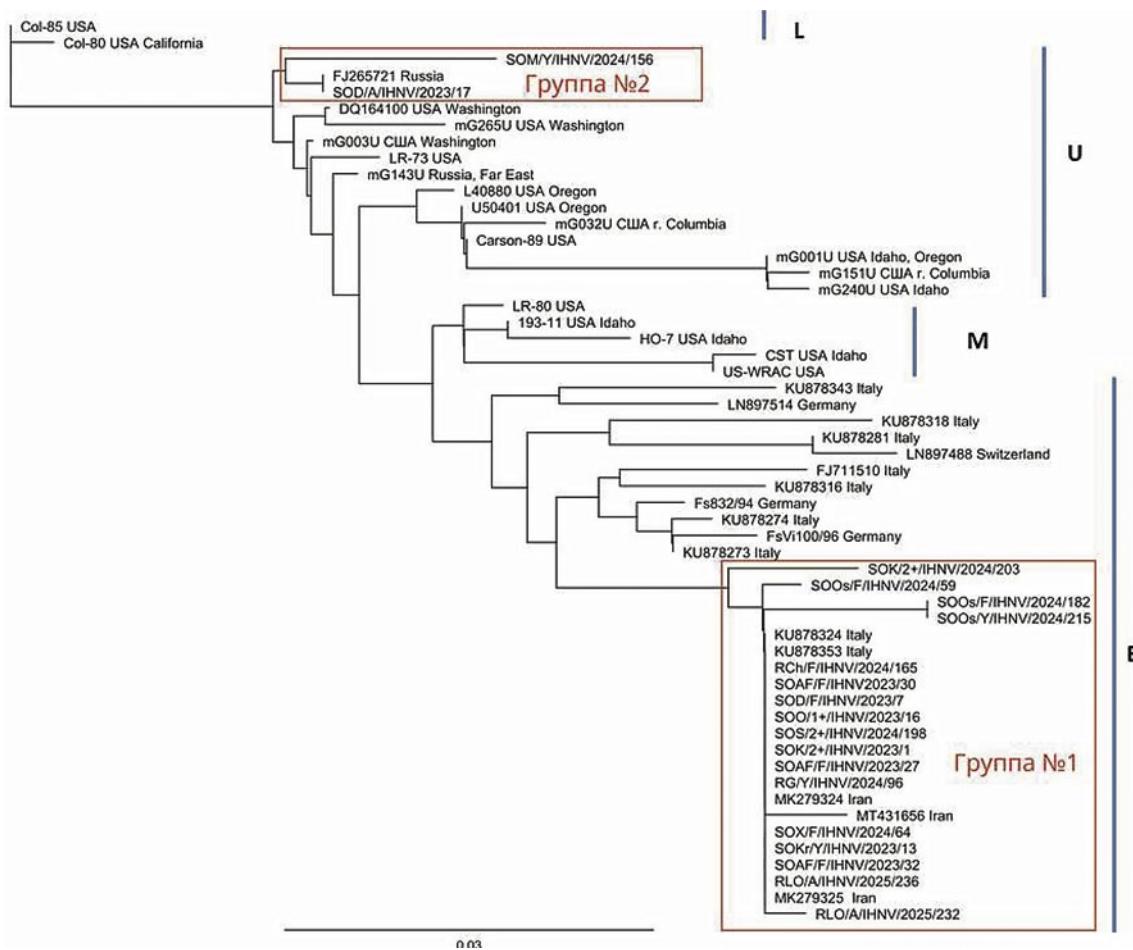


Рис. 3. Филогенетическое дерево российских изолятов IHNV и изолятов из США, Европы и Азии. Дерево построено в программе Geneious 10.0.5 (© 2025 Dotmatics). Тип выравнивания – Global alignment with free end gaps, модель генетического расстояния – Tamura-Nei, метод построения дерева – Neighbour-Joining.

Fig. 3. Phylogenetic tree of Russian IHNV isolates and isolates from the United States, Europe, and Asia. The tree was constructed using Geneious 10.0.5 (© 2025 Dotmatics). Alignment type: Global alignment with free end gaps, genetic distance model: Tamura-Nei, tree construction method: Neighbor-Joining.

работе, отнесли к группе № 2, они показали своё близкое сходство с изолятами из У геногруппы, распространённой и эндемичной в США и России у нерки [Kurath et al., 2003; Rudakova et al., 2007] (рис. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о том, что в обследованных рыбоводных форелевых хозяйствах, циркулируют две основные геногруппы IHNV – Е и У.

Первая характерна для Европейских изолятов вируса, вторая для американских и больше для нерки, чавычи и стальноголового лосося (табл. 2). Анализ нуклеотидных последовательностей *midG* гена гликопротеина российских изолятов вируса, выделенного от радужной форели (группа № 1), показал высокое сходство (99,9-100%) с изолятами, выделенными в Иране (настоящие исследования) (рис. 3). При этом филогенетические исследования, проведённые группой иранских исследователей, подтвердили, что иранские изоляты IHNV принадлежали к европейской (E) геногруппе со 100% идентичностью некоторым итальянским изолятам. На этой основе ими было сделано предположение, что вирусы попали в страну за счёт импорта заражённой икры. Это был первый задокументированный случай вспышки инфекционного некроза гемопоэтической ткани у радужной форели на рыбоводных хозяйствах в Иране [Ahmadivand et al., 2017].

В нашей работе показано, что 16 из 19 изолятов IHNV (группа № 1), выделенных из 12 рыбоводных хозяйств России, являются близкородственными и имеют низкое генетическое разнообразие в пределах *midG*, что не характерно для изолятов из E геногруппы. Эта группа имеет близкородственное сходство с Иранскими изолятами, выделенными от молоди во время вспышек эпизоотий в 2014-2017 гг., у которых доказано итальянское происхождение.

Напротив, группа № 2 (n=2), проанализированных изолятов вируса от радужной форели относится к самой распространённой и многочисленной в США U геногруппе. К этой геногруппе относятся и вирусы, выделенные у радужной форели, выращиваемой в рыбоводных хозяйствах в Айдахо и бассейне реки Колумбия [Kurath et al., 2003; Troyer, Kurath, 2003]. Кроме того, есть единственное документальное свидетельство того, что изолят вируса IHNV, который относится к U геногруппе, был ранее выделен в России в рыбоводном хозяйстве в Подмосковье у радужной форели в 2000 г. [Schelkunov et al., 2001]. В России к U геногруппе относится большое количество изолятов, выделенных от нерки в естественных водоёмах и на рыбоводных заводах Камчатки [Rudakova et al., 2007]. У микижи, пресноводной форме камчатской сёмги (стальноголового лосося в Америке), вирусологические исследования были проведены в 2021 году в реке Камчатка в период нереста, вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани не был обнаружен.

Получить официальные данные из Роспотребнадзора о поставках импортной оплодотворённой икры радужной форели для рыбоводных хозяйств России не удалось, поэтому обратились к доступным источ-

никам. По данным компании ООО «Агриконсалт» (негосударственный информационно-консультационный центр АПК Ленинградской области), до 2020 г. основной объём импорта в Россию оплодотворённой икры радужной форели обеспечивали поставщики из США (всего поставки были более чем из десятка стран), а с 2023 г. США полностью ушли с нашего рынка и только шесть государств поставляли оплодотворённую икру в Россию в качестве посадочного материала – Дания, Испания, Франция, ЮАР, Италия и Польша⁷. Таким образом, поставок оплодотворённой икры в Россию из Ирана не зафиксировано, вероятнее всего заражённая IHNV икра (группа № 1) попала в Россию также из Европы, предположительно из Италии. Предполагаем, что изоляты вируса из группы № 2 могли быть завезены в Россию с оплодотворённой икрой радужной форели из США, а первая интродукция вируса в аквакульттуру России была в 90-х гг. прошлого века [Schelkunov et al., 2001]. Однако, есть вероятность случайного заноса вируса на форелевые хозяйства России и от камчатской нерки.

В России зарегистрирован естественный очаг вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани в диких популяциях нерки на Камчатке. Проведённые филогенетические исследования показали, что камчатские изоляты (2001-2005 гг.) и изолят, ранее выделенный от радужной форели из рыбоводного хозяйства в Подмосковье в 2000 г. [Schelkunov et al., 2001] (далее – изолят «Подмосковье 2000») относятся к U геногруппе. Генетическое различие между ними составляет всего 2-3 п. н. [Rudakova et al., 2007]. В то время как в исследованиях данной работы внутри группы № 1 различия между изолятами составили 1-8 п. н., а между группами № 1 и № 2-13-21 п. н. (табл. 1, рис. 3). Это согласуется с ранее проведёнными исследованиями, где было показано, что нуклеотидное разнообразие между европейскими изолятами и российским изолятом «Подмосковье 2000» составило 2-3%. Между российским изолятом «Подмосковье 2000» и американскими изолятами геногруппы U различия составляли всего 1 %. В то время как различия между европейскими и американскими изолятами составили от 1 до 5 % [Johansson et al., 2009]. Таким образом, группа № 2 (наше исследование) ближе всего к изолятам, выделенным у камчатской нерки и американской радужной форели.

Согласно основному принципу эволюционной биологии разделение и изоляция различных популяций вида со временем приводит к их дивергенции либо за счёт генетического дрейфа, либо различного отбора в соответствующих средах обитания. Отсутствие эволюционной дивергенции между изолятами IHNV групп-

пы № 1 позволяет предположить, что вирус в разные хозяйства попал из общего источника относительно недавно. Напротив, большое количество нуклеотидных замен между группой № 1 и группой № 2 указывает на разные источники происхождения этих изолятов (табл. 1). Особый интерес вызывает тот факт, что изоляты из группы № 2, выделенные от радужной форели, сильнее отличаются от других изолятов от этого вида рыб и практически идентичны изолятам, выделенным от другого вида, нерки (США и Камчатка, Россия).

В России в последние годы происходит активное развитие форелеводства, а с ним и распространение вирусных инфекций и их адаптация к новым условиям и хозяевам, что уже ранее происходила в США и Европе. Чтобы понимать векторы эволюции российских изолятов вируса проследим путь распространения вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани от нерки к радужной форели в США и от радужной форели США в Европу. Первоначально IHNV был энзоотичным в Северной Америке у дикой нерки на Аляске (U геногруппа) [Rucker et al., 1953; Watson et al., 1954]. Во время развития искусственного воспроизводства вирус занесли на рыболовные заводы США с оплодотворённой икрой от диких производителей, что сильно ударило по их экономике, вызывая гибель личинок и ранней молоди до 100% [McDaniel, 1994]. Активное развитие искусственного воспроизводства и товарной аквакультуры в США, сопровождавшейся бесконтрольной перевозкой оплодотворённой икры нерки с Аляски, и практика кормления молоди не пастеризованными внутренностями рыб способствовали адаптации вируса к новым хозяевам: чавыче и стальноголовому лососю [Black et al., 2016]. Далее инфекционный некроз гемопоэтической ткани стал распространённым и эндемичным в индустрии радужной форели Айдахо (непроходной *O. mykiss*) с момента её появления в долине Хагерман (США) в конце 70-х годов. Кюраф с соавторами [Kurath et al., 2004] провели генетический анализ последовательностей генов 270 изолятов вируса из бассейна р. Колумбия, включая 150 изолятов из долины Хагерман. Филогенетический анализ показал, что существуют две отдельные основные геногруппы, обозначенные U и M, которые перекрываются в бассейне р. Колумбия. Авторы предположили частый вирусный трафик между культивируемыми популяциями рыб, а также между дикой и культивируемой рыбой.

Так в U геногруппе появились изоляты от радужной форели и сформировали M геногруппу, которая имеет наибольшее филогенетическое разнообразие среди своих членов. IHNV распространился в Европу от своего американского предка из геногруппы

M, образовав монофилетическую геногруппу E, которая в конечном итоге закрепилась у радужной форели. Филогенетический анализ подтверждает гипотезу о том, что занос IHNV в Европу произошёл при транспортировке инфицированной рыбы и/или заражённой икрой [Kurath et al., 2003; Enzmann et al., 2010]. Первые описания IHNV в Италии относятся к 1987 году [Bovo et al., 1987]. Таким образом доказано, что трансграничные перевозки способствуют распространению вирусов и их адаптации к новым хозяевам, и Россия не была исключением.

В этой связи остаётся не совсем ясным появление малочисленной U геногруппы IHNV у радужной форели в обследованных рыболовных хозяйствах. Дальнейшее пополнение рабочей коллекции изолятами вируса, полученными из других регионов России, и их полногеномное исследование поможет понять филогению группы № 2 и её происхождение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог проделанной работе можно говорить о том, что большая часть российских изолятов IHNV, выделенных от радужной форели в рыболовных хозяйствах России, кластеризуется в пределах европейской геногруппы E и небольшая часть попала в геногруппу U. Анализ полученных данных показал, что вирус инфекционного некроза гемопоэтической ткани, вероятно, был завезён в Россию как минимум дважды. Первый раз поставка посадочного материала была из США (группа 2) в 90-х гг. прошлого века и второй раз – в 2014-2017 гг. из Европы, с высокой долей вероятности из Италии (группа 1).

Широкое распространение идентичных и/или близкородственных изолятов вируса из группы № 1 по рыболовным хозяйствам России вероятно происходит за счёт горизонтальной передачи (вода, птицы, животные) и перевозок посадочного материала внутри страны. Относительно циркуляции в России изолятов из U геногруппы многое предстоит ещё выяснить. Дополнительные исследования позволят понять причину циркуляции данной группы только в двух хозяйствах, хотя условия выращивания рыбы и риски его распространения на другие хозяйства схожи. Возможно, более масштабные исследования большего количества рыболовных хозяйств из разных регионов и полногеномное секвенирование большего числа изолятов российских вирусов позволит лучше понять филогению патогена в России, изучить его эволюцию и выявить потенциальные маркеры вирулентности. Кроме того, исследования будут направлены на работу с разными стадами радужной форели для выявления наиболее устойчивых к вирусу особей, выживших

после эпизоотий. Поиск локусов, ответственных за высокий врождённый и/или приобретённый иммунитет к IHNV, позволит в дальнейшем развивать геномную селекцию для интенсификации создания новых отечественных пород и линий радужной форели для товарной аквакультуры России.

Благодарности

Выражаем благодарность всем сотрудникам рыбоводных хозяйств России, оказавшим помочь в сбое образцов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Государственного задания Минобрнауки России для ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИИ-РО» № 076-00005-25-00 (сбор и идентификация изолятов), работа по генотипированию изолятов проведена в рамках гранта Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2025-177).

ЛИТЕРАТУРА

- Москалев А.В., Гумилевский Б.Ю., Апчел В.Я., Цыган В.Н. 2023. Эволюционные механизмы изменчивости вирусов // Вестник Российской военно-медицинской академии. Т. 25. № 2. С. 301-316. DOI 10.17816/brmma354241.
- Мусселиус В.А. 1983. Лабораторный практикум по болезням рыб. М.: Лёгкая и пищевая промышленность. 294 с.
- Рудакова С.Л. 2003. Некроз гемопоэтической ткани у производителей нерки и предполагаемые источники инфекции // Вопросы рыболовства. Т. 4. № 1 (13). С. 93-102.
- Рудакова С.Л., Бочкина Е.В., Дубынин В.А., Мюге Н.С., Батс Б., Брейта Р.Б., Кюраф Г. 2021. Особенности циркуляции вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани в популяции нерки оз. Курильского (Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. № 63. С. 89-101. DOI 10.15853/2072-8212.2021.63.89-101.
- Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. 1998. Ч. 1. М.: Отдел маркетинга АМБагро. 310 с.
- Abbadi M., Fusaro A., Ceolin C., Casarotto C., Quartesan R., Dalla Pozza M., Cattoli G., Toffan A., Holmes E.C., Panzarini V. 2016. Molecular Evolution and Phylogeography of co-circulating IHNV and VHSV in Italy // Front Microbiol.; 7:1306. DOI 10.3389/fmicb.2016.01306 PMID: 27602026.
- Abbadi M., Gastaldelli M., Pascoli F., Zamperin G., Buratin A., Bedendo G., Toffan A., Panzarini V. 2021. Increased virulence of Italian infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) associated with the emergence of new strains // Virus Evolution. V. 7. Iss.2. veab056. DOI 10.1093/ve/veab056.
- Ahmadvand S., Palić D., Weidmann M. 2021. Molecular Epidemiology of Novirhabdoviruses Emerging in Iranian Trout Farms // Viruses. V. 13(3):448. DOI 10.3390/v13030448.
- Ahmadvand S., Soltani M., Mardani K., Shokrpoor S., Hassanzadeh R., Ahmadpoor M., Rahmati-Holasho H., Meshkini S. 2017. Infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) outbreak in farmed rainbow trout in Iran: Viral isolation, pathological findings, molecular confirmation, and genetic analysis // Virus Res. V. 229.P. 17-23. DOI 10.1016/j.virusres.2016.12.013.
- Black A., Breyta R., Bedford T., Kurath G. 2016. Geography and host species shape the evolutionary dynamics of U genogroup infectious hematopoietic necrosis virus // Virus Evolution. V. 2(2). P. 1-13. DOI 10.1093/ve/vew034.
- Bovo G., Giorgetti G., Jørgensen P.E.V., Olesen N.J. 1987. Infectious hematopoietic necrosis: first detection in Italy // Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol. V. 7:124.
- Cieslak M., Wahli T., Diserens N., Haenen O.L.M., Schütze H. 2017. Phylogeny of the infectious hematopoietic necrosis virus in European aquaculture // PLoS One. V. 12(9): e0184490. DOI 10.1371/journal.pone.0184490.
- Dixon P. 2016. Epidemiological characteristics of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV): a review // Vet Res. V. 47 (1). P. 1-63. DOI 10.1186/s13567-016-0341-1.
- Emmenegger E.J., Meyers T.R., Burton T.O., Kurath G. 2000. Genetic diversity and epidemiology of infectious hematopoietic necrosis virus in Alaska // Dis. Aquat. Org. V. 40. P. 163-176. DOI 10.3354/dao040163.
- Enzmann P.-J., Castric J., Bovo G., Thiery R., Fichtner D., Schütze H., Wahli T. 2010. Evolution of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV), a fish rhabdovirus, in Europe over 20 years: implications for control // Dis. Aquat. Organ. V. 89. P. 9-15. DOI 10.3354/dao02182 PMID: 20391908.
- Garver K.A., Batts W.N., Kurath G. 2006. Virulence comparisons of infectious hematopoietic necrosis virus U and M genogroups in sockeye salmon and rainbow trout // J. Aquat. Anim. Health. V. 18. P. 232-243. DOI 10.1577/H05-038.1.
- Garver K.A., Troyer R.M., Kurath G. 2003. Two distinct phylogenetic clades of infectious hematopoietic necrosis virus overlap within the Columbia River basin // Dis. Aquat. Org. V. 55. P. 187-203. DOI 10.3354/dao055187.
- Johansson T., Einer-Jensen K., Batts W., Ahrens P., Björkblom C., Kurath G., Björklund H., Lorenzen N. 2009. Genetic and serological typing of European infectious haematopoietic necrosis virus (IHNV) isolates // J. Dis. Aquat. Org. V. 86. P. 213-221. DOI 10.3354/dao02108.
- Kurath G., Garver K.A., Troyer R.M. 2004. Infectious hematopoietic necrosis virus traffic in the Columbia River basin // American Fisheries Society Symposium. 44:539-548.
- Kurath G., Garver K.A., Troyer R.M., Emmenegger E.J., EinerJensen K., Anderson E.D. 2003. Phylogeography of infectious

- hematopoietic necrosis virus in North America // *J. Gen. Virol.* V. 84. P. 803-814. DOI 10.1099/vir.0.18771-0.
- Kurath G., Higman K.H., Björklund H.* 1997. Distribution and variation of NV genes in fish rhabdoviruses // *J. Gen. Virol.* V. 78. P. 113-117. DOI 10.1099/0022-1317-78-1-113.
- McDaniel T.R., Pratt K.M., Meyers T.R., Ellison T.D., Follett J.E., Burke J.A.* 1994. Alaska sockeye salmon culture manual // Special fisheries report number Alaska Department of Fish and Game. Div. Commer. Fish., Manag. Develop. Alaska. 40 p.
- Mulcahy D., Pascho R.J.* 1985. Vertical transmission of infectious haematopoietic necrosis virus in sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka* (Walbaum): isolation of virus from dead eggs and fry // *J. Fish Diseases.* № 8. P. 393-396. DOI 10.1111/j.1365-2761.1985.tb00962.x.
- Nichol S.T., Rowe J.E., Winton J.R.* 1995. Molecular epizootiology and evolution of the glycoprotein and non-virion protein genes of infectious hematopoietic necrosis virus, a fish rhabdovirus // *Virus. Res.* V. 38. P. 159-173. DOI 10.1016/0168-1702(95)00054-t.
- Nishizawa T., Kinoshita S., Kim W.S., Higashi S., Yoshimizu M.* 2006. Nucleotide diversity of Japanese isolates of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) based on the glycoprotein gene // *Diseases of Aquatic Organisms.* V. 71. P. 267-72. DOI 10.3354/dao071267.
- Rudakova S.L., Kurath G., Bochkova E.V.* 2007. Occurrence and genetic typing of infectious hematopoietic necrosis virus in Kamchatka, Russia // *Dis. Aquat. Org.* V. 75. P. 1-11. DOI 10.3354/dao075001
- Schelkunov I.S., Kupinskaya O.A., Didenko L.V., Bykovsky A.F., Olesen N.J.* 2001. Infectious haematopoietic necrosis (IHN): the first confirmed finding in Russia // Abstr. Book, 10th Int. Conf. Eur. Assoc. Fish Pathol, Dublin 9-14 Sep 2001. EAFF. P 44.
- Troyer R.M., Kurath G.* 2003. Molecular epidemiology of infectious hematopoietic necrosis virus reveals complex virus traffic and evolution within southern Idaho aquaculture // *Dis. Aquat. Org.* V. 55. P. 175-185. DOI 10.3354/dao055175.
- Rucker R.R., Whipple W.J., Parvin J.R., Evans C.A.* 1953. A contagious disease of salmon possibly of virus origin // US Fish and Wildlife Service Fisheries Bulletin 54. P. 35-46
- Watson S.W., Guenther R.W., Rucker R.R.* 1954. A virus disease of sockeye salmon, interim report // US Fish and Wildlife Service Fisheries Bulletin 138. P. 1-36
- REFERENCES**
- Moskalov A.V., Gumilevsky B.Yu., Apchel V.Ya., Tsygan V.N.* 2023. Evolutionary mechanisms of virus variability // *Bull. of the Russian Military Medical Academy.* V. 25. No. 2. P. 301-316. DOI 10.17816/brmma354241 (In Russ.).
- Mussellius V.A.* 1983. Laboratory practical training on fish diseases. Moscow: Leg. and food industry. 294 p. (In Russ.).
- Rudakova S.L., Bochkova E.V., Dubynin V.A., Müge N.S., Bats B., Breyta R.B., Kyuraf G.* 2021. Features of infectious hematopoietic necrosis virus circulation in the sockeye salmon population of Lake Kurilskoye (Kamchatka) // *Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern Pacific Ocean.* V. 63. P. 89-101. DOI 10.15853/2072-8212.2021.63.89-101 (In Russ.)
- Collection of instructions for combating fish diseases.* 1998. Part 1. Moscow: Marketing Department of AMBagro. 310 p. (In Russ.)
- Abbadì M., Fusaro A., Ceolin C., Casarotto C., Quartesan R., Dalla Pozza M., Cattoli G., Toffan A., Holmes E.C., Panzarini V.* 2016. Molecular Evolution and Phylogeography of co-circulating IHNV and VHSV in Italy // *Front Microbiol.*; 7:1306. DOI 10.3389/fmicb.2016.01306 PMID: 27602026.
- Abbadì M., Gastaldelli M., Pascoli F., Zamperini G., Buratin A., Bedendo G., Toffan A., Panzarini V.* 2021. Increased virulence of Italian infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) associated with the emergence of new strains // *Virus Evolution.* V. 7. Iss.2. veab056. DOI 10.1093/ve/veab056.
- Ahmadvand S., Palić D., Weidmann M.* 2021. Molecular Epidemiology of Novirhabdoviruses Emerging in Iranian Trout Farms // *Viruses.* V. 13(3):448. DOI 10.3390/v13030448.
- Ahmadvand S., Soltani M., Mardani K., Shokrpoor S., Hassanzadeh R., Ahmadpoor M., Rahmati-Holaseh H., Meshkini S.* 2017. Infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) outbreak in farmed rainbow trout in Iran: Viral isolation, pathological findings, molecular confirmation, and genetic analysis // *Virus Res.* V. 229. P. 17-23. DOI 10.1016/j.virusres.2016.12.013.
- Black A., Breyta R., Bedford T., Kurath G.* 2016. Geography and host species shape the evolutionary dynamics of U genogroup infectious hematopoietic necrosis virus // *Virus Evolution.* V. 2(2). P. 1-13. DOI 10.1093/ve/vew034.
- Bovo G., Giorgetti G., Jørgensen P.E.V., Olesen N.J.* 1987. Infectious hematopoietic necrosis: first detection in Italy // *Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol.* V. 7:124.
- Cieslak M., Wahli T., Diserens N., Haenen O.L.M., Schütze H.* 2017. Phylogeny of the infectious hematopoietic necrosis virus in European aquaculture // *PLoS One.* V. 12(9): e0184490. DOI 10.1371/journal.pone.0184490.
- Dixon P.* 2016. Epidemiological characteristics of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV): a review // *Vet Res.* V. 47 (1). P. 1-63. DOI 10.1186/s13567-016-0341-1.
- Emmenegger E.J., Meyers T.R., Burton T.O., Kurath G.* 2000. Genetic diversity and epidemiology of infectious hematopoietic necrosis virus in Alaska // *Dis. Aquat. Org.* V. 40. P. 163-176. DOI 10.3354/dao040163.
- Enzmann P.-J., Castric J., Bovo G., Thiery R., Fichtner D., Schütze H., Wahli T.* 2010. Evolution of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV), a fish rhabdovirus, in Europe over 20 years: implications for control // *Dis. Aquat. Organ.* V. 89. P. 9-15. DOI 10.3354/dao02182 PMID: 20391908.
- Garver K.A., Batts W.N., Kurath G.* 2006. Virulence comparisons of infectious hematopoietic necrosis virus U and M genogroups in sockeye salmon and rainbow trout // *J. Aquat. Anim. Health.* V. 18. P. 232-243. DOI 10.1577/H05-038.1.

- Garver K.A., Troyer R.M., Kurath G. 2003. Two distinct phylogenetic clades of infectious hematopoietic necrosis virus overlap within the Columbia River basin // Dis. Aquat. Org. V. 55. P. 187-203. DOI 10.3354/dao055187.
- Johansson T., Einer-Jensen K., Batts W., Ahrens P., Björkblom C., Kurath G., Björklund H., Lorenzen N. 2009. Genetic and serological typing of European infectious haematopoietic necrosis virus (IHNV) isolates // J. Dis. Aquat. Org. V. 86. P. 213-221. DOI 10.3354/dao02108.
- Kurath G., Garver K.A., Troyer R.M. 2004. Infectious hematopoietic necrosis virus traffic in the Columbia River basin // American Fisheries Society Symposium. 44:539-548.
- Kurath G., Garver K.A., Troyer R.M., Emmenegger E.J., Einer-Jensen K., Anderson E.D. 2003. Phylogeography of infectious hematopoietic necrosis virus in North America // J. Gen. Virol. V. 84. P. 803-814. DOI 10.1099/vir.0.18771-0.
- Kurath G., Higman K.H., Björklund H. 1997. Distribution and variation of NV genes in fish rhabdoviruses // J. Gen. Virol. V. 78. P. 113-117. DOI 10.1099/0022-1317-78-1-113.
- McDaniel T.R., Pratt K.M., Meyers T.R., Ellison T.D., Follett J.E., Burke J.A. 1994. Alaska sockeye salmon culture manual // Special fisheries report number Alaska Department of Fish and Game. Div. Commer. Fish., Manag. Develop. Alaska. 40 p.
- Mulcahy D., Pascho R.J. 1985. Vertical transmission of infectious haematopoietic necrosis virus in sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka* (Walbaum): isolation of virus from dead eggs and fry // J. Fish Diseases. № 8. P. 393-396. DOI 10.1111/j.1365-2761.1985.tb00962.x.
- Nichol S.T., Rowe J.E., Winton J.R. 1995. Molecular epizootiology and evolution of the glycoprotein and non-virion protein genes of infectious hematopoietic necrosis virus, a fish rhabdovirus // Virus. Res. V. 38. P. 159-173. DOI 10.1016/0168-1702(95)00054-t.
- Nishizawa T., Kinoshita S., Kim W.S., Higashi S., Yoshimizu M. 2006. Nucleotide diversity of Japanese isolates of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) based on the glycoprotein gene // Diseases of Aquatic Organisms. V. 71. P. 267-72. DOI 10.3354/dao071267.
- Rudakova S.L., Kurath G., Bochkova E.V. 2007. Occurrence and genetic typing of infectious hematopoietic necrosis virus in Kamchatka, Russia // Dis. Aquat. Org. V. 75. P. 1-11. DOI 10.3354/dao075001
- Schelkunov I.S., Kupinskaya O.A., Didenko L.V., Bykovsky A.F., Olesen N.J. 2001. Infectious haematopoietic necrosis (IHN): the first confirmed finding in Russia // Abstr. Book, 10th Int. Conf. Eur. Assoc. Fish Pathol, Dublin 9-14 Sep 2001. EAFF. P 44.
- Troyer R.M., Kurath G. 2003. Molecular epidemiology of infectious hematopoietic necrosis virus reveals complex virus traffic and evolution within southern Idaho aquaculture // Dis. Aquat. Org. V. 55. P. 175-185. DOI 10.3354/dao055175.
- Rucker R.R., Whipple W.J., Parvin J.R., Evans C.A. 1953. A contagious disease of salmon possibly of virus origin // US Fish and Wildlife Service Fisheries Bulletin 54. P. 35-46
- Watson S.W., Guenther R.W., Rucker R.R. 1954. A virus disease of sockeye salmon, interim report // Special Scientific Report – Fisheries 138. P. 1-36

Поступила в редакцию 08.10.2025 г.
Принята после рецензий 22.10.2025 г.

УДК 575.174.4

Аквакультура

Динамика природного полиморфизма русского осетра в Азовском море за двадцатилетний период использования ремонтно-маточных стад в искусственном воспроизведстве

А.Ш. Алимова^{1,2}, А.В. Усатов¹, Н.А. Небесихина², Н.С. Мюге³

¹ Азово-Черноморский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), ул. Береговая, 21в, Ростов-на-Дону, 344002

² Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского ЮФУ (ФГАОУ ВО «АБиБ ЮФУ»), пр-т Ставки, 194/1, Ростов-на-Дону, 344006

³ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

E-mail: alimovaash@azniirkh.vniro.ru

SPIN-код: А.Ш. Алимова – 6035-2576; А.В. Усатов – 1644-8303; Н.С. Мюге – 1916-2289; Н.А. Небесихина – 3608-6240.

Цель: оценка влияния использования ремонтно-маточных стад русского осетра на уровень генетического полиморфизма выпускемой молоди, а также анализ динамики аллельного состава популяции в Азовском море. **Используемые методы:** выполнен анализ полиморфизма по 5 микросателлитным (STR) локусам (Afug41, An20, AoxD161, AoxD165, Afug51) на двух выборках русского осетра: I. выловленных в Азовском море в 1999-2003 гг. (250 образцов, потомство от «диких» производителей) и II. отловленных в 2020-2024 гг. (250 образцов, потомство от производителей из сформированных РМС). **Новизна:** впервые представлены результаты сравнительного генетического анализа архивных (1999-2003 гг.) и современных (2020-2024 гг.) образцов русского осетра, а также проведена оценка временной стабильности генетической структуры популяции. **Результаты:** при сравнении результатов микросателлитного анализа двух выборок (потомков природного и искусственного происхождения) было выявлено, что среднее число аллелей на локус за 25-летний период не претерпело статистически достоверных изменений, однако при этом у выборки потомков искусственного воспроизведения значение среднего числа аллелей на особь незначительно снизилось (на 2,41%), а доля гомозигот в выборке потомков искусственного происхождения по отношению к природному возросла (0,05 и 0,07, соответственно). Показано, что аллельное разнообразие русского осетра азовской популяции сохраняется на стабильном уровне, однако при этом отмечено незначительное увеличение коэффициента инбридинга. **Практическая значимость:** результаты исследования указывают на высокую эффективность искусственного воспроизведения с точки зрения сохранения природного генетического разнообразия русского осетра, и могут быть использованы при проведении генетического мониторинга на осетровых рыбоводных заводах, что позволит поддерживать генетическую гетерогенность потомства в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: русский осётр *Acipenser gueldenstaedtii*, аллель, STR-локус, генетическая изменчивость, инбридинг, гомозиготность.

Dynamics of natural polymorphism of Russian sturgeon in the Sea of Azov over a twenty-year period of using broodstock in artificial reproduction

Aleksandra Sh. Alimova^{1,2}, Aleksandr V. Usatov¹, Natalya A. Nebesikhina², Nikolai S. Mugue³

¹ Azov-Black Sea branch of VNIRO («АзНИИРХ»), 21 в, Береговая ст., Ростов-на-Дону, 344002, Россия

¹ D.I. Ivanovsky Academy of Biology and Biotechnology of Southern Federal University («АБиБ ЮФУ»), 194/1, Stachki Av., Rostov-on-Don, 344006, Russia

³ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («ВНИРО»), 19, Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

The aim is to assess the impact of using RBS Russian sturgeon on the level of genetic polymorphism in the released juveniles and on the dynamics of the allele composition of the population in the Sea of Azov. **Methods:** Polymorphism analysis was carried out at five microsatellite (STR) loci (Afug41, An20, AoxD161, AoxD165, Afug51) on two samples of Russian sturgeon: I. individuals captured in the Sea of Azov in 1999-2003 (250 samples, offspring of «wild» broodstock) and II. individuals captured in 2020-2024 (250 samples, offspring of broodstock from established RBS). **Novelty:** For the first time, comparative genetic analysis results are presented for archival (1999-2003) and contemporary (2020-2024) Russian sturgeon samples, along with an assessment of the temporal stability of the population's genetic structure. **Results:** Comparison of microsatellite data between the two samples (offspring of natural and artificially reproduced broodstock) showed that the mean number of alleles per locus did not change significantly over the 25-year period. However, in the sample of offspring from artificial reproduction, the mean number of alleles per individual decreased slightly (by 2.41%), and the proportion of homozygotes was higher compared to the wild-origin offspring (0.07 vs. 0.05, respectively). These results indicate that allele diversity in the Azov population of Russian sturgeon remains at a stable level, although a slight increase in the inbreeding coefficient was observed. **Practical significance:** The findings demonstrate the high efficiency of artificial reproduction in maintaining the natural genetic diversity of Russian sturgeon and can be applied in genetic monitoring at sturgeon hatcheries to ensure the long-term maintenance of offspring genetic heterogeneity.

Keywords: Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*, allele, STR loci, genetic variability, inbreeding, homozygosity.

ВВЕДЕНИЕ

Русский осётр *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt et Ratzeburg, 1833) – проходной вид семейства осетровых (*Acipenseridae*), в прошлом важнейший промысловый вид для Азово-Черноморского бассейна. Исторически популяции азовских осетровых занимали второе место в мире по величине запасов и объёму вылова, уступая лишь Каспийскому морю [Реков, Чепурная 2018]. По данным учётных съёмок численность русского осетра ещё в 1989 году достигала 14 миллионов особей [Реков, 2002].

Во время нерестовых миграций старший возрастной состав азовской популяции русского осетра концентрировался в прибрежных зонах, а затем заходил в реку Дон и, в меньшей степени, в реку Кубань [Костюченко, 1955]. После зарегулирования основных путей нереста Цимлянской плотиной (1952 г.) и Федоровским гидроузлом (1964) численность русского осетра начала стремительно снижаться [Корнеев, Баскакова, 1984], вследствие нарушения условий естественного нереста. Необходимой мерой для компенсации недостатка молоди стало внедрение практики искусственного воспроизводства на осетровых рыбоводных заводах (ОРЗ). Путём интенсивного развития промышленного осетроводства, был успешно компенсирован недостаток молоди от естественного нереста [Реков и др., 2004]. Однако, после раз渲ала СССР, массовое распространение получил незаконный, несообщаемый и нерегулируемый промысел (ННН-промысел), в результате чего популяции, в том числе и русского осетра, оказались под угрозой исчезновения [Васев и др., 2023]. С 2000 года промышленный лов осетровых рыб в Азово-Черноморском бассейне был официально запрещён, а русский осётр включён Приложение II CITES (Конвенция ООН «О международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой уничтожения»)¹ и Красный список Международного стандарта охраны природы (МСОП)².

Искусственное воспроизводство русского осетра в Азовском море ведётся с конца 50-х годов прошлого века, однако с начала 2000-х снижение численности русского осетра привело к тому, что заготовка производителей для искусственного воспроизводства из моря практически прекратилась, и на ОРЗ региона были сформированы ремонтно-маточные стада производителей [Мирзоян и др., 2023]. В настоящее время пополнение популяции происходит с использова-

нием маточных стад, выращенных «от икры» в заводских условиях [Бугаев и др., 2023]. Для минимизации эффекта инбридинга, который, как правило, сопровождается снижением продуктивности и плодовитости рыб, необходимо контролировать уровень генетической изменчивости производителей [Kincaid, 1983]. Более того, оценка внутривидовой генетической изменчивости имеет непосредственное значение для исследования микроэволюционных процессов и анализа генетического разнообразия в искусственно сформированных маточных стадах [Тимошкина др., 2010], и, как следствие, своевременного предотвращения утери уникальных аллелей (генотипов) [Ortega-Villaizan et al., 2011].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследования служили образцы тканей (печень, селезёнка, фрагменты плавника) русского осетра, выловленного в Азовском море. Для сравнительного анализа генетической изменчивости материал был разделён на две выборки. Выборка I включала производителей, выловленных во время нерестового хода из естественной среды в период 1999-2003 гг. Часть этой выборки была представлена доместицированными особями, которые впоследствии составили основу при формировании маточных стад на ОРЗ (период 2001-2003 гг.). Кроме того, важно подчеркнуть, что рассматриваемые выше особи выборки I были получены от рыб природной популяции, участвующих в искусственном воспроизводстве единожды. Выборка II включала разновозрастных рыб Азовского моря, выловленных в период 2020-2024 гг. Особи выборки II являются потомками производителей, выращенных от «от икры» в условиях искусственного воспроизводства и содержащихся в ремонтно-маточных стадах (РМС).

Генетические образцы отбирали двумя методами – посмертно (до 2001 года половые продукты получали «забойным» методом, при этом производили отбор генетического материала) и прижизненно (начиная с 2001 года) путём отсекания фрагмента плавниковой каймы. В состав каждой выборки вошло по 250 проб. Образцы фиксировали 96%-ным этиловым спиртом, затем помещали в низкотемпературные (-70 °C) морозильные камеры. Вышеописанные пробы являются частью «Каталога коллекции тканей русского осетра для молекулярно-генетического анализа» Азово-Черноморского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), где каждому образцу присваивали идентификационный номер с информацией о месте вылова и набор рыбоводно-биологических характеристик (УНУ «Биоресурсная коллекция ВБР»).

¹ *Acipenser gueldenstaedtii*. CITES Taxonomy Term: <https://cites.org/eng/taxonomy/term/5076.18.09.2025>.

² *Acipenser gueldenstaedtii*. IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.fishbase.se/summary/4712.09.09.2025>.

Выделение ДНК производили методом солевой экстракции с дополнительной очисткой хлорофором [Aljanabi, Martinez 1997]. Микросателлитный анализ выполняли с использованием пяти STR-локусов (Afug41, An20, AoxD161, AoxD165, Afug51) по ранее опубликованным протоколам [Барминцева, Мюге 2013]. Амплификацию проводили в режиме мультиплексной Touchdown-ПЦР на амплификаторах «Bio-Rad T100»³ и «Bioer Gene Explorer»⁴. Продукты амплификации разделяли при помощи фрагментного анализа на генетическом анализаторе «Нанофор 05»⁵. Обработку исходных данных осуществляли с использованием программного пакета «Gene Marker»⁶. Статистическую обработку данных и расчёт популяционно-генетических показателей выполняли с применением надстройки Microsoft Office Excel. Анализ молекулярной дисперсии (AMOVA) проводили при помощи пакета «rpopr» в среде «R-studio».⁷ Оценку достоверности различий средних выполняли в программе «Past4» [Hammer et al., 2001].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные по результатам микросателлитного анализа изменчивости двух выборок (потомков природного и искусственного происхождения) представлены в табл. 1. Во всех исследованных локусах отмечен высокий уровень полиморфизма. Среди паттерна из пяти STR-локусов наибольшую изменчивость продемонстрировал локус Afug41 (14-17 аллелей) и Afug51 (12-16 аллелей), менее полиморфным отмечен локус An20 (8-11 аллелей).

Максимальное количество аллелей (Total N_a) составило 65, минимальное – 57. Показатель среднего числа аллелей на локус за пятилетний период (Mean $N_a/locus$ per 5 years) остался неизменным, несмотря на условную ограниченность генетического пула у выборки II. Полученные результаты свидетельствуют, что исходное маточное стадо, потомками которого являются особи выборки II, обладало достаточным уровнем генетической изменчивости для сохранения

общего аллельного разнообразия. Показатель среднего числа аллелей на особь за пять лет (Mean $N_a/individual$ per 5 years) снизился на 2,41% (выборка I – 2,91 и выборка II – 2,84, соответственно), что может говорить о смещении частот встречаемости отдельных аллельных вариантов. Выявленная тенденция коррелирует с повышением доли гомозигот в выборке II (0,07) по сравнению с выборкой I (0,05) (см. табл. 2). Однако согласно t- и z-тестам достоверности различий средних, на данном этапе влияния искусственного воспроизводства, разницы значений Mean $N_a/individual$ per 5 years и Mean AAAA,% per 5 years не достигли статистической значимости.

Уровень ожидаемой гетерозиготности H_e незначительно варьировал в пределах 0,97-0,98, в то время как показатель наблюдаемой гетерозиготности H_o демонстрировал более широкий разброс в значениях – от 0,87 до 0,97. Среднее значение наблюдаемой гетерозиготности (Mean H_o per 5 years) в выборке потомков природного происхождения составило 0,948, тогда как в искусственной оно равнялось 0,922. Отмечаем, что за прошедший 25-летний период данный показатель снизился на 2,74%, что также может подтверждать наличие генетического дрейфа, изменяющего частоты, а затем и вовсе приводящего к вымыванию отдельных аллельных вариантов. Более того, было выявлено, что коэффициент инбридинга F_{is} также был выше в выборке II (0,057>0,031), что указывает на рост дефицита гетерозигот.

Для более глубокого анализа полученных результатов, был проведён анализ частот встречаемости аллелей по каждому локусу (см. рис. 1).

Анализ распределения частот аллелей в локусе AoxD161 (рис. 1 а) показал, что выборке II наблюдается эффект «вымывания» редких аллелей (86 и 94 п.н.), в то время как доминантные варианты (122, 126, 130) сохраняют свои позиции. Среднечастотные аллели демонстрируют небольшие колебания, что указывает на перераспределение частот без существенного изменения структуры локуса. В локусе An20 (рис. 1 б) редкие аллели 149 и 177 п. н. демонстрируют тенденцию к снижению. В локусе AfuG51 (рис. 1 в) также отмечено снижение встречаемости низкочастотных аллелей 208, 276 и 284 п. н., при этом большую распространённость приобрели варианты 224, 252 и 268 п.н. В локусе AfuG41 (рис. 1 г) зарегистрирован самый широкий спектр аллельных вариантов (173-253 п.н.). В обеих выборках основная доля приходится на интервал 197-213 п. н. В выборке I преобладающие частоты отмечены для аллелей 197 п. н., 201 и 205 п.н. В выборке II частоты распределены более равномерно, при этом стали преобладать аллели 209 и 213 п.н.

³ Bio-Rad Laboratories, USA. <https://www.bio-rad.com/en-nl/product/t100-thermal-cycler?ID=LGTWGE8Z>. 05.10.2025.

⁴ Bioer Technology, China. https://en.bioer.com/en/InstrumentCenter/info_itemid_3434_lcid_117.html. 05.10.2025.

⁵ ИАП РАН, Россия. <https://www.syntol.ru/catalog/oborudovanie-i-raskhodnye-materialy-dlya-ptsr-i-geneticheskogo-analiza/geneticheskiy-analizator-nanofor-05.html>. 05.10.2025.

⁶ Softgenetics, USA. <https://www.softgenetics.com/products/genmarker/>. 05.10.2025.

⁷ RStudio: Integrated Development Environment for R. <https://www.r-project.org/conferences/useR-2011/abstracts/180111-allairejj.pdf>. 05.10.2025.

Таблица 1. Генетическая изменчивость русского осетра бассейна Азовского моря по 5 микросателлитным локусам
Table 1. Genetic variability of Russian sturgeon from the Azov Sea basin based on 5 microsatellite loci

| Номер выборки | Год | <i>n</i> | N_a (AoxD161) | N_a (Afug41) | N_a (An 20) | N_a (Afug 51) | N_a (AoxD165) | Total N_a | Mean N_a /locus per 5 years | Mean N_a / individual per 5 years | t-тест ($p \leq 0,05$) |
|---------------|------|----------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------------------------------|---|-----------------------------|
| I | 1999 | 50 | 12 | 14 | 9 | 13 | 13 | 61 | | | |
| | 2000 | 50 | 12 | 15 | 8 | 15 | 11 | 61 | | | |
| | 2001 | 50 | 13 | 16 | 8 | 14 | 14 | 65 | 12,4 | 2,91 | |
| | 2002 | 50 | 11 | 13 | 9 | 15 | 13 | 61 | | | |
| | 2003 | 50 | 9 | 16 | 9 | 14 | 14 | 62 | | | 0,52 |
| II | 2020 | 50 | 10 | 14 | 9 | 12 | 12 | 57 | | | |
| | 2021 | 50 | 11 | 16 | 10 | 16 | 11 | 64 | | | |
| | 2022 | 50 | 12 | 14 | 9 | 16 | 12 | 63 | 12,4 | 2,84 | |
| | 2023 | 50 | 13 | 17 | 9 | 14 | 12 | 65 | | | |
| | 2024 | 50 | 9 | 16 | 11 | 12 | 13 | 61 | | | |

Примечание: *n* – размер выборки; N_a – число аллелей; Total N_a – общее число аллелей за указанный год; Mean N_a /locus per 5 years – среднее значение количества аллелей на локус за пятилетний период; Mean N_a /individual per 5 year – среднее количество аллелей на особь за пятилетний период.

Таблица 2. Популяционно-генетические показатели русского осетра бассейна Азовского моря
Table 2. Population genetic parameters of Russian sturgeon from the Sea of Azov

| Номер выборки | Год | <i>n</i> | H_e | H_o | F_{is} per 5 years | Mean H_e per 5 years | Mean H_o per 5 years | AAAB, % | Mean AAAB, % per 5 years | AAAA, % | Mean AAAA, % per 5 years | z-тест ($p \leq 0,05$) |
|---------------|------|----------|-------|-------|----------------------|------------------------|------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|-----------------------------|
| I | 1999 | 50 | 0,98 | 0,92 | | | | 0,22 | | 0,08 | | |
| | 2000 | 50 | 0,97 | 0,94 | | | | 0,18 | | 0,06 | | |
| | 2001 | 50 | 0,98 | 0,97 | 0,031 | 0,978 | 0,948 | 0,19 | 0,18 | 0,03 | 0,05 | |
| | 2002 | 50 | 0,98 | 0,96 | | | | 0,13 | | 0,04 | | |
| | 2003 | 50 | 0,98 | 0,95 | | | | 0,17 | | 0,05 | | |
| II | 2020 | 50 | 0,98 | 0,94 | | | | 0,13 | | 0,06 | | 0,35 |
| | 2021 | 50 | 0,98 | 0,94 | | | | 0,19 | | 0,06 | | |
| | 2022 | 50 | 0,98 | 0,87 | 0,057 | 0,978 | 0,922 | 0,2 | 0,17 | 0,10 | 0,07 | |
| | 2023 | 50 | 0,97 | 0,92 | | | | 0,16 | | 0,08 | | |
| | 2024 | 50 | 0,98 | 0,94 | | | | 0,16 | | 0,06 | | |

Примечание: *n* – размер выборки; H_e – ожидаемая гетерозиготность; H_o – наблюдаемая гетерозиготность; F_{is} – коэффициент инбридинга, AAAB, % – доля слабых гетерозиготных генотипов; AAAA, % – доля гомозиготных генотипов

В локусе AoxD165 в двух выборках доминирующим является аллель размера 178 п. н., частота которого составляет 0,483 в выборке I и 0,524 в выборке II, соответственно. Аллельные варианты – 174 и 186 п.н. – продемонстрировали снижение частот встречаемости. Статистически значимые изменения частот по данным χ^2 -теста обнаружены только для трёх аллелей в следующих локусах: в локусе AfuG51 (аллель 208 п.н.) и в AfuG41 (аллель 193 и 197 п. н.). Результаты теста χ^2 для наиболее различающихся частотам аллелей представлены в табл. 3.

Проведённый анализ молекулярной дисперсии (AMOVA) показал, что подавляющая часть генетической вариации русского осетра (92,3%) обусловлена различиями между отдельными особями в двух выборках (см. рис. 2).

Незначительная доля вариации (0,25 %) приходится на межгрупповые различия (между двумя исследованными выборками), тогда как 7,4% вариации связано с различиями между особями внутри выборок. Значение Phi-Population-total = 0,0025, что указывает на отсутствие значимой генетической дифференциации

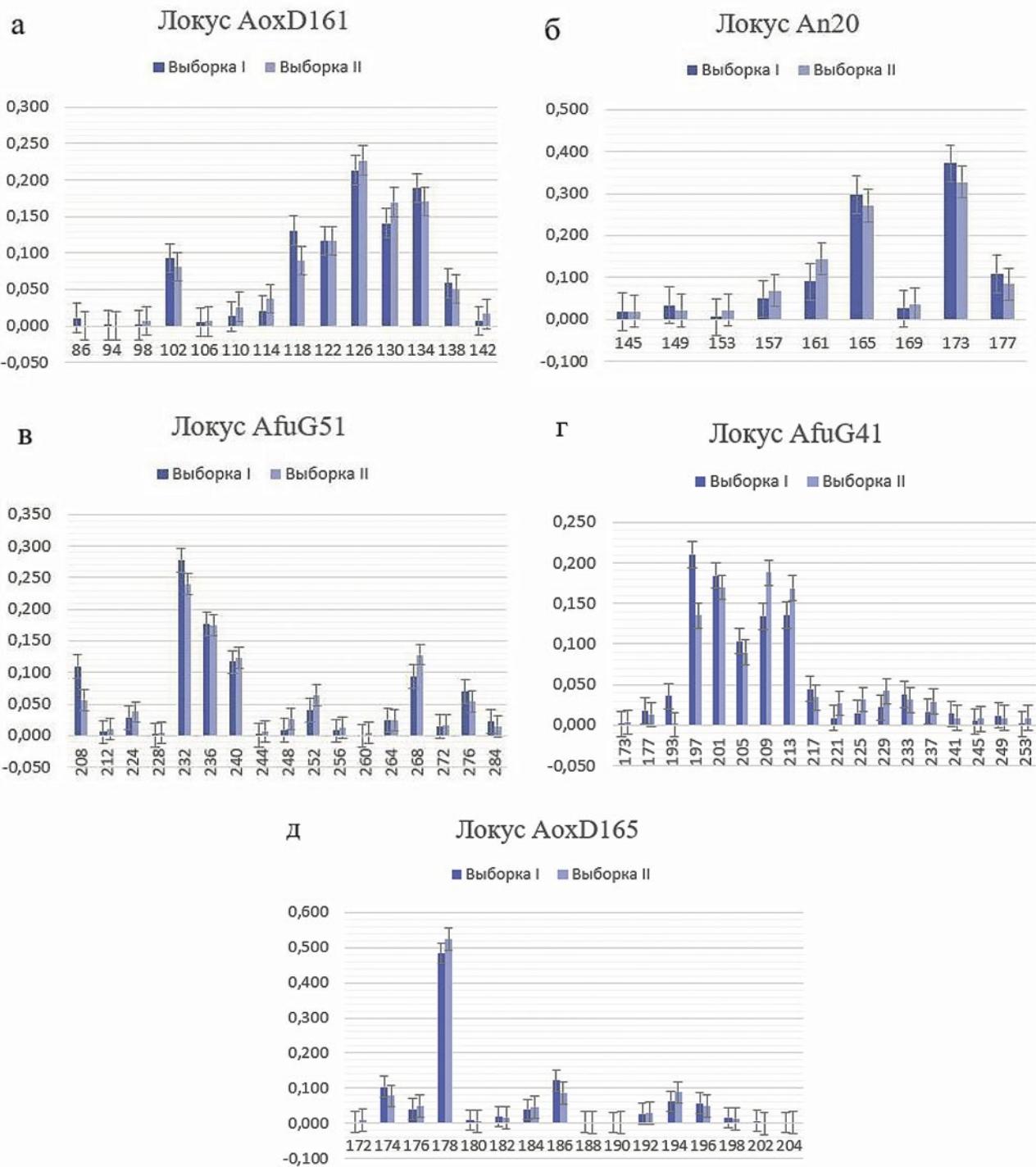


Рис. 1. (а, б, в, г, д) – частоты встречаемости аллелей по пяти микросателлитным локусам в двух выборках азовской популяции русского осетра. Обозначения: по оси ординат обозначена частота аллеля в выборке, а по оси абсцисс – размер аллеля в п. н. а) локус AoxD161, б) ...

Fig. 1. Allele frequencies at five microsatellite loci in two samples of the Azov population of Russian sturgeon. Designations: the y-axis shows allele frequency in the sample, and the x-axis indicates allele size in base pairs (bp)

между исследованными выборками (см. табл. 4). В то же время показатели $\Phi_{samples-Population} = 0,074$ и $\Phi_{samples-total} = 0,077$ отражают умеренную внутрипопуляционную структуру, демонстрируя, что ос-

новная часть генетической вариации сосредоточена между особями внутри выборок, а не между ними.

Примечательно, что у русского осетра Каспийского моря ситуация на рыбоводных заводах более

Таблица 3. Изменение частот аллелей в выборках потомков природного (выборка I) и искусственного (выборка II) происхождения по пяти микросателлитным локусам с использованием χ^2 -теста

Table 3. Changes in allele frequencies in progeny samples of natural (sample I) and hatchery (sample II) origin at five microsatellite loci using the χ^2 test

| Локус | Аллель | Частота I | Частота II | χ^2 | p-value (p < 0,05) |
|---------|--------|-----------|------------|----------|--------------------|
| AoxD161 | 86 | 0,011 | 0,000 | 3,018 | 0,082 |
| | 102 | 0,093 | 0,081 | 0,229 | 0,632 |
| | 118 | 0,130 | 0,089 | 2,076 | 0,15 |
| | 134 | 0,189 | 0,171 | 0,217 | 0,641 |
| An20 | 149 | 0,034 | 0,022 | 0,294 | 0,588 |
| | 177 | 0,109 | 0,084 | 0,83 | 0,362 |
| Afug51 | 208 | 0,110 | 0,056 | 5,095 | 0,024 |
| | 276 | 0,070 | 0,053 | 0,86 | 0,354 |
| AfuG41 | 193 | 0,036 | 0,001 | 9,165 | 0,0025 |
| | 197 | 0,210 | 0,135 | 4,55 | 0,033 |
| AoxD165 | 178 | 0,483 | 0,524 | 0,8 | 0,371 |
| | 186 | 0,121 | 0,087 | 1,374 | 0,241 |

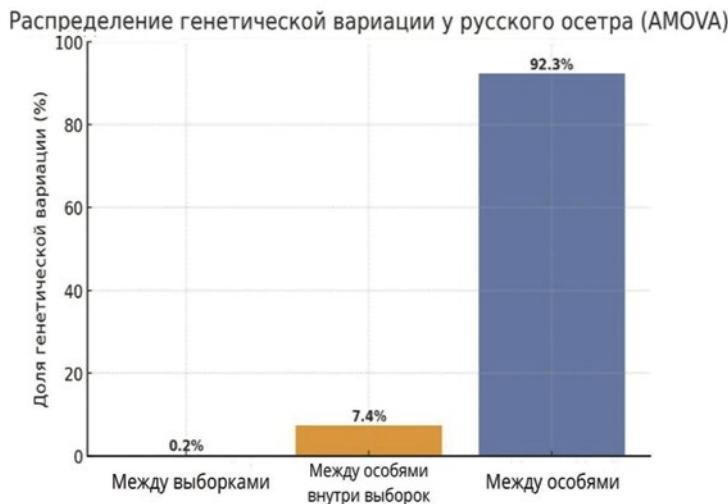


Рис. 2. Результаты анализа молекулярной дисперсии (AMOVA) выборок потомков природного и искусственного происхождения

Fig. 2. Results of molecular variance analysis (AMOVA) of progeny samples of natural and artificial origin

Таблица 4. Результаты дисперсионного анализа с компонентами вариации и Phi-статистикой

Table 4. Results of analysis of variance with variance components and Phi-statistics

| Компонент | Df | Sum Sq | Mean Sq / % | Примечание |
|---------------------------------|------|------------|----------------|----------------------|
| Междуд выборками | 1 | 15,11579 | 15,116 / 0,25% | Малый вклад |
| Междуд образцами внутри выборок | 495 | 2463,79970 | 4,977 / 7,41% | Средний вклад |
| Внутри выборок | 1491 | 5617,00000 | 3,767 / 92,34% | Наибольший вклад |
| Phi-samples-total | – | – | 0,077 | Малый размер эффекта |
| Phi-samples-Population | – | – | 0,074 | Малый размер эффекта |
| Phi-Population-total | – | – | 0,0025 | Очень малый эффект |

Примечание: Df – степени свободы; Sum Sq – сумма квадратов отклонений (вариации); Mean Sq – средний квадрат.

благоприятна, по сравнению с Азовским [Secor et al. 2000]. Это объясняется тем, что сохранение генетического разнообразия и пополнение популяции обеспечивают семь осетровых заводов, в то время как в Азовском море основной вклад в поддержание русского осетра обеспечивает фактически лишь Донской осетровый завод. Среди семи ОРЗ Каспия, только у Волгоградского ОРЗ отмечена схожая с Азовским морем тенденция – на протяжении всех исследованных нерестовых кампаний наблюдается сокращение числа редких аллелей по всем анализируемым локусам, что авторы связывают с участием в оплодотворении большого числа особей заводского происхождения [Щербакова и др., 2023].

Однако важно подчеркнуть, что в силу особенностей геномной организации полиплоидных организмов, даже искусственно сформированные группы, происходящие от сравнительно небольшого числа производителей, не будут демонстрировать немедленного критического снижения генетического разнообразия вследствие инбридинга [Boscari et al., 2014]. Полиплоидия обеспечивает избыточность аллельного состава, что снижает вероятность проявления рецессивных мутаций и, как следствие, смягчает воздействие инбридинга на жизнеспособность популяции [Clo, Kolar, 2022]. С учётом того, что проведённое исследование охватывает лишь 25-летний период, зафиксированная тенденция представляет собой только начальный этап формирования популяции (первое поколение). Для полноценного понимания динамики генетического разнообразия и недопущения потенциальных последствий инбридинга необходимо продолжать систематический генетический мониторинг на протяжении следующих нескольких поколений. Кроме того, для обеспечения стабильности популяций в долгосрочной перспективе необходимо наладить обмен генетическим материалом между осетровыми хозяйствами региона, а также возобновить заготовку производителей из естественной среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты сравнительного анализа микросателлитных данных показали, что за 25-летний период при переходе к искусственному воспроизводству от производителей из РМС генетическая изменчивость азовской популяции русского осетра сохранилась на прежнем уровне. Анализ AMOVA показал, что генетическая вариабельность в основном сконцентрирована внутри выборок, а различия между этими выборками минимальны, что также подтверждает факт сохранения генетической целостности популяции. Тем не менее, в выборке особей, чьи

родители были выращены в искусственных условиях, отмечен несущественный рост уровня инбридинга (снижение Mean N_a /individual per 5 years, Mean H_o per 5 years), что подтверждается повышением доли гомозигот и коэффициента инбридинга F_{is} . Кроме того, зафиксировано статистически достоверное снижение частот редких аллельных вариантов в локусе AfuG51 и AfuG41.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Сбор и генотипирование производителей был проведён в рамках проведения прикладных научных исследований согласно государственному заданию ВНИРО № 076-00001-24-01. Анализ сравнительного генетического полиморфизма аквакультурных и природных рыб проведён при поддержке гранта Минобрнауки по развитию генетических технологий (Соглашение № 075-15-2025-479).

ЛИТЕРАТУРА

- Барминцева А.Е., Мюге Н.С. 2013. Использование микросателлитных локусов для установления видовой принадлежности осетровых (Acipenseridae) и выявления особей гибридного происхождения // Генетика. Т. 49. № 9. С. 1093. DOI: 10.7868/S0016675813090020.
- Бугаев Л.А., Небесихина Н.А., Алимова А.Ш., Гайдамаченко В.Н. 2023. Генетическое разнообразие производителей русского осетра из ремонтно-маточного стада Донского осетрового завода ФГБУ «Главрыбвод» в 2018-2023 гг. // Рациональная эксплуатация водных биологических ресурсов. Мат. Междунауч.-техн. конф., Владивосток, 26-27 окт. 2023 г. Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 140-146.
- Васев А.Б., Лужняк В.А., Баринова В.В. 2023. Результаты исследований азовских популяций осетровых рыб при осуществлении мониторинга промысла ставными орудиями лова у кубанского побережья // Водные биоресурсы и среда обитания. Т. 6. № 4. С. 68-78.
- Корнеев А.А., Баскакова Т.Е. 1984. Результаты размножения осетра в условиях зарегулирования стока Дона // Воспроизводство рыбных запасов Каспийского и Азовского морей. С. 54-62.
- Костюченко В.А. 1955. Биология и состояние промысла осетровых рыб Азовского моря перед зарегулированием стока рек // Труды ВНИРО. Т. 31. С. 174-187.
- Мирзоян А.В., Белоусов В.Н., Шевченко В.Н. 2023. Искусственное воспроизводство полупроходных видов рыб при разных сценариях развития гидрологической обстановки в Азовском море // Водные биоресурсы и среда обитания. Т. 6. № 4. С. 68-78.

- тания. Т. 6. № 4. С. 91-108. DOI: 10.47921/2079-4418-20-23-6-4-91-108.
- Реков Ю.И. 2002. Запасы азовских осетровых рыб: современное состояние и ближайшие перспективы // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоёмов Азово-Черноморского бассейна. Сб. науч. тр. (2000-2001 гг.). М.: Нацрыбресурсы. С. 265-272.
- Реков Ю.И., Тихонова Г.А., Чепурная Т.А. 2004. Перспективы восстановления запасов азовских проходных осетровых рыб за счёт естественного и искусственного воспроизводства // Проблемы естественного и искусственного воспроизводства рыб в морских и пресноводных водоёмах. Тез. докл. Межд. науч. конф. Ростов-на-Дону, 2004. Ростов-на-Дону: ЦВВР. С. 128-129.
- Реков Ю.И. Чепурная Т.А. 2018. Основные направления восстановления промысловых запасов азовских осетровых рыб // Актуальные вопросы рыболовства, рыбоводства (аквакультуры) и экологического мониторинга водных экосистем: мат. Межд. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию АзНИИРХ, Ростов-на-Дону, 11-12 дек. 2018 года. Ростов-на-Дону: АзНИИРХ. С. 211-214.
- Тимошкина Н.Н., Водолажский Д.И., Усатов А.В. 2010. Молекулярно-генетические маркеры в исследовании внутри- и межвидового полиморфизма осетровых рыб (Acipenseriformes) // Экологическая генетика. Т. 8. № 1. С. 12-24. DOI: 10.7868/S2072683X1001003X.
- Щербакова, В.Д., Барминцева А.Е., Сафонов А.С. 2023. Оценка генетического разнообразия стад русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833) каспийской популяции семи осетровых рыболовных заводов ФГБУ «Главрыбвод» // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса. Мат. XI Межд. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов, Санкт-Петербург, 25-26 сент. 2023 года. М.: ВНИРО. С. 243-245.
- Aljanabi S.M., Martinez I. 1997. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques // Nucleic Acids Research. V. 25. No. 20. P. 4692-4693. DOI: 10.1093/nar/25.22.4692.
- Birstein V.J., Bemis W.E., Waldman J. 1997. The threatened status of acipenseriform species: a summary // Sturgeon Biodiversity and Conservation / Eds. V.J. Birstein, W.E. Bemis, J. Waldman. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. P. 427-435. DOI: 10.1023/A:1007382724251.
- Boscari E., Gessner J., Piferrer F. 2014. Captive breeding programs based on family groups in polyploid sturgeon species // PLoS ONE. V. 9. No. 11. DOI: 10.1371/journal.pone.0110951.
- Clo J, Kolář F. 2022. Inbreeding depression in polyploid species: a meta-analysis // Biol Lett. V. 18. No. 12. DOI: 10.1098/rsbl.2022.0477.
- Hammer Ø, Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontologia Electronica. V. 4. No. 1. P. 9. DOI: 10.26879/259.
- Kincaid H.L. 1983. Inbreeding in fish populations used for aquaculture // Aquaculture. V. 33. No. 1-4. P. 215-227. DOI: 10.1016/0044-8486(83)90402-7.
- Ortega-Villaizán M. del M., Noguchi D., Taniguchi N. 2011. Minimization of genetic diversity loss of endangered fish species captive broodstocks by means of minimal kinship selective crossbreeding // Aquaculture. V. 318. Iss. 1-2. P. 239-243. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.04.047.
- Secor D.H., Arefjev V., Nikolaev A., Sharov A. 2000. Restoration of sturgeons: lessons from the Caspian Sea Sturgeon Ranching Programme // Fish and Fisheries. V. 1. No. 3. P. 215-230. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2000.00021.x.

REFERENCES

- Barmintseva A.E., Mugue N.S. 2013. The use of microsatellite loci for species identification of sturgeons (Acipenseridae) and detection of hybrid individuals // Genetics. V. 49. No. 9. P. 1093. DOI: 10.7868/S0016675813090020. (In Russ.).
- Bugaev L.A., Nebesikhina N.A., Alimova A.Sh., Gaidamachenko V.N. 2023. Genetic diversity of Russian sturgeon broodstock from the repair-maternal stock of the Don Sturgeon Hatchery, FSBI «Glavrybvod» in 2018-2023 // Rational Use of Aquatic Biological Resources. Proc. Int. Sci.-Tech. Conf., Vladivostok, 26-27 Oct. 2023. Vladivostok: Dalrybvtuz. P. 140-146. (In Russ.).
- Vasev A.B., Luzhnyak V.A., Barinova V.V. 2023. Results of studies of Azov sturgeon populations during monitoring of the fishery using set fishing gear off the Kuban coast // Aquatic Bioresources and Environment. V. 6. No. 4. P. 68-78. (In Russ.).
- Korneev A.A., Baskakova T.E. 1984. Results of sturgeon reproduction under regulated flow conditions of the Don River // Reproduction of Fish Stocks in the Caspian and Azov Seas. P. 54-62. (In Russ.).
- Kostyuchenko V.A. 1955. Biology and state of the sturgeon fishery in the Sea of Azov before river flow regulation // Trudy VNIRO. V. 31. P. 174-187. (In Russ.).
- Mirzoyan A.V., Belousov V.N., Shevchenko V.N. 2023. Artificial reproduction of semi-anadromous fish species under different hydrological development scenarios in the Sea of Azov // Aquatic Bioresources and Environment. V. 6. No. 4. P. 91-108. DOI: 10.47921/2079-4418-2023-6-4-91-108. (In Russ.).
- Rekov Yu.I. 2002. Stocks of Azov sturgeon species: current status and near-term prospects // Main Problems of Fisheries and Protection of Fishery Water Bodies of the Azov-Black Sea Basin. Coll. Sci. Pap. (2000-2001). Moscow: Natsrybresursy. P. 265-272. (In Russ.).
- Rekov Yu.I., Tikhonova G.A., Chepurnaya T.A. 2004. Prospects for restoring stocks of Azov migratory sturgeon through natural and artificial reproduction // Problems of Natural and Artificial Reproduction of Fish in Marine and Freshwater Bodies. Abstr. Int. Sci. Conf. Rostov-on-Don, 2004. Rostov-on-Don: TsVVR. P. 128-129. (In Russ.).
- Rekov Yu.I., Chepurnaya T.A. 2018. Main directions for restoring commercial stocks of Azov sturgeon species // Current Issues of Fisheries, Fish Farming (Aquaculture) and Environmental Monitoring of Aquatic Ecosystems: Proc. Int. Sci.-Pract. Conf. dedicated to the 90th anniversary of

- AzNIIRKH, Rostov-on-Don, 11-12 Dec. 2018. Rostov-on-Don: AzNIIRKH. P. 211-214. (In Russ.).
- Timoshkina N.N., Vodolazhsky D.I., Usatov A.V.* 2010. Molecular genetic markers in the study of intra- and interspecific polymorphism of sturgeons (Acipenseriformes) // Ecological Genetics. V. 8. No. 1. P. 12-24. DOI: 10.7868/S2072683X1001003X. (In Russ.).
- Shcherbakova V.D., Barmintseva A.E., Safronov A.S.* 2023. Assessment of genetic diversity in Russian sturgeon (Acipenser gueldenstaedtii Brandt, 1833) stocks of the Caspian population from seven sturgeon hatcheries of FSBI "Glavrybvod" // Modern Problems and Prospects for the Development of the Fisheries Complex. Proc. XI Int. Sci.-Pract. Conf. of Young Scientists and Specialists, St. Petersburg, 25-26 Sept. 2023. Moscow: VNIRO. P. 243-245. (In Russ.).
- Aljanabi S.M., Martinez I.* 1997. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques // Nucleic Acids Research. V. 25. No. 20. P. 4692-4693. DOI: 10.1093/nar/25.22.4692.
- Birstein V.J., Bemis W.E., Waldman J.* 1997. The threatened status of acipenseriform species: a summary // Sturgeon Biodiversity and Conservation / Eds. V.J. Birstein, W.E. Bemis, J. Waldman. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. P. 427-435. DOI: 10.1023/A:1007382724251.
- Boscar E., Gessner J., Piferrer F.* 2014. Captive breeding programs based on family groups in polyploid sturgeon species // PLoS ONE. V. 9. No. 11. DOI: 10.1371/journal.pone.0110951.
- Clo J., Kolář F.* 2022. Inbreeding depression in polyploid species: a meta-analysis // Biol Lett. V. 18. No. 12. DOI: 10.1098/rsbl.2022.0477.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D.* 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontologia Electronica. V. 4. No. 1. P. 9. DOI: 10.26879/259.
- Kincaid H.L.* 1983. Inbreeding in fish populations used for aquaculture // Aquaculture. V. 33. No. 1-4. P. 215-227. DOI: 10.1016/0044-8486(83)90402-7.
- Ortega-Villaizán M. del M., Noguchi D., Taniguchi N.* 2011. Minimization of genetic diversity loss of endangered fish species captive broodstocks by means of minimal kinship selective crossbreeding // Aquaculture. V. 318. Iss. 1-2. P. 239-243. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.04.047.
- Secor D.H., Arefjev V., Nikolaev A., Sharov A.* 2000. Restoration of sturgeons: lessons from the Caspian Sea Sturgeon Ranching Programme // Fish and Fisheries. V. 1. No. 3. P. 215-230. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2000.00021.x.

Поступила в редакцию 03.10.2025 г.
Принята после рецензий 17.10.2025 г.

УДК 504.5:546.49

Среда обитания водных биологических ресурсов

Результаты многолетнего мониторинга загрязнения ртутью компонентов экосистемы Нижнего Дона

Ю.В. Косенко, Л.Г. Горгола, И.В. Кораблина, Т.Е. Баскакова

Азово-Черноморский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), ул. Береговая, 21В, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия

E-mail: kosenko@aznirkh.vniro.ru

SPIN-код: Ю.В. Косенко – 4638-7175; Л.Г. Горгола – 7816-5379; И.В. Кораблина – 5040-4170

Целью работы является изучение загрязнения ртутью компонентов водных экосистем Нижнего Дона, поскольку ртуть относится к широко распространённому в водоёмах загрязняющему веществу с высокой токсичностью для живых организмов и способностью к биоаккумуляции. **Материалы и методы:** представлены результаты исследований содержания ртути в воде, донных отложениях и гидробионтах нижнего течения р. Дон, собранные на 10-25 станциях за период 1995-2024 гг. в весенний, летний и осенний сезоны. Определение ртути проводилось методом атомной абсорбции в «холодном паре». **Результат:** в 1995-2005 гг. концентрация ртути в воде Нижнего Дона в среднем была высокой, затем в течение 15-ти лет её содержание находилось на низком уровне, а с 2020 г. по 2024 г. вновь стали фиксироваться случаи повышенных концентраций ртути, с максимумами в районе ст. Романовская (до 62 ПДК_{р/х}) и г. Семикаракорск (до 140 ПДК_{р/х}). В 2022 г. в весенне-летний период года в районе ст. Романовская выявлена повышенная концентрация ртути не только в воде, но и донных отложениях. В современный период отмечено более высокое содержание ртути в мышцах хищных видов рыб без превышения допустимого уровня. **Новизна:** впервые обобщены и проанализированы данные по содержанию ртути в воде и донных отложениях Нижнего Дона за 30 лет наблюдений и водных биоресурсах в современный период (2020-2024 гг.). **Практическая значимость:** полученные результаты использованы для установления критериев безопасности вод Нижнего Дона и промысловых рыб в соответствии с принятым в России нормативом предельно-допустимой концентрации ртути для рыбохозяйственных водоёмов и требованием Технического регламента Таможенного союза.

Ключевые слова: река Дон, вода, донные отложения, водные биологические ресурсы, антропогенное загрязнение.

Results of long-term monitoring of mercury contamination of components of the Lower Don ecosystem

Julia V. Kosenko, Lily G. Gorgola, Irina V. Korablina, Tatyana E. Baskakova

Azov-Black Sea Branch of VNIRO («AzNIIIRKH»), 21b Beregovaya st., Rostov-on-Don, 344002, Russia

The aim of the work is to study mercury pollution of components of aquatic ecosystems of the Lower Don, since mercury is a widespread pollutant in water bodies with high toxicity for living organisms and the ability to bioaccumulate. **Materials and methods.** The results of studies of mercury content in water, bottom sediments and aquatic organisms in the lower reaches of the Don River, collected at 10-25 stations during the period 1995-2024 in the spring, summer and autumn seasons, are presented. Mercury was determined using the cold vapor atomic absorption method. **Results:** in 1995-2005, the mercury concentration in the water of the Lower Don was high on average, then for 15 years its content was at a low level, and from 2020 to 2024, cases of high mercury concentrations began to be recorded again, with maximums in the area of the Romanovskaya station (up to 62 MPC) and the city of Semikarakorsk (up to 140 MPC). In 2022, in the spring-summer period of the year in the area of st. Romanovskaya, mercury accumulation was detected not only in the water, but also in bottom sediments. In the modern period, a higher mercury content has been noted in the muscles of predatory fish species without exceeding the permissible level. **The novelty:** for the first time, data on mercury content in water and bottom sediments of the Lower Don over 30 years of observations and aquatic bioreresources in the modern period (2020-2024) were summarized and analyzed. **Practical significance:** the obtained results were used to establish safety criteria for the waters of the Lower Don and commercial fish in accordance with the standard of maximum permissible mercury concentration for fishery waters adopted in Russia and the requirements of the Technical Regulations of the Customs Union.

Keywords: Don River, water, bottom sediments, aquatic biological resources, anthropogenic pollution.

ВВЕДЕНИЕ

Ртуть относится к широко распространённому в естественных водоёмах загрязняющему веществу в связи с высокой токсичностью для живых организмов в относительно низких концентрациях и способностью к биоаккумуляции [Решетняк, 2022]. Уже в классических трудах Ю.А. Израэля и А.В. Цыбань [1993] в перечне химических веществ, подлежащих определению в природных средах, названа ртуть. Всемирная организация здравоохранения рассматривает ртуть в качестве одного из десяти основных химических веществ или групп химических веществ, представляющих значительную экологическую проблему.

Ртуть – относительно редкий элемент земной коры. Наиболее богатые руды содержат всего до 2,5% ртути. В природных водоёмах фоновое содержание ртути в воде колеблется в широком диапазоне от 0,001 до 0,05 мкг/дм³, в донных осадках – от 0,01 до 0,25 мг/кг сухой массы, в гидробионтах – от 0,01 до 1 мг/кг сырой массы [Перевозников, Богданова, 1999].

Наиболее распространённой формой ртути в пресных водоёмах является метилртуть. Метилирование ртути происходит на поверхностях тела рыб и в верхнем слое донных отложений. Данная форма ртути чаще всего накапливается в организме рыб и моллюсков, а также птиц и млекопитающих, которые ими питаются [Горбунов и др., 2018]. Гидробионты способны накапливать органические соединения ртути в концентрациях, значительно превышающих её содержание в воде и низшем звене трофической цепи. Места преимущественного накопления ртути – мышцы и печень (до 25% от общего количества) [Немова и др., 2014]. Согласно некоторым данным, с увеличением возраста рыб её концентрация во всех органах возрастает [Короткова и др., 2019].

Объектом нашего исследования явилась акватория р. Дон, для которой характерно как природное загрязнение ртутью, так и антропогенное. К природным источникам поступления ртути в р. Дон относится вымывание рекой и её притоками каменноугольных терригенных комплексов Донбасса и черной сарматской глины в водосборных бассейнах. К антропогенным факторам загрязнения ртутью можно отнести сбросы в р. Дон неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод в районе крупных городов [Косенко и др., 2024]. На территории Ростовской области в водные объекты бассейна Нижнего Дона сбрасывается ежегодно около 3,5 км³ сточных вод

(примерно третья часть естественного водного стока). На качество воды р. Дон в значимой степени влияет смык с сельскохозяйственных угодий пестицидов, содержащих ртуть (фунгициды и бактерициды) [Волгина и др., 2009], а также сток ливневых, шахтных, дренажных вод, сжигание ртутьсодержащих углей в ГРЭС и частных домовладениях. Немаловажный источник загрязнения ртутью – судоходство, которое с каждым годом становится интенсивнее. Возросшая нагрузка чревата коренной перестройкой ложа русла (вынос донных отложений из зоны фарватера с последующим отложением в относительно спокойных и удалённых от судоходных трасс местах – на мелководьях, в ериках, где находятся основные нерестилища) [Павленко и др., 2022]. Ещё одним важным фактором является рециклинг металла, при котором почвенный покров выступает в качестве промежуточного коллектора [Михайленко, 2020].

Загрязнение р. Дон ртутью имеет множество негативных факторов, таких как: ухудшение качества питьевой воды и рекреационной деятельности, дальнейшее ртутное загрязнение Азовского моря, а также ухудшение качества рыбной продукции и риск попадания ртути в организм человека.

Следует отметить, что данная проблема характерна для ряда регионов России. В частности, наблюдается широкая вариабельность результатов содержания ртути в воде и донных отложениях р. Иртыш [Эйрих, 2024]. В Волго-Каспийском бассейне при сравнительно невысоком уровне ртутного загрязнения обнаружено усиление загрязнения ртутью в период половодья в средней и нижней зоне дельты Волги, а также летом в мелководной части Северного Каспия [Львова, Карыгина, 2020]. Современные исследования р. Миус выявили локальное увеличение содержания ртути в воде с кратностью до 4,0 ПДК_{р/х} [Кулик и др., 2025].

В связи с вышесказанным, целью нашего исследования явилось изучение загрязнения ртутью экосистемы Нижнего Дона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на обобщении материалов, собранных в ходе экспедиционных работ в нижнем течении р. Дон на участке от ст. Романовская до места впадения в Азовское море (отметка «нулевой км») за период 1995-2024 гг. Пробы воды отбирались дважды или трижды в год (весной, летом, осенью) на 10-25 станциях (табл. 1).

Проба воды на определение ртути отбиралась суммарно со всего столба воды (сливная проба), донных отложений – с верхнего 0-2 см слоя. Всего было

Таблица 1. Станции отбора проб воды и донных отложений в р. Дон
Table 1. Stations for sampling water and bottom sediments in the river Don

| Станция отбора проб | Координаты точек отбора | |
|--|-------------------------|-------------------|
| | северная широта | восточная долгота |
| Район ст. Романовская | 47°32'16" | 42°01'55" |
| Верхний бьеф Николаевского гидроузла | 47°36'10" | 41°29'16" |
| Нижний бьеф Николаевского гидроузла | 47°36'13" | 41°29'06" |
| Район х. Ведерников, выше Константиновского гидроузла | 47°35'03" | 41°09'28" |
| Район г. Константиновск, ниже Константиновского гидроузла | 47°34'33" | 41°04'49" |
| Устье р. Северский Донец | 47°36'04" | 40°53'48" |
| Выше Кочетовского гидроузла | 47°34'16" | 40°50'38" |
| Ниже Кочетовского гидроузла | 47°34'19" | 40°50'14" |
| Район г. Семикаракорск | 47°31'20" | 40°47'54" |
| Устье р. Сал | 47°29'28" | 40°45'51" |
| Район ст. Мелиховская | 47°28'00" | 40°28'12" |
| Район ст. Багаевская | 47°19'39" | 40°21'28" |
| Устье р. Маныч | 47°15'19" | 40°14'54" |
| Район ст. Манычская | 47°16'18" | 40°16'12" |
| Район ст. Старочеркасская | 47°14'30" | 39°59'48" |
| Устье пр. Аксай | 47°15'15" | 39°52'17" |
| Устье р. Темерник | 47°18'02" | 39°44'17" |
| г. Ростова-на-Дону, ниже Западного (Гниловского) моста | 47°11'03" | 39°38'06" |
| Ниже сброса городской канализации (ГК) г. Ростова-на-Дону | 47°09'25" | 39°32'52" |
| Район Кумжинской рощи | 47°10'35" | 39°35'26" |
| Напротив х. Шмат | 47°08'41" | 39°30'20" |
| Рукав Мокрая Каланча | 47°09'55" | 39°20'03" |
| «Нулевой километр» р. Дон | 47°05'11" | 39°14'19" |

собрано и обработано около 2000 проб воды и донных отложений и около 200 проб водных биоресурсов.

Отбор проб воды выполнен в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020¹. Оценка содержания ртути в пробах воды проводилась в соответствии с Приказом Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»² (с изменениями на 13.06.2024). Отбор проб донных отложений выполнен в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80³ дночерпателем Петерсена. Сравнительный анализ проводился относительно среднемноголетних значений для данного грануло-

метрического типа отложений р. Дон. Отбор проб водных биологических ресурсов на анализ загрязнённости ртутью выполнен в соответствии с требованиями ГОСТ 31339-2006⁴. Для отбора проб использовались обычные орудия лова (ставные сети, мальковые волокушки), изготовленные из химически нейтральных материалов. Вылов рыбы проводился уполномоченным специалистом, имеющим соответствующее разрешение. Безопасность накопления ртути в тканях промысловых видов рыб оценивалась в соответствии с ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»⁵ (с изменениями на 22.04.2024).

После отбора консервированные пробы воды хранились в холодильнике не более 2-х недель, при комнатной температуре – в тёмном месте не более 5

¹ <https://docs.cntd.ru/document/1200175475>

² <https://docs.cntd.ru/document/1306888709>

³ <https://docs.cntd.ru/document/1200012787>

⁴ <https://docs.cntd.ru/document/1200049977>

⁵ <https://docs.cntd.ru/document/902320560>

дней при условии сохранения жёлтой окраски консерванта. Пробы донных отложений хранились в ходильнике до 2-х месяцев, водных биологических ресурсов – анализировались не позднее 24 час. после отбора или хранились в морозильной камере не более 4-х месяцев.

Определение общей растворенной ртути в воде и общей ртути в донных отложениях и гидробионтах проводилось в соответствии с требованиями руководящих документов, принятых и утверждённых для мониторинговых природоохранных исследований на федеральном уровне: в воде – согласно РД 52.24.479-95⁶, РД 52.24.479-2008⁷; в донных отложениях – согласно РД 15.226-91⁸; в тканях гидробионтов – согласно ФР.1.31.2015.21649⁹. Во всех случаях определение ртути проводилось методом атомной абсорбции в «холодном паре». Метод основан на кислотной минерализации пробы с последующим восстановлением катионов ртути раствором хлорида олова (II), переносе атомарной ртути в аналитическую кювету анализатора током воздуха и измерении в газовой фазе по величине поглощения паров при длине волны 253,7 нм. Количество определение ртути проводилось на ртутном анализаторе типа HG-1 («Хиранума», Япония), анализаторе ртути «Юлия-5К» (ООО «ОКБ Спектр», Россия), анализаторе ртути РА-915М (ООО «Люмэкс-маркетинг», Россия) с зеемановской коррекцией неселективного поглощения.

Для определения растворенных форм ртути в воде в диапазоне 0,010-0,100 мкг/дм³ пробы не позднее 2 час. после отбора фильтровались через очищенный кипячением в растворе азотной кислоты мембранный фильтр 0,45 мкм. В качестве консерванта к фильтрату добавлялся 20%-ный раствор дихромата калия в азотной кислоте (1:1) из расчёта 5 см³ на 1 дм³ пробы воды. Для определения общей растворенной ртути законсервированные пробы воды подвергались минерализации кипячением с дихроматом калия и азотной кислотой, после остывания избыток окислителя удалялся добавлением раствора гидроксиамина гидрохлорида. Для определения ртути в донных отложениях в диапазоне 0,10-1,10 мг/кг (на сухую массу) и в водных биологических ресурсах

⁶ <https://gostassistant.ru/doc/8735434f-e961-4b6c-9504-13086b6c593d?ysclid=mbhoaace8a513743872>

⁷ <https://gostassistant.ru/doc/611eb3e3-bfc3-420f-9af9-afbfa9652fb2>

⁸ РД 15-226-91. Методические указания по выполнению измерений массовой концентрации общей ртути в донных отложениях методом беспламенной атомной абсорбции. 2010. Ростов н/Д.: Изд-во АЗНИИРХ. 15 с.

⁹ ФР.1.31.2015.21649 (НДИ 05.26-2014). Методика выполнения измерений массовой доли ртути в пробах гидробионтов методом беспламенной атомной абсорбции. 2014. Ростов н/Д.: Изд-во Вираж. 14 с.

в диапазоне 0,005-0,200 мг/кг (на сухую массу) проводилась «мокрая» минерализация высушенных проб донных отложений и проб водных биологических ресурсов естественной влажности кипячением в концентрированной азотной кислоте до состояния «влажных солей». Для полного разрушение органических компонентов к пробам добавлялся 5%-ный раствор перманганата калия, затем, но не ранее, чем через 12 час., к пробам по каплям прибавлялся 8%-ный раствор гидроксиамина гидрохлорида до обесцвечивания раствора.

Построение рисунков проводили с использованием программы Surfer 8.0. Достоверность различий между выборками оценивали по критерию Стьюдента, различия считались достоверными при $p < 0,05$. Превышение полученного результата относительно норматива оценивали с использованием бинарного утверждения (простое утверждение, когда предел приемлемости совпадает с пределом допуска) с учётом методической погрешности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 1995-2005 гг. ежегодно фиксировалось локальное увеличение концентрации ртути в воде с превышением ПДК_{р/х} от 15 до 360 раз. Среднегодовой уровень ртути в воде Нижнего Дона был высокий (0,125-0,651 мкг/дм³) с кратностью ПДК_{р/х} до 65 раз, а в отдельные годы (1997 г., 1999 г., 2003 г.) – крайне высокий (1,013-1,825 мкг/дм³) с превышением ПДК_{р/х} до 182,5 раз. Максимумы наблюдались в весенний и осенний периоды преимущественно в районе ст. Манычская, ниже устья р. Аксай, ниже сброса ГК г. Ростова-на-Дону и ниже устья р. Темерник. Данный период условно можно охарактеризовать как период высокой концентрации ртути в воде Нижнего Дона.

С 2006 по 2019 гг. (за исключением 2013 г.) отмечен период низкого содержания ртути в воде р. Дон. Концентрация ртути в воде была умеренной, низкой или вообще отсутствовала, фиксировалась только в крайне редких единичных случаях (2013 г.)¹⁰ [Горгола и др., 2023 а].

В течение последних лет наблюдений (2020-2024 гг.) на некоторых участках Нижнего Дона вновь стала фиксироваться повышенная концентрация ртути в воде [Горгола, Барабашин, 2021]. Так, среднегодовая концентрация ртути в воде Нижнего Дона в 2020 г. по усреднённым данным составила 0,020 мкг/дм³, в 2021 г. – 0,116 мкг/дм³, в 2022 г. – 0,053 мкг/дм³,

¹⁰ Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2018 году». 2019 / Под ред. М.В. Фишкина. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростоблкомприрода. 372 с.

в 2024 г. – 0,013 мкг/дм³. В 2023 г. ртуть в воде р. Дон на всех точках забора была ниже предела определения по методике измерений (рис. 1).

В 2020 г. в летний и осенний периоды концентрация ртути в воде превышала ПДК_{р/х} до 5 раз и фиксировалась в верхнем и среднем участках Нижнего Дона – ст. Романовская, г. Семикаракорск, устья рек Сал и Маныч. В 2021 г. и 2022 г. отмечено более высокое содержание ртути в воде, отмечавшееся уже практически на всем участке Нижнего Дона, с максимумами в районе г. Семикаракорск (140 ПДК_{р/х}) и ст. Романовская (62 ПДК_{р/х}). Данные максимумы были зафиксированы в весенне-летний период года. Среднегодовые концентрации ртути в воде Нижнего Дона в 2020-2022 гг. представлены на рис. 2. В 2024 г. в летний период в районе устья р. Аксай зафиксирован единичный случай превышения ПДК_{р/х} ртути до 5 раз.

Отмечена также выраженная сезонная и пространственная вариабельность содержания ртути

в воде вследствие лабильности данного компонента в водных экосистемах [Boszke et al., 2022]. На примере 2022 г. установлено, что в мае-июне отмечен локальный максимум концентрации ртути в воде в районе ст. Романовская (62 ПДК_{р/х}) и её незначительное содержание в гирле рук. Мокрая Каланча (3 ПДК_{р/х}). В летний период года (август) ярко выраженных максимумов ртути в воде не отмечено, однако, её концентрация варьировала от 0,01 до 0,18 мкг/дм³ на всей акватории нижнего течения р. Дон. Вследствие летней межени и формирования в дельте Дона вод застойного характера, зафиксировано повышенное содержание ртути в гирле рук. Мокрая Каланча – до 18 ПДК_{р/х}. В осенний период года отмечено остаточное содержание ртути в воде в районе г. Семикаракорск и ст. Романовская (0,05 мкг/дм³ с кратностью 5 ПДК_{р/х}) (рис. 3).

Известно, что ртутной интоксикации наиболее подвержены гидробионты на стадии личинки, эмбрионы рыб не так чувствительны к загрязняющим ве-

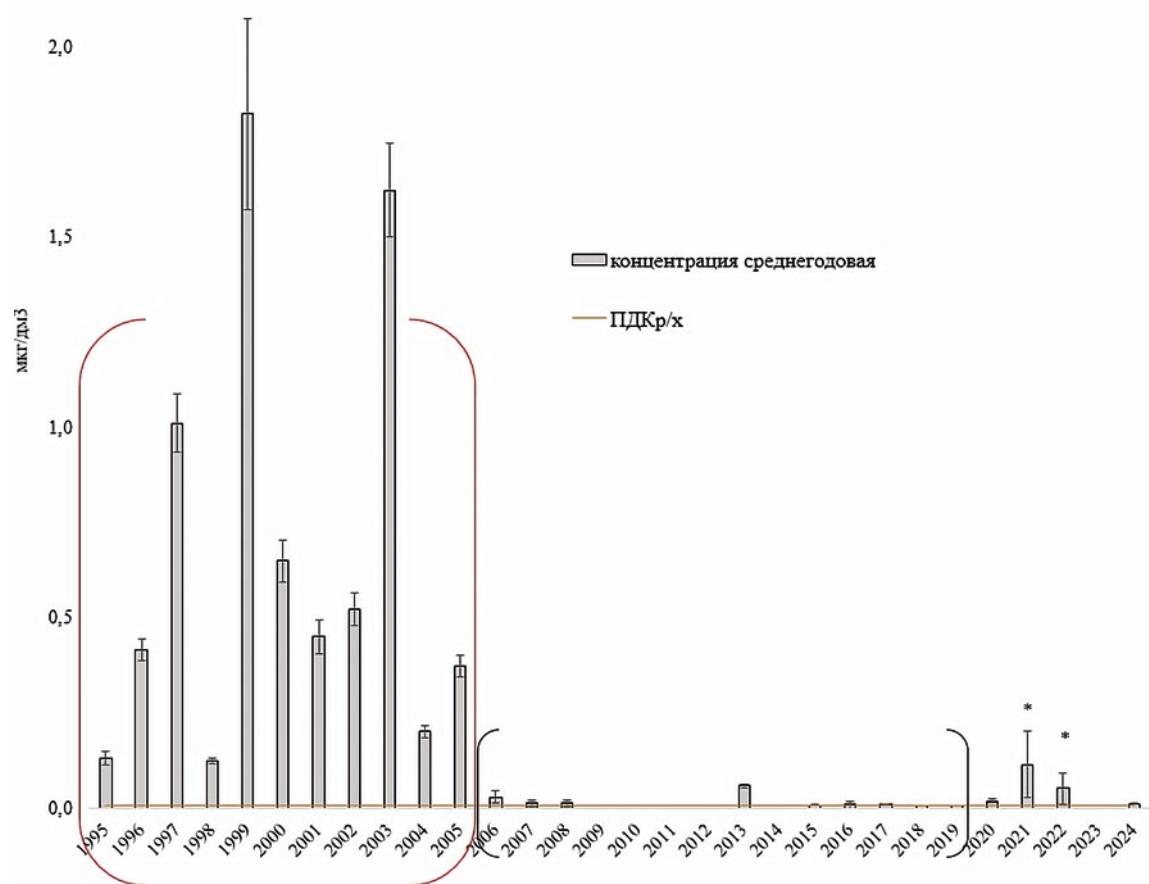


Рис. 1. Среднегодовая концентрация ртути (мкг/дм³) в воде Нижнего Дона в 1995-2024 гг.:

* – отличия достоверны относительно 2006-2019 гг.

Fig. 1. Average annual mercury concentration (μg/dm³) in the water of the Lower Don in 1995-2024:

* – differences are significant relative to 2006-2019

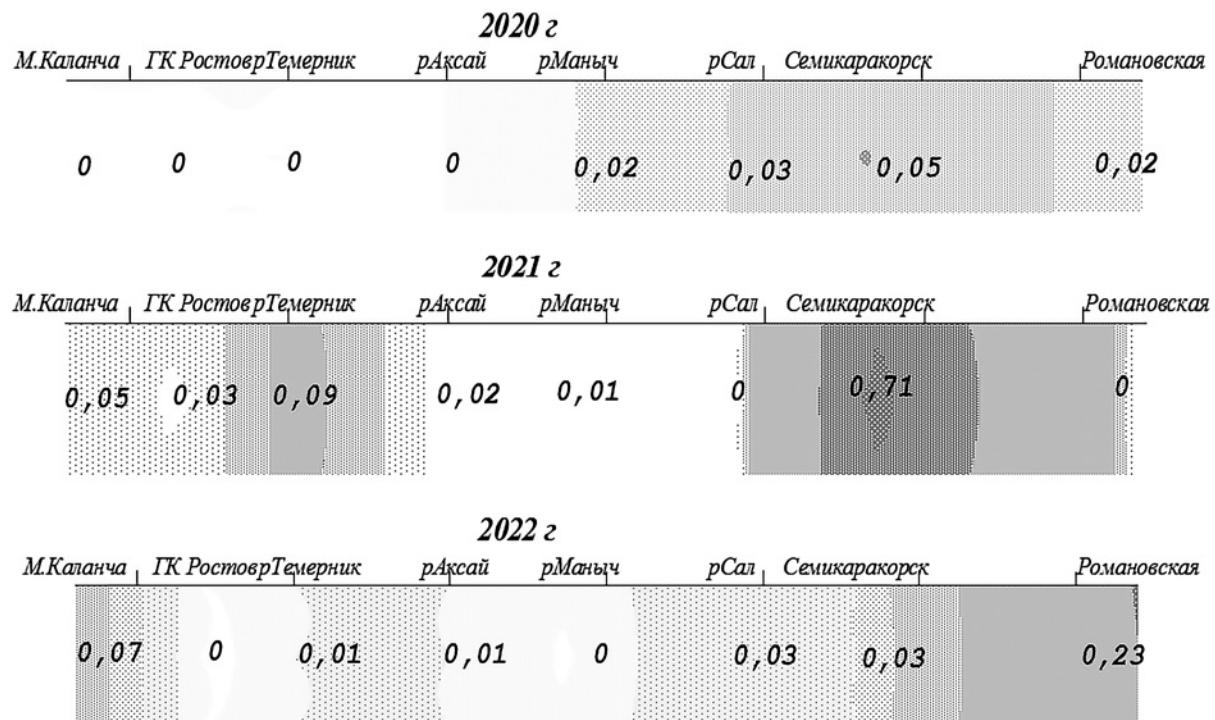


Рис. 2. Пространственное среднегодовое распределение концентрации ртути ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в воде Нижнего Дона в 2020-2022 гг.
 Fig. 2. Spatial average annual distribution of mercury concentration ($\mu\text{g}/\text{dm}^3$) in the water of the Lower Don in the period 2020-2022

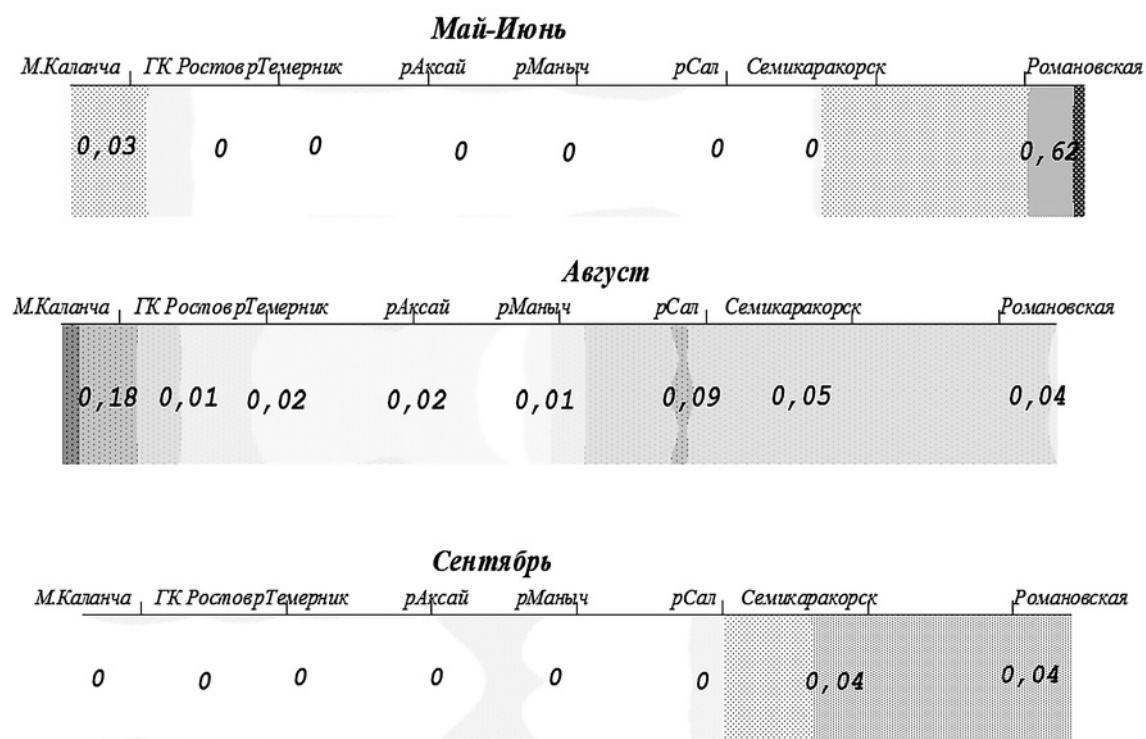


Рис. 3. Пространственное распределение ртути ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в воде Нижнего Дона в 2022 г. в разные сезоны мониторинга
 Fig. 3. Spatial distribution of mercury ($\mu\text{g}/\text{dm}^3$) in the water of the Lower Don in 2022 in different monitoring seasons

ществам ввиду защитного эффекта эмбриональной мембранны [Jezierska et al., 2009]. Однако, есть и противоположные явления, что описано на японской камбале [Ren et al., 2019]. Летальная концентрация LC_{50} ртути для икры лососевых в остром эксперименте (24 часа) составляет минимум 84 мкг/дм³, в хроническом эксперименте (168 часов) – 4 мкг/дм³ [Мур, Рамамурти, 1987; Kidd, Batchelor, 2011; Грициняк и др., 2015]. Исследованиями J.E. Schindler, J.J. Alberts [1977] установлено, что концентрация ртути 30 мкг/дм³ является порогом токсического действия для различных видов рыб. Значение LC_{50} (96 ч) ртути для пресноводных рыб варьировали от 33 до 400 мкг/дм³ [Нгуен Тхи Тхуи Ньунг, 2024].

Таким образом, обнаруженная в воде р. Дон максимальная высокая концентрация ртути – 1,4 мкг/дм³ значительно ниже LC_{50} для пресноводных видов рыб. Тем не менее, случаи высоких концентраций ртути в воде на акватории Нижнего Дона в последние годы не могут не вызывать опасений. Данный факт диктует необходимость продолжения проведения мониторинга содержания ртути не только в воде, но и в донных отложениях, установления источников поступления ртути в водоём, тщательного анализа содержания ртути в тканях водных биоресурсов и соответствующих мер очистки воды в питьевых целях для недопущения поступления этого крайне токсичного элемента в организм человека.

В связи с этим было проведено исследование содержания ртути в донных отложениях и тканях промысловых видов рыб. В донных осадках в период 1995-2024 гг. ртуть фиксировалась в диапазоне от <0,10 до 1,2 мг/кг сухой массы. Повышенный уровень ртути в донных отложениях зафиксирован в 1995 г., 1998-1999 гг. и 2022 г. В другие годы мониторинга содержание ртути в донных отложениях не превышало среднемноголетнего уровня для данного типа гранулометрического состава донных отложений р. Дон ($p>0,05$). В современный период исследований в 2022 г. на единичной станции в районе ст. Романовская в весенне-летний период года на фоне повышенной концентрации ртути в воде (0,62 мкг/дм³), её содержание в донных осадках было максимально высоким (1,2 мг/кг; $p<0,05$ относительно среднемноголетнего уровня) (рис. 4). Ртуть, как и другие тяжёлые металлы, накапливается, большей частью, в мелкоалевритовой и пелитовой фракции илов и, в меньшей степени, в песчаных осадках. Мы не исключаем, что ртуть оседает в донных отложениях на илистых, низкокроточных участках Нижнего Дона или его рукавов, ериков, притоков, которые не охвачены нашей стандартной сеткой станций.

В мышцах обследованных видов рыб, выловленных в Нижнем Дону за последние 5 лет исследований, концентрация ртути не превысила допустимого уровня по ТР ТС 021/2011 [Горгола и др., 2022, 2023 б]. Однако,

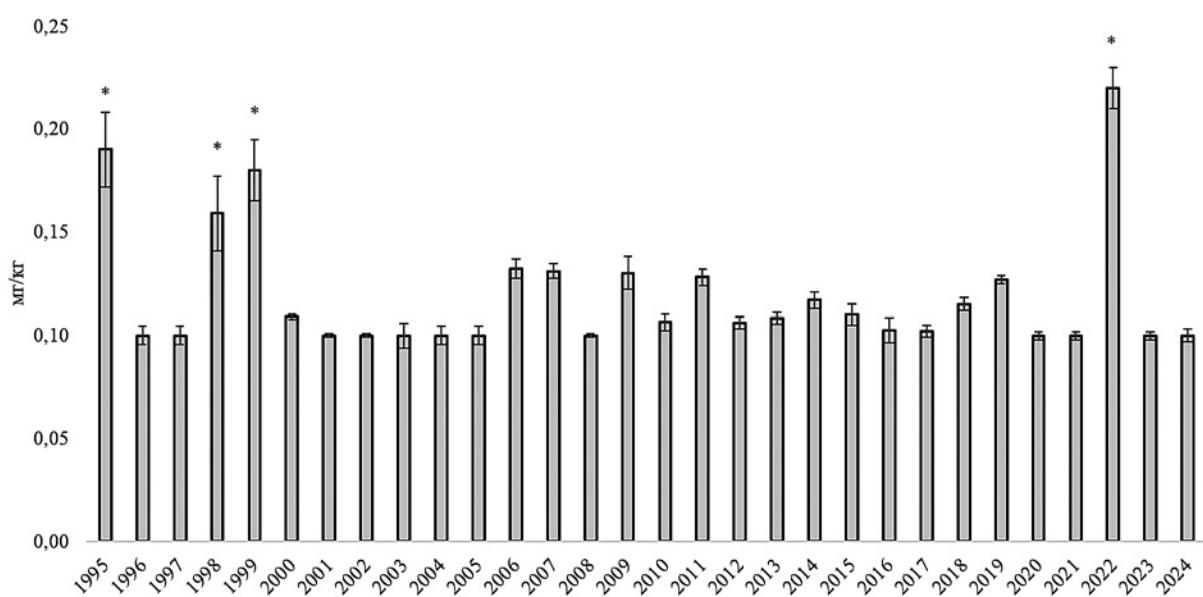


Рис. 4. Среднегодовое содержание ртути (мг/кг) в донных отложениях Нижнего Дона в 1995-2024 гг.:

* – отличия достоверны относительно среднемноголетнего уровня

Fig. 4. Average annual mercury content (mg/kg) in the bottom sediments of the Lower Don in 1995-2024:

* – differences are reliable relative to the average long-term level

следует отметить факт более высокого содержания ртути в мышцах хищных видов рыб – окунь, судак, сом, жерех, черноморско-азовская проходная сельдь (на 37%; $p<0,05$), за исключением рыбца, выловленного в 2023 г. (табл. 2). Биоиндикация содержания ртути в тканях рыб позволяет оценить не только степень их загрязнения ртутью, но и возможные риски для сохранения биоресурсов и здоровья населения [Немова и др., 2014]. Согласно нашим исследованиям, качество водных биоресурсов, выловленных в р. Дон, признано удовлетворительным по показателям загрязнения ртутью и не представляет опасности для здоровья человека.

Сравнение накопления ртути в водных биологических ресурсах Нижнего Дона относительно других

водоёмов России показало сопоставимость результатов при близких показателях в воде и донных отложениях. Так, средние концентрации ртути в мышцах основных видов промысловых рыб р. Волга соответствуют диапазону 0,011-0,026 мг/кг. Более высокие значения характерны для карпа, сазана, щуки, окуня, осетра и сома, наименьшие – для ерша [Горбунов и др., 2018]. Согласно исследованиям [Гремячих и др., 2019] содержание ртути в мышцах речного окуня из Рыбинского водохранилища и р. Северная Двина сопоставимо с данными, полученными для гидробионтов из р. Дон. Концентрация ртути в мышцах хищных рыб р. Обь (щука, судак, окунь) достоверно выше, чем у бентофагов, но во всех случаях

Таблица 2. Содержание ртути (на сырую массу) в мышцах рыб, выловленных на акватории Нижнего Дона в 2020-2024 гг.

Table 2. Mercury content (for the raw mass) in the muscles of fish caught in the Lower Don in 2020-2024

| Вид рыбы, характеристика | Концентрация*, мг/кг |
|---|--------------------------------|
| | 2020 г. |
| Карась; $n=10$, ♂ + ♀, длина 20-24 см, масса 0,29-0,36 кг | <0,005 |
| Лещ; $n=10$, ♂ + ♀, длина 25-28 см, масса 0,30-0,47 кг | <0,005 |
| | 2021 г. |
| Сазан; $n=10$, ♂ + ♀, длина 30-37 см, масса 0,64-0,82 кг | 0,008±0,002 |
| Карась; $n=10$, ♂ + ♀, длина 28-31 см, масса 0,48-0,61 кг | 0,031±0,008 |
| | 2022 г. |
| Окунь; $n=10$, ♂ + ♀, длина 18-19 см, масса 0,10-0,11 кг | 0,043±0,011 |
| Густера; $n=10$, ♂ + ♀, длина 19-20 см, масса 0,09-0,10 кг | 0,041±0,011 |
| | 2023 г. |
| Судак; $n=10$, ♂, длина 40-50 см, масса 2,5-3,0 кг | 0,009±0,002 |
| Окунь; $n=10$, ♂ + ♀, длина 14-27 см, масса 0,06-0,29 кг | 0,075±0,020 |
| Карась; $n=10$, ♂ + ♀, длина 19-37 см, масса 0,11-0,48 кг | <0,005 |
| Лещ; $n=10$, ♂ + ♀, длина 26-36 см, масса 0,19-0,65 кг | <0,005 |
| Рыбец; $n=10$, ♂ + ♀, длина 28-32 см, масса 0,21-0,32 кг | 0,084±0,022 |
| Тарань; $n=10$, ♂ + ♀, длина 23-28 см, масса 0,15-0,26 кг | 0,031±0,008 |
| Пиленгас; $n=10$, ♂ + ♀, длина 37-39 см, масса 0,54-0,81 кг | 0,005±0,001 |
| Сазан; $n=10$, ♂ + ♀, длина 37-58 см, масса 0,97-2,90 кг | <0,005 |
| Сом; $n=10$, ♂ + ♀, длина 47-48 см, масса 0,91-1,50 кг | <0,005 |
| | 2024 г. |
| черноморско-азовская проходная сельдь, $n=10$, ♂ + ♀, длина 19-27 см, масса 0,05-0,21 кг | 0,046±0,012 |
| Рыбец, $n=10$, ♂ + ♀, длина 10-17 см, масса 0,25-0,31 кг | 0,020±0,005 |
| Окунь, $n=10$, ♂ + ♀, длина 14-27 см, масса 0,04-0,25 кг | 0,024±0,006 |
| Судак, $n=10$, ♂ + ♀, длина 42-51 см, масса 0,61-1,13 кг | 0,023±0,006 |
| Жерех, $n=10$, ♂ + ♀, длина 36-49 см, масса 0,54-1,33 кг | 0,021±0,005 |
| Лещ, $n=10$, ♂ + ♀, длина 37-49 см, масса 0,84-0,89 кг | 0,025±0,007 |
| Допустимый уровень по ТР ТС 021/2011 | 0,3 (нехищная) 0,6 (хищная) |

Примечание: * – представлен результат анализа объединенной пробы, указана методическая погрешность.

не превышает принятые нормативные значения [Попов и др., 2019]. Среднее содержание общей ртути в мышцах рыб из Каспийского и Баренцева морей не превысило установленного норматива допустимого содержания. При значительном разбросе концентраций ртути в воде и донных отложениях обоих морей (как и в р. Дон) признаков антропогенного загрязнения морских рыб не обнаружено [Чаплыгин и др., 2016; Новиков и др., 2023]. В малых озёрах Северо-Запада России содержание ртути в мышцах окуня было повышенным, варьировало от 0,032 до 0,610 мг/кг, вследствие высокого содержания гумусовых веществ и закисления воды, что существенным образом влияло на биоаккумуляцию ртути в тканях рыб [Немова и др., 2014]. Во всех случаях причины вариабельности концентрации ртути в мышцах промысловых видов рыб обусловлены рационом питания, видовой принадлежностью, содержанием жира в тканях, региональными особенностями среды обитания. Дополнительно следует отметить, что акватория Нижнего Дона характеризуется низким содержанием гумусовых веществ и отсутствием процессов закисления воды [Косенко и др., 2024], что в значительной степени снижает биодоступность и биоаккумуляцию ртути в мышцах водных биоресурсов.

Согласно вышеприведённым результатам, в современный период (2020-2024 гг.) максимум содержания ртути в воде Нижнего Дона зафиксирован в районе ст. Романовская и г. Семикаракорск.

Станица Романовская расположена в непосредственной близости от г. Цимлянск, где имеется одна тепловая сеть, которая использует уголь в качестве сырья¹¹. При сжигании угля в топках вместе с золой в атмосферу поступает несгоревшее топливо (так называемый недожог). При охлаждении пылегазовых выбросов (в газоходах и очистных аппаратах) газообразные соединения ртути могут накапливаться, например, на поверхности твёрдых частиц. Известно, что высокие концентрации ртути характерны для, так называемой, летучей золы, которая образуется при сжигании угля. Весьма часто отмечается вторичное обогащение летучей золы ртутью по сравнению с ее концентрациями в исходном топливе, причём, чем меньше размеры частиц золы, тем интенсивнее обогащение их ртутью. Уровни содержания ртути в летучей золе варьируются в пределах 0,05-0,55 мг/кг [Янин, 2006]. Помимо тепловых станций, на состояние воды в р. Дон в районе ст. Романовская определённое влияние могут оказывать другие антропогенные факторы, например, химические заводы

(в г. Волгодонск расположен крупнейший химический завод «Кристалл») [Михайленко, Рубан, 2019].

Семикаракорский район является одним из ведущих сельскохозяйственных районов Ростовской области с орошаемым земледелием. Предполагается, что загрязнение воды р. Дон ртутью в районе г. Семикаракорск может происходить по причине нерационального ведения сельского хозяйства. Некоторые виды пестицидов содержат органические соединения ртути. К ним относятся фунгициды и бактерициды, которые делятся на две группы: галоидзамещенные соединения ртути (этилмеркурхлорид, фенилмеркурбромид) и производные уксусной кислоты с ртутью (изопропилмеркарцетат, фенилмеркурацетат). Ртуть, попадая в почву, может проникать в подземные воды и вымываться вместе с осадками и поливными водами непосредственно в р. Дон. Кроме того, инженерное преобразование почв при строительстве, промышленном, инфраструктурном развитии, создании рекреационных зон, приводит к поступлению ртути из нарушенных почв, при сельскохозяйственном использовании которых использовались ртутьсодержащие пестициды [Михайленко, 2020].

Природные источники поступления ртути в р. Дон – её вымывание из чёрных сарматских глин и угленосных районов. Сарматские глины распространены на территории Предкавказья, где они залегают неглубоко от поверхности или выходят на поверхность. Территория их распространения: на севере – граница Ставропольского края, с. Ипатово, на юге – севернее г. Черкесск, на западе – западнее г. Армавир, на востоке – Калаус-Кумское междуречье [Щекочихина, 2011]. В Восточном Донбассе выделяются 9 угленосных районов: Миллеровский, Каменско-Гундоровский, Белокалитвенский, Тацинский, Краснодонецкий, Гуково-Зверевский, Сулино-Садкинский, Шахтинско-Несветаевский и Задонский¹². Таким образом, акватория Нижнего Дона, в местах наибольших концентраций ртути в воде – ст. Романовская и г. Семикаракорск, является территорией распространения чёрных сарматских глин и угленосных месторождений, служащих природными источниками поступления ртути в водную экосистему

Исходя из вышесказанного, источником поступления ртути на акваторию нижнего течения р. Дон в 2020-2024 гг. могут являться как природные, так и антропогенные факторы. Тем не менее, в 1995-2005 гг. высокие концентрации ртути были зафиксированы

¹¹ https://vk.com/wall-39238439_366389

¹² Природные ресурсы Ростовской области. 2003. Комитет по охране окружающей среды и природных ресурсов Администрации Ростовской области. Ростов-на-Дону. С. 78–120.

сированы на участках Нижнего Дона, подверженных значительному антропогенному прессингу.

ВЫВОДЫ

1. В 1995-2005 гг. ежегодно выявлялись высокие локальные концентрации ртути в воде с превышением ПДК_{р/х} от 15 до 360 раз. Максимумы зафиксированы в весенний и осенний периоды преимущественно в районе ст. Манычская, ниже устья р. Аксай, ниже сброса очистных сооружений г. Ростов-на-Дону и ниже устья р. Темерник – участках наибольшего антропогенного прессинга на акваторию.

2. В современный период 2020-2024 гг. на акватории Нижнего Дона вновь фиксируются локальные повышенные концентрации ртути в воде с максимумами в весенне-летний период года в районе ст. Романовская (до 62 ПДК_{р/х}) и г. Семикаракорск (до 140 ПДК_{р/х}). Источником поступления ртути в воду нижнего течения р. Дон в 2020-2024 гг. на данных точках забора могут являться как природные, так и антропогенные факторы.

3. Отмечена выраженная сезонная и пространственная вариабельность содержания ртути в воде, вследствие лабильности данного компонента в водных экосистемах.

4. Накопление ртути в донных отложениях Нижнего Дона в период повышенных концентраций ртути в воде зафиксировано в отдельные годы (1995 г., 1998-1999 гг.), в современный период – в 2022 г. В другие годы мониторинга содержание ртути в донных отложениях не превышало среднемноголетнего уровня для данного типа гранулометрического состава донных отложений р. Дон. Не исключено оседание ртути в донных отложениях на илистых, низкопроточных участках Нижнего Дона или его рукавов, ериков, притоков, которые не охвачены нашей стандартной сеткой станций.

5. Повышенные концентрации ртути в воде нижнего течения р. Дон в современный период не представляют угрозу для жизнедеятельности гидробионтов. Качество водных биоресурсов, выловленных в р. Дон за последние 5 лет, признано удовлетворительным по показателям загрязнения ртутью и не представляет опасности для здоровья человека.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» на базе Азово-Черноморского филиала («АзНИИРХ»).

ЛИТЕРАТУРА

Волгина Т.Н., Новиков В.Т., Денекова А.Ю. 2009. Один из путей решения проблемы уничтожения металлоорганических пестицидов // Современные наукоёмкие технологии. № 3. С. 55-56.

Горбунов А.В., Ляпунов С.М., Окина О.И. 2018. Биоаккумуляция ртути в тканях пресноводных рыб // Экология человека. Т. 25. № 11. С. 23-31. DOI: 10.33396/1728-0869-2018-11-23-31

Горгола Л.Г., Барабашин Т.О. 2021. Оценка степени накопления тяжёлыми металлами реки Дон в период с 2019 по 2021 гг. // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сб. мат. ЮФУ. / Казеев К.Ш. ред. Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во ЮФУ. С. 24.

Горгола Л.Г., Барабашин Т.О., Кораблина И.В. 2023 а. Оценка накопления ртути в воде нижнего течения реки Дон для целей аквакультуры и искусственного воспроизводства гидробионтов // Современные аспекты в рыбоводстве и геномные технологии в аквакультуре и рыболовстве. Мат. IV науч. щколы-конф. молодых учёных и специалистов. Московская область, д. Аносино, 30 ноября – 4 декабря 2023 г. М.: Изд-во ВНИРО. С. 25.

Горгола Л.Г., Барабашин Т.О., Кораблина И.В., Петренко А.А., Слепухина Е.А. 2023 б. Оценка накопления тяжёлых металлов (Hg, Cd, Pb) в органах и тканях рыб нижнего течения р. Дон в летний период 2023 года // Актуальные вопросы водных и прибрежных экосистем. Мат. всеросс. конф., посвящённой 90-летию со дня рождения О.Г. Миронова. Севастополь, 2-5 октября 2023 г. Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ. С. 88-90.

Горгола Л.Г., Кораблина И.В., Барабашин Т.О. 2022. Сравнительная оценка накопления кадмия и ртути в рыбах Веселовского водохранилища и нижнего течения реки Дон // Современные проблемы и перспективы развития рыбоводственного комплекса. Мат. X межд. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов. г. Москва, 10-11 ноября 2022. М.: Изд-во ВНИРО. С. 268-271.

Гремячих В. А., Ложкина Р. А., Комов В. Т. 2019. Пространственно-временная вариабельность содержания ртути в речном окуне *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 (Perciformes: Percidae) Рыбинского водохранилища на рубеже ХХ-ХХI веков // Трансформация экосистем. № 2 (2). С. 85-95. DOI: 10.23859/estr-180816.

Грициняк И.И., Янович Д.А., Бех В.В. 2015. Влияние неэссенциальных элементов (ртуть, мышьяк) на организм лососевых (*Salmonidae*) рыб (обзор) // Рыбоводственная наука Украины. № 3(33). С. 18-33. DOI: 10.15407/fsu2015.03.018.

Израэль Ю.А., Цыбань А.В. 1993. Обзор экологического состояния морей Российской Федерации и отдельных райо-

- нов Мирового океана за 1992 г. М.: Гидрометеоиздат. 173 с.
- Короткова Л.И., Кораблина И.В., Барабашин Т.О. 2019. Аккумуляция приоритетных поллютантов в рыбах Азовского моря за последнее десятилетие // Водные биоресурсы и среда обитания. Т. 2. № 3. С. 20-32.
- Косенко Ю.В., Кораблика И.В., Горгола Л.Г., Баскакова Т.Е., Елфимова Н.С. 2024. Условия среды обитания водных биоресурсов на акватории Нижнего Дона (2015-2024 гг.) // Водные биоресурсы и среда обитания. Т. 7. № 4. С. 40-53. DOI: 10.47921/2619-1024_2024_7_4_40.
- Кулик Я.С., Косенко Ю.В., Кораблина И.В., Трушков А.В., Баскакова Т.Е., Должанов П.Б., Алексеева Н.В. 2025. Характеристика условий среды обитания водных биоресурсов в р. Миус в 2024 г. // Водные ресурсы и среда обитания. Т. 8. № 1. С. 26-40. DOI: 10.47921/2619-1024_2025_8_1_26.
- Львова О.А., Карыгина Н.В. 2020. Содержание ртути в различных компонентах экосистемы Волго-Каспия (вода, донные отложения, гидробионты) // Мат. межд. науч.-практ. конф. «Экология и природопользование». Магас, 21-23 октября 2020 г. Магас: ООО «КЕП». С. 264-271.
- Михайленко А.В. 2020. Ртутное загрязнение водных объектов как фактор устойчивого развития урбанизированного пространства юго-запада Ростовской области // Экология XXI ВЕКА: синтез образований и науки. Мат. VI межд. науч.-практ. конф. г. Челябинск. 18-21 мая 2020. Челябинск: Изд-во ЮУрГПУ. С. 215-217.
- Михайленко А.В., Рубан Д.А. 2019. Ртутное загрязнение водных объектов как фактор устойчивого развития урбанизированного пространства юго-запада Ростовской области // Экологические проблемы промышленных городов. Мат. 9-й Межд. науч.-практ. конф. Саратов, 10-12 апреля 2019 г. / Е.И. Тихомирова ред. Саратов: СГТУ им. Ю.А. Гагарина. С. 70-74.
- Мур Дж. В., Рамамурти С. 1987. Тяжёлые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. М.: Мир. 288 с. (Moore J.W., Ramamoorthy S. 1984. Heavy Metals in Natural Waters. Applied Monitoring and Impact Assessment. Springer-Verlag: New York-Berlin-Heidelberg-Nokyo. 286 p.).
- Нгуен Тхи Тхуи Ньунг. 2024. Особенности миграции и трансформации ртути в водной экосистеме устьевой области реки Красная (Вьетнам). Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Махачкала: ДагФИЦ РАН. 24 с.
- Немова Н.Н., Лысенко Л.А., Мещерякова О.В., Комов В.Т. 2014. Ртуть в рыбах: биохимическая индикация // Биосфера. Т. 6. № 2. С. 176-185.
- 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.
- Павленко Л.Ф., Кораблина И.В., Барабашин Т.О., Экилик В.С. 2022. Приоритетные токсиканты в элементах экосистемы Нижнего Дона // Водные ресурсы. Т. 49, № 3. С. 298-304. DOI: 10.31857/S0321059622030117.
- Перевозников М.А., Богданова Е.А. 1999. Тяжёлые металлы в пресноводных экосистемах. СПб: Изд-во ГосНИОРХ. 228 с.
- Попов П.А., Андросова Н.В., Попов В.А. 2019. Характер накопления ртути в рыбах реки Оби // Российский журнал прикладной экологии. № 4 (20). С. 51-56.
- Решетняк О.С. 2022. Многолетняя изменчивость содержания соединений ртути в речных экосистемах России по данным мониторинга // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. № 2. С. 70-79. DOI: 10.31857/S0869780922020060.
- Чаплыгин В.А., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. 2016. Содержание ртути в мышцах гидробионтов Каспийского моря // Вестник АГТУ. № 2. С. 108-112.
- Щекочихина Е.В. 2011. Инженерно-геологические особенности сарматских глин краевых прогибов юга Русской платформы. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Волгоград: ИАиС ВолгГТУ. 23 с.
- Эрихс С.С 2024. Ртуть в воде и донных отложениях р. Иртыш: проблемы и достоверность её определения и оценок загрязнения // Известия Алтайского отд. РГО. № 3 (74). С. 71-99. DOI: 10.24412/2410-1192-2024-17406
- Янин Е.П. 2006. Эмиссия ртути в атмосферу при сжигании каменного угля в России // Ресурсосберегающие технологии. № 3. С. 3-14.
- Boszke L., Glosinska G., Siepak J. 2002. Some aspects of speciation of mercury in a water environment // Pol. J. Environ. Stud. V. 11 (4). P. 285-298.
- Jeziarska B., Ługowska K., Witeska M. 2009. The effects of heavy metals on embryonic development of fish (a review) // Fish. Physiol. Biochem. 35. P. 625-640. DOI: 10.1007/s10695-008-9284-4
- Kidd K., Batchelor K. 2011. Mercury // Fish Physiology. 31. Part B. P. 237-295. DOI: 10.1016/S1546-5098(11)31027-8.
- Ren Z.H., Cao L., Huang W., Liu J.H., Cui W.T., Dou S.Z. 2019. Toxicity test assay of waterborne methylmercury on the Japanese Flounder (*Paralichthys olivaceus*) at embryonic-larval stages // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 102. P. 770-777. DOI: 10.1007/s00128-019-02619-9.
- Schindler J.E., Alberts J.J. 1977. Behavior of mercury, chromium, and cadmium in aquatic systems. Washington, DC, US Environmental Protection Agency. P. 1-61.
- REFERENCES**
- Volgina T.N., Novikov V.T., Enkova A.Yu. 2009. One of the ways to solve the problem of destruction of organometallic pesticides // Modern science-intensive technologies. No. 3. P. 55-56. (In Russ.)
- Gorbunov A.V., Lyapunov S.M., Okina O.I. 2018. Bioaccumulation of mercury in freshwater fish tissues // Human Ecology. Vol. 25, No. 11. P. 23-31. DOI: 10.33396/1728-0869-2018-11-2-3-31. (In Russ.)
- Gorgola L.G., Barabashin T.O. 2021. Assessment of the degree of accumulation of heavy metals by the Don River in the period from 2019 to 2021 // Actual problems of ecology

- and nature management. SFU Coll. Papers / K.S. Kazeev ed. Rostov-on-Don, Taganrog: SFU Publish. P. 24. (In Russ.)
- Gorgola L.G., Barabashin T.O., Korablina I.V.* 2023. Assessment of mercury accumulation in the water of the lower reaches of the Don River for the purposes of aquaculture and artificial reproduction of aquatic organisms // Modern aspects in fisheries science and genomic technologies in aquaculture and fisheries. Mat. of the IV Scient. school-conf. of young scientists and specialists. Moscow region, Anosino vil., November 30 – December 4, 2023. Moscow: VNIRO Publish. P. 25. (In Russ.)
- Gorgola L.G., Barabashin T.O., Korablina I.V., Petrenko A.A., Slepukhina E.A.* 2023. Assessment of the accumulation of heavy metals (Hg, Cd, Pb) in the organs and tissues of fish of the lower reaches of the river. The Don in the summer of 2023 // Current issues of aquatic and coastal ecosystems: a collection of materials of the All-Russ. conf. dedicated to the 90th anniversary of the birth of O.G. Mironov. Sevastopol, October 2-5, 2023. Sevastopol: IBSS Publish. P. 88-90. (In Russ.)
- Gorgola L.G., Korablina I.V., Barabashin T.O.* 2022. Comparative assessment of the accumulation of cadmium and mercury in the fish of the Veselovsky reservoir and the lower reaches of the Don River // Modern problems and prospects for the development of the fisheries complex. Proc. of the X Inter. Scient. and Pract. Conf. of Young Scientists and specialists. Moscow, November 10-11, 2022. Moscow: VNIRO Publish. P. 268-271. (In Russ.).
- Gremyachikh V.A., Lozhkina R.A., Komov V.T.* 2019. Spatial and temporal variability of mercury content in the river perch *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 (Perciformes: Percidae) of the Rybinsk reservoir at the turn of the XX-XXI centuries // Transformation of ecosystems. No. 2 (2). P. 85-95. DOI: 10.15407/fsu2015.03.018. (In Russ.).
- Gritsinyak I.I., Yanovich D.A., Bekh V.V.* 2015. The influence of nonessential elements (mercury, arsenic) on the body of salmonid fish (review) // Fisheries Science of Ukraine. No. 3(33). P. 18-33. DOI: 10.15407/fsu2015.03.018. (In Russ.).
- Israel Yu.A., Tsyban A.V.* 1993. Review of the ecological state of the seas of the Russian Federation and certain areas of the World Ocean in 1992. Moscow: Hydrometeoizdat. 173 p. (In Russ.).
- Korotkova L.I., Korablina I.V., Barabashin T.O.* 2019. Accumulation of priority pollutants in the fish of the Sea of Azov over the last decade // Aquatic bioresources and habitat. V. 2. No. 3. P. 20-32. (In Russ.).
- Kosenko Yu.V., Korablina I.V., Gorgola L.G., Baskakova T.E., Elfimova N.S.* 2024. Habitat conditions of aquatic bioresources in the waters of the Lower Don (2015-2024) // Aquatic bioresources and habitat. Vol. 7. No. 4. P. 40-53. DOI: 10.47921/2619-1024_2024_7_4_40. (In Russ.).
- Kulik Ya.S., Kosenko Yu.V., Korablina I.V., Trushkov A.V., Baskakova T.E., Dolzhanov P.B., Alekseeva N.V.* 2025. Characteristics of the habitat conditions of aquatic bioresources in the Mius River in 2024 // Water resources and habitat. V. 8. No. 1. P. 26-40. DOI: 10.47921/2619-1024_2025_8_1_26. (In Russ.).
- Lvova O.A., Krygina N.V.* 2020. Mercury content in various components of the Volga-Caspian ecosystem (water, bottom sediments, hydrobionts) // Proc. Intern. scient. and pract. Conf. «Ecology and Nature Management». Magas, October 21-23, 2020 Magas.: KEP LLC. P. 264-271. (In Russ.).
- Mikhailenko A.V.* 2020. Mercury pollution of water bodies as a factor of sustainable development of the urbanized area of the South-West of the Rostov region // Ecology of the 21st CENTURY: synthesis of education and science. Proc. of the VI Intern. Scient. and Pract. Conf. Chelyabinsk, May 18-21, 2020. Chelyabinsk: SUSU Publish. P. 215-217. (In Russ.).
- Mikhailenko A.V., Ruban D.A.* 2019. Mercury pollution of water bodies as a factor of sustainable development of the urbanized area of the South-West of the Rostov region // Environmental problems of industrial cities. Proc. of the 9th Intern. Scient. and Pract. Conf. Saratov, April 10-12, 2019 / E.I. Tikhomirova ed. Saratov: Yuri Gagarin SSTU. P. 70-74. (In Russ.).
- Moore J.V., Ramamoorthy S.* 1987. Heavy metals in natural waters. Moscow: Mir. 286 p. (In Russ.) (Moore J.W., Ramamoorthy S. 1984. Heavy Metals in Natural Waters. Applied Monitoring and Impact Assessment. Springer-Verlag: New York-Berlin-Heidelberg-Nokyo. 286 p.).
- Nguyen Thi Thuy Nhung.* 2024. Features of mercury migration and transformation in the aquatic ecosystem of the estuarine region of the Krasnaya River (Vietnam). PhD Abstr. in biology. Makhachkala: DagFRC RAS. 24 p. (In Russ.).
- Nemova N.N., Lysenko L.A., Meshcheryakova O.V., Komov V.T.* 2014. Mercury in fish: a biochemical indication // Biosphere. V. 6. No. 2. P. 176-185 (In Russ.).
- Novikov M.A., Gorbacheva E.A., Kharlamova M.N.* 2023. Mercury content in commercial fish of the Barents Sea (according to long-term data) // Trudy VNIRO. V. 191. P. 112-123. DOI: 10.36038/2307-3497-2023-191-112-123. (In Russ.).
- Pavlenko L.F., Korablina I.V., Barabashin T.O., Ekik V.S.* 2022. Priority toxicants in the elements of the Lower Don ecosystem // Water resources. V. 49, No. 3. P. 298-304. DOI: 10.31857/S0321059622030117. (In Russ.).
- Perevoznikov M.A., Bogdanova E.A.* 1999. Heavy metals in freshwater ecosystems. Saint Petersburg: GOSNIORH Publish. 228 p. (In Russ.).
- Popov P.A., Androsova N.V., Popov V.A.* 2019. The nature of mercury accumulation in the fish of the Ob River // Russian Journal of Applied Ecology. No. 4 (20). P. 51-56. (In Russ.).
- Reshetnyak O.S.* 2022. Long-term variability of mercury compounds in Russian river ecosystems according to monitoring data // Geocology. Engineering Geology, hydrogeology, geocryology. No. 2. P. 70-79. DOI: 10.31857/S0869780922020060. (In Russ.).
- Chaplygin V.A., Ershova T.S., Zaitsev V.F.* 2016. Mercury content in the muscles of hydrobionts of the Caspian Sea // Bulletin of the AGTU. No. 2. P. 108-112 (In Russ.).
- Shchekochikhina E.V.* 2011. Engineering and geological features of the Sarmatian clays of the marginal troughs of

- the southern Russian platform: PhD abstr. in geology and mineralogy. Volgograd: VolgSTU 23 p. (In Russ.)
- Eirikh S.* Since 2024. Mercury in water and bottom sediments of the Irtysh River: problems and reliability of its definition and pollution estimates // Proceedings of the Altai branch of the RGS. No. 3 (74). P. 71-99. DOI: 10.24412/2410-1192-2024-17406 (In Russ.)
- Yanin E.P.* 2006. Mercury emissions into the atmosphere from coal burning in Russia // Resource-saving technologies. No. 3. P. 3-14. (In Russ.)
- Boszke L., Glosinska G., Siepak J.* 2002. Some aspects of speciation of mercury in a water environment // Pol. J. Environ. Stud. V. 11 (4). P. 285-298.
- Jeziorska B., Ługowska K., Witeska M.* 2009. The effects of heavy metals on embryonic development of fish (a review) // Fish. Physiol. Biochem. 35. P. 625-640. DOI: 10.1007/s10695-008-9284-4
- Kidd K., Batchelor K.* 2011. Mercury // Fish Physiology. 31. Part B.P. 237-295. DOI: 10.1016/S1546-5098(11)31027-8.
- Ren Z.H., Cao L., Huang W., Liu J.H., Cui W.T., Dou S.Z.* 2019. Toxicity test assay of waterborne methylmercury on the Japanese Flounder (*Paralichthys olivaceus*) at embryonic-larval stages // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 102. P. 770-777. DOI: 10.1007/s00128-019-02619-9.
- Schindler J.E., Alberts J.J.* 1977. Behavior of mercury, chromium, and cadmium in aquatic systems. Washington, DC, US Environmental Protection Agency. P. 1-61.

Поступила в редакцию 18.04.2025 г.
Принята после рецензии 02.06.2025 г.

УДК 597.2/5:574.24

Среда обитания водных биологических ресурсов

Влияние гидрологического режима пойменно-речной системы Средней Оби и температуры в весенний период на динамику уловов рыб с разной репродуктивной экологией

В.А. Шаталин, Е.А. Интересова, М.В. Селезнева

Новосибирский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ЗапСибНИРО»), ул. Писарева, 1, г. Новосибирск, 630091

E-mail: shatalin@zapsib.vniro.ru

SPIN-код: В.А. Шаталин – 9020-3850; Е.А. Интересова – 6178-3735; М.В. Селезнева – 7473-8825

Цель работы: анализ влияния гидрологического режима пойменно-речной системы Средней Оби и температуры среды в весенний период на динамику уловов промысловых видов рыб с разной репродуктивной экологией.

Используемые методы: методика исследования основана на данных об уловах водных биологических ресурсов и на анализе графиков межгодовой изменчивости гидрологических и температурных параметров за 1947-2020 гг.

Новизна: впервые для Средней Оби проведён анализ сопряжённого влияния гидрологического режима и температуры среды в весенний период на состояние запасов промысловых видов рыб.

Результаты: для эффективного естественного воспроизводства аборигенных фитофильных видов рыб (язя и плотвы) Средней Оби необходимы условия своевременного залития поймы и оптимальные температурные условия в мае, и более высокое и продолжительное затопление поймы в июне. Эффективность нереста леща менее зависит от гидрологических показателей, и более от температурных показателей в мае.

Практическая значимость: полученные результаты позволяют повысить точность долгосрочного прогноза состояния запасов и разработать стратегию по снижению риска перелова при корректировке рекомендованного вылова водных биологических ресурсов Средней Оби.

Ключевые слова: водные биоресурсы, гидрологический и температурный режим, динамика уловов рыб, Западная Сибирь, р. Обь.

The impact of the hydrological regime and temperature of the spring period in floodplain-river system on the catches of fish with different reproductive ecology in the Middle Ob River (Western Siberia)

Vladislav A. Shatalin, Elena A. Interesova, Mariya V. Selezneva

Novosibirsk branch of «VNIRO» («ZapSibNIRO»), 1, Pisareva St., Novosibirsk, 630091, Russia

The aim of the work is analysis of the influence of the hydrological regime of the floodplain-river system of the Middle Ob and the ambient temperature in the spring on the dynamics of catches of commercial fish species with different reproductive ecologies.

Methods used: the research methodology is based on data on catches of aquatic biological resources and on the construction and analysis of graphs of interannual variability of hydro-logical and temperature parameters for 1947-2020.

Novelty: for the first time in the Middle Ob region, an analysis of the combined impact of the hydro-logical regime and environmental temperature in the spring period on the state of commercial fish stocks has been conducted.

Results: for effective natural reproduction of native phytophilic fish species (ide and roach) of the Middle Ob, conditions of timely flooding of the floodplain and optimal temperature conditions in May, as well as higher and prolonged flooding of the floodplain in June are necessary. The spawning efficiency of bream is less dependent on hydro-logical indicators and more on temperature indicators in May.

Practical significance: the obtained results make it possible to increase the accuracy of long-term forecasting of stock status and develop a strategy to reduce the risk of overexploitation when adjusting the recommended catch of aquatic biological resources of the Middle Ob.

Keywords: aquatic bioresources, hydrological and temperature regime, fish catch dynamics, Western Siberia, Ob River.

ВВЕДЕНИЕ

Речные поймы отличаются высоким биоразнообразием и продуктивностью [Вовк, 1951; Welcomme, 1985; Коблицкая, 1984; Tockner, Stanford, 2002]. Кроме того, они играют большую роль в воспроизводстве многих речных видов рыб, являясь для них местами эффективного нереста, поскольку относительно высокая температура воды, слабое течение, обилие кормовых организмов и низкая плотность хищников в пойме обеспечивают благоприятные условия для роста и выживаемость молоди [Birnie-Gauvin et al., 2017; Stoffers et al., 2021; Pratt et al. 2023]. В настоящее время во всём мире отмечают стремительную деградацию пойменных экосистем, связанную, во многом, с антропогенным регулированием стока рек [Tockner, Stanford, 2002; Pratt et al., 2023]. В полной мере это относится к р. Оби¹, одной из величайших рек Евразии, чья протяжённость составляет 3 650 км, водосборный бассейн – около 3 млн км², а пойма в среднем течении имеет ширину 20-30 км.

Основной объём вылова рыбы в пределах Средней Оби всегда обеспечивали аборигенные весенне-нерестующие фитофильные виды рыб, чей жизненный цикл тесно связан с пойменной системой, где преимущественно происходит их нерест, рост и развитие молоди [Ростовцев, Интересова, 2015]. Чем больше площадь и продолжительность затопления поймы, тем больше участков, пригодных для воспроизводства и, в итоге, выше его эффективность, обеспечивающая обилие соответствующих генераций. Зависимость численности поколений отдельных видов рыб от условий весеннего половодья неоднократно отмечена в литературе [Иоганzen и др., 1958; Трифонова, 1982; Ростовцев и др., 2015; Интересова, Ростовцев, 2021]. После зарегулирования в 1959 г. р. Обь в её верхнем течении плотиной Новосибирской ГЭС, гидрологический режим реки во многом зависит от режима попусков воды через гидроузел. В результате аккумуляции воды в водохранилище, расход воды ниже плотины в мае и июне (во время размножения рыб) снизился на 29% [Савкин, 2000]. Таким образом, Обь испытывает сильное влияние искусственного регулирования гидрологического режима, чаще всего вызывающего слабое и мало продолжительное затопление поймы, что ухудшает условия естественного воспроизводства рыбных запасов региона.

Другим важным фактором, оказывающим влияние на воспроизводство рыб, является температура среды, обуславливающая начало нереста и продолжитель-

ность инкубационного периода [Никольский, 1963]. В настоящее время в Западной Сибири происходят изменения климата, наблюдается постепенный рост температуры среды, что влияет на все группы организмов [Kirpotin et al., 2021]. Таким образом, условия воспроизводства рыб претерпевают комплексные перемены, требующие тщательного анализа для формирования долгосрочного прогноза состояния рыбных запасов. В этой связи, целью данной работы был анализ влияния гидрологического режима пойменно-речной системы Средней Оби, подверженного воздействию регулирования стока плотиной Новосибирской ГЭС, и температуры среды в весенний период на динамику уловов промысловых видов рыб с разной репродуктивной экологией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для работы использованы сведения о промысловых уловах в пределах Томской области язя *Leuciscus idus* (L., 1758), плотвы *Rutilus rutilus* (L., 1758) и леща *Aramis brama* (L., 1758) – важных объектов рыбного промысла в Средней Оби. Язь и плотва – аборигенные виды рыб, всегда составляли основу уловов в регионе [Ростовцев, Интересова, 2015]. Нерест этих видов происходит в ранневесенний период, на затопленных мелководьях, на глубинах до 1,5 м, икру они откладывают на залитую прошлогоднюю травянистую растительность, на участках со слабым течением [Попов, 2007]. Лещ – чужеродный вид, появился в пределах Средней Оби в 70-х годах, его численность и значение в уловах стремительно нарастают [Интересова, Ростовцев, 2017]. Нерест этого вида проходит в конце весны, на глубинах до 4,5 м. Лещ способен размножаться в русле реки, откладывая икру на песчано-гравийный грунт [Попов, 2007].

Данные о среднедекадной температуре и суточном уровне воды в реке Обь по гидрологическому посту, расположенному в с. Каргасок (Томская область), предоставлены ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС». Данные об уловах язя, плотвы и леща в регионе получены от Верхнеобского территориального управления Росрыболовства.

При анализе динамики гидрологического режима и температуры воды использовали данные по весенне-летнему периоду (май-июнь), поскольку нерест рассматриваемых видов начинается с первой декады мая, а в июне проходит нагул молоди. Временной охват для анализа гидрологического режима и температуры – с 1947 по 2020 годы. Для анализа связи уловов с условиями среды использовали данные рыбопромысловой статистики только за 1950-1987 годы – период стабильно высокой промысловой

¹ <https://bigenc.ru/c/ob-393332.08.08.2025>

нагрузки, когда официальные объёмы добычи рыбы отражали состояние запасов водных биологических ресурсов [Ростовцев, Интересова, 2015].

Для определения площади затопления поймы при разном уровне воды во время половодья, была построена модель затопления участка поймы Средней Оби. Модельный участок площадью 250 тыс. га определён случайным образом, но без захвата территории населённых пунктов, вблизи с. Каргасок (Каргасокский район Томской области), чтобы иметь возможность использования данных расположенного там гидрологического поста (высота нуля графика – 41,97 м БС). Для моделирования использовали геоинформационную систему Quantum GIS (QGIS). В качестве базовых инструментов были применены цифровая модель рельефа Copernicus – COP30 [European Space ..., 2024] и модуль анализа GRASS (Geographic Resources Analysis Support System).

Для характеристики половодья использовали продолжительность затопления потенциальных нерестовых площадей с уровнем воды в Оби от 900 см (считается, что при таком уровне заливается не менее 20% площади поймы) и с уровнем воды более 1000 см (заливается не менее 60% площади поймы) [Трифонова, 1984]. Для анализа влияния температуры среды использовали данные о средней температуре воды и воздуха в мае. Ввиду того, что данные температуры воды собираются на гидропосте в русле реки, они не отражают температурный режим в пойменной системе Оби, в связи с чем были использованы данные по средней температуре воздуха. Кроме того, использовали бинарные индикаторы: *большая водность* (принимает значение 1, если количество дней затопления поймы выше 1000 см в июне было более 16); *мало продолжительное затопление* (принимает значение 1, если количество дней затопления поймы выше 900 см в мае–июне было меньше 40 дней, иначе 0); *позднее залитие поймы в мае* (принимает значение 1, если количество дней затопления поймы выше 900 см во второй половине мая было меньше 10 дней, иначе 0); *интенсивный спад уровня в июне* (принимает значение 1, если разница в процентах между суммой уровней первой и второй половины июня $\geq 10\%$, иначе 0). Для оценки благоприятности или неблагоприятности условий весеннего периода для воспроизводства весенне-нерестующих фитофильных видов рыб, анализировали совокупное влияние факторов: уровень воды, сроки и продолжительность залития поймы, интенсивность спада уровня воды и температурный режим во время нереста. Для выявления связей гидрологического и температурного режимов с уловами рыб использовали скользящее

среднее (Moving Average, MA) уловов за 3 года, следующих за годом наблюдений за уровнем воды и температурой среды, основываясь на данных о возрастном составе анализируемых видов в промысле. Для оценки связи между переменными определены коэффициенты корреляции Спирмена (r). Статистическую значимость связей оценивали на уровне $\alpha = 0,05$. Все расчёты проведены с использованием Past 4.03².

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В пределах модельного участка в районе с. Каргасок максимальный уровень воды (за рассматриваемый период) фиксировали в начале июня 1966 года. Он достигал 1188 см, обеспечив затопление поймы площадью 130 тыс. га (рис. 1В). Площадь без изолированных от русла и проток Оби участков составила 128,7 тыс. га. Данная площадь была использована как максимальная при оценке залития поймы. При уровне воды 900 см затопление составляет около 45 тыс. га, (34,6 % от максимальной площади при уровне 1188 см) (рис. 1 А). Однако значительная часть затопленной территории (около 40%) изолирована от русла и проток Оби (наполнение водой происходит за счёт таяния снега) и не доступна для обских рыб. Без учёта данных участков полезная площадь для нереста и нагула оценивается около 27 тыс. га (или 21%). При уровне воды в 1000 см затопление увеличилась до 100 тыс. га (рис. 1 Б). Участков, изолированных от русла реки, вдвое меньше (около 20%), чем при уровне 900 см, а полезная площадь, за вычетом данных участков, оценивается в 80 тыс. га (62%). Существенный вклад в затопление рассматриваемого участка вносят реки Васюган и Парабель, способствуя расширению зоны затопления и созданию дополнительных нагульных участков благодаря разливу по своей пойменной системе (рис. 1, 2).

Из 74 анализируемых лет, 34 года можно охарактеризовать как многоводные (уровень воды превышал 1000 см не менее, чем до середины июня); 19 – как средневодные (уровень воды был достаточным для затопления не менее 20% площади поймы). Остальные годы следует признать маловодными, поскольку уровень воды был низким и пойма заливалась на непродолжительный срок (менее 40 дней за май и июнь) (рис. 3).

Пик водности в многоводные годы наступает в начале второй декады июня, в годы средней водности – в конце мая, а в маловодные – в начале второй декады мая. В годы средней водности несколько раньше

² <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>. 08.08.2025

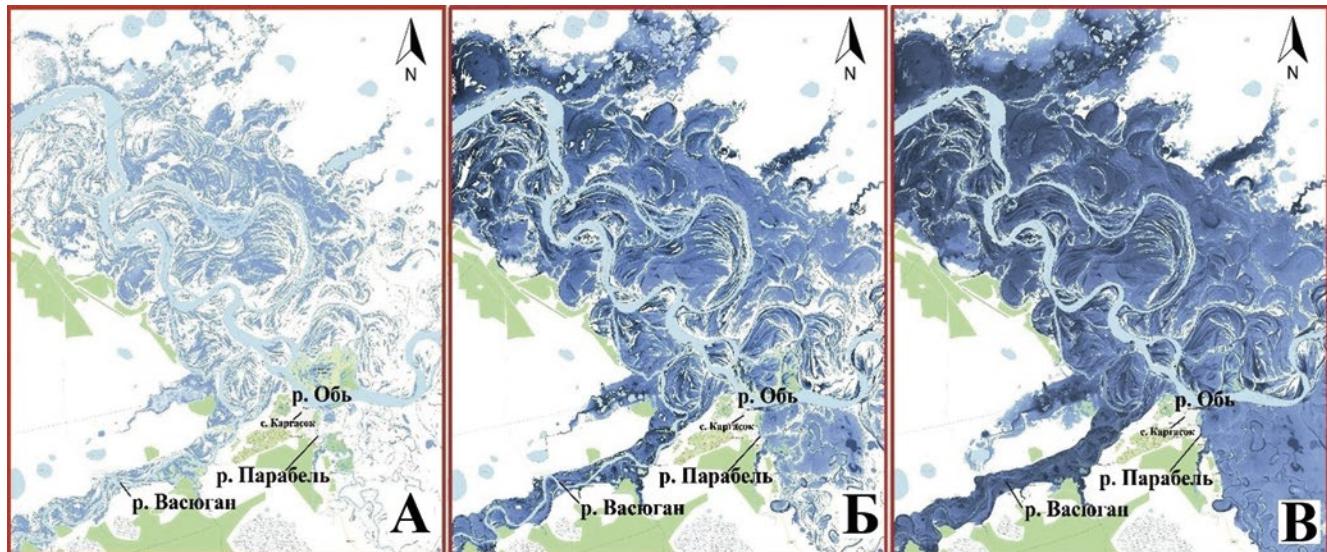


Рис. 1. Модельный участок затопления поймы при разных уровнях воды р. Обь, в районе с. Кargasок (по данным гидропоста) (QGIS Desktop 3.36.3)

(A – 900 см; Б – 1000 см; В – 1188 см)

Fig. 1. Simulation of Floodplain Inundation of the Ob River in the Area of Kargasok Village at Various Water Levels of the Ob River (QGIS Desktop 3.36.3)

(A – 900 cm; Б – 1000 cm; В – 1188 cm)



Рис. 2. Затопленный участок поймы р. Обь (устье р. Парабель)³

Fig. 2. Inundated Floodplain Section of the Ob River (at the confluence of the Parabel River)³

наступает затопление 20% поймы (середина первой декады мая), чем в многоводные годы, но продолжительность залития гораздо меньше (в среднем на 15 дней). В маловодные годы только к середине мая про-

исходит затопление 20% поймы, а в начале июня уже происходит спад уровня воды (рис. 4). Таким образом, в маловодные годы продолжительность затопления поймы составляет всего около 16 дней, что критически мало для прохождения раннего онтогенеза рыб [Трифонова, 1984].

Важным гидрологическим параметром, оказывавшим влияние на успешность воспроизводства рыб, нерестящихся в пойме, является характеристика спада уровня воды. Интенсивный спад в период разви-

³ https://yandex.ru/maps/?l=stv%2Csta&ll=80.914001%2C59.071391&panorama%5Bair%5D=true&panorama%5Bdirection%5D=99.521757%2C-17.324469&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bid%5D=1556178150_636850192_23_1715081849&panorama%5Bpoint%5D=80.874692%2C59.042961&panorama%5Bspan%5D=117.625646%2C60.000000&utm_source=ntp_chrome&z=11.08.08.2025

тия молоди вызывает быстрое отшнуровывание и обсыхание пойменных водоёмов, где происходит рост и развитие молоди, часть которой не успевает выйти из мелководной зоны в русло реки и гибнет [Берендеев и др., 2006]. За анализируемый период отмечено 26 таких лет (рис. 3). Из них 14 (54%) пришлись на маловодные, 10 лет (38%) – на средневодные и только 2 на многоводные годы. Таким образом, интенсивный уход воды с поймы в июне происходит в основ-

ном в годы средней и малой водности. При этом пик водности в эти годы достигается раньше (в третей декаде мая), чем в многоводные годы с менее интенсивным спадом, когда пик водности приходится на начало второй декады июня. В результате к концу июня в годы более продолжительного затопления поймы уровень воды от пикового значения снижается на 6,2%, а в годы с более интенсивным спадом – на 31,4% (рис. 4).

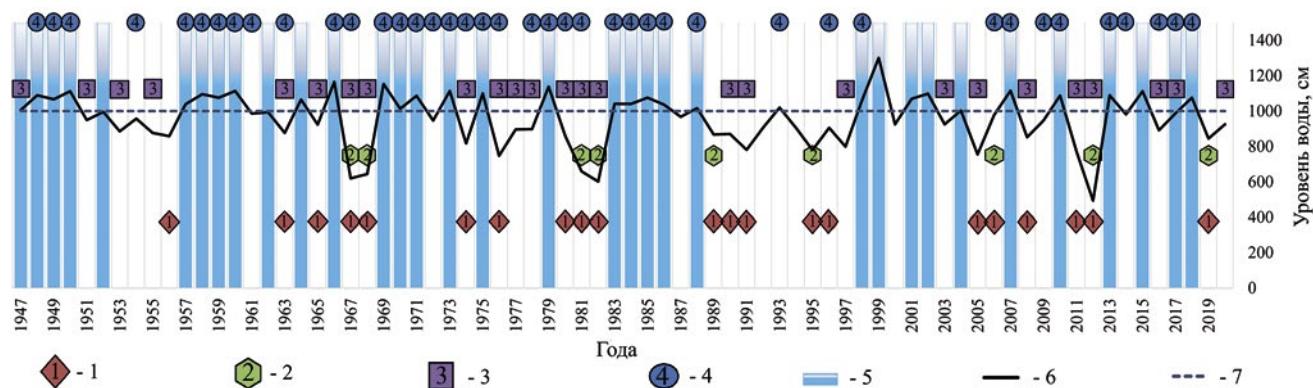


Рис. 3. Характеристика весеннего половодья р. Обь по годам

Обозначения: 1 – малое (<40) количество дней затопления 20% поймы в мае-июне; 2 – позднее залитие 20% поймы в мае; 3 – интенсивный спад уровня в июне (>10%); 4 – холодный май (ср. $t \leq 8^{\circ}\text{C}$); 5 – большая (>60% поймы), продолжительная водность в июне; 6 – средний уровень воды в июне, см; 7 – отметка залития 60% поймы (1000 см).

Fig. 3. Characteristics of the Spring High Water (Flood) of the Ob River

Designations: 1 – small (<40) number of days of flooding of 20% of the floodplain in May-June; 2 – late flooding of 20% of the floodplain in May; 3 – intense level drop in June (>10%); 4 – cold May (cf. $t \leq 8^{\circ}\text{C}$); 5 – large (>60% of the floodplain), prolonged water content in June; 6 – average water level in June, cm; 7 – flood mark of 60% of the floodplain (1000 cm).

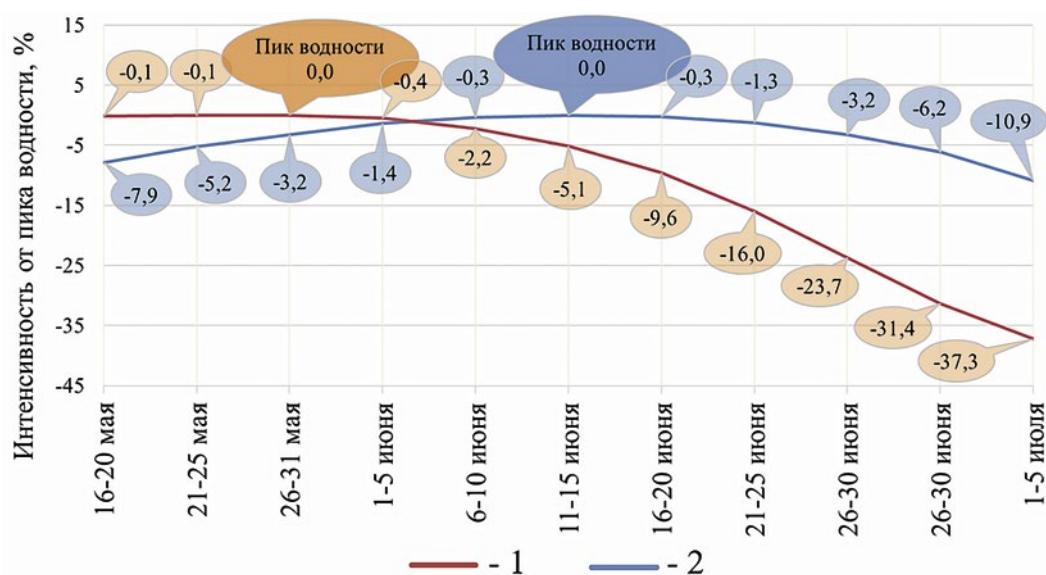


Рис. 4. Темп спада уровня воды от пика водности в годы с более и с менее интенсивным уходом воды

Обозначения: 1 – годы менее интенсивного спада уровня воды (48 лет); 2 – годы более интенсивного спада уровня воды (26 лет).

Fig. 4. Water Level Drop Rate from Peak Flow in Years Characterized by Different Intensities of Water Recession

Designations: 1 – years of less intense decrease in water level (48 years); 2 – years of more intense decrease in water level (26 years).

Однако даже при большой и продолжительной водности не гарантировано формирование высокочисленных поколений рыб. Важным фактором для эффективного воспроизводства является температурный режим в весенний период, определяющий сроки нереста, продолжительность инкубации икры и темп роста молоди. Нерест язя в Каргасокском районе начинается в середине первой декады мая при температуре воды от 3 °C, плотвы – в начале 2-й декады мая при температуре от 7 °C, а леща – при прогреве воды до 11-12 °C в третьей декаде мая. При этом продолжительность нереста язя и плотвы в среднем составляет около 10-14 дней. При низких температурах нерест может начаться несколько позже. Для язя данный сдвиг может составлять 3-4 дня, а для плотвы, чей нерест проходит при более высокой температуре, – 9-10 дней (рис. 5).

Из 34 многоводных лет только 9 (26%) характеризовались оптимальной температурой в мае. Из 19 средневодных лет 12 (63%) имели благоприятный температурный режим (см. рис. 3).

Корреляционный анализ характеристик среды и уловов рыб показал умеренные связи. Уровень воды в весенне-летний период ($r = 0,33$) (в особенности в июне ($r = 0,43$)), продолжительная высокая водность

($r = 0,39$), а также большое количество дней затопления поймы (>900 $r = 0,36$, >1000 $r = 0,42$) оказывают положительное влияние на общий вылов на третий год, когда основная часть рыб вырастает до промыслового размера. Напротив, позднее залитие поймы в мае ($r = -0,38$), малое количество дней затопления поймы на 20% ($r = -0,51$) и интенсивное снижение июньского уровня воды ($r = -0,43$), приводят к снижению улова (таблица). Однако влияние гидрологического режима на разные виды рыб приходится по-разному.

Язь и плотва значительно более уязвимы к изменениям гидрологического режима, что хорошо прослеживается по статистически значимой отрицательной связи уловов и малой продолжительности залития поймы на 20% ($r = -0,52$ для язя и $r = -0,51$ для плотвы), а также при позднем её затоплении в мае ($r = -0,34$ и $-0,63$ соответственно). Однако язь, по сравнению с плотвой, демонстрирует более выраженную зависимость от высокого (60% затопления поймы), стабильного весеннего паводка и повышенного уровня воды в июне. На уловы плотвы основное влияние оказывают температурный режим ($r = 0,54$) и позднее залитие поймы в мае ($r = -0,63$) (таблица).

Пополнение запасов леща не столько связано с гидрологическими условиями весеннего половодья,

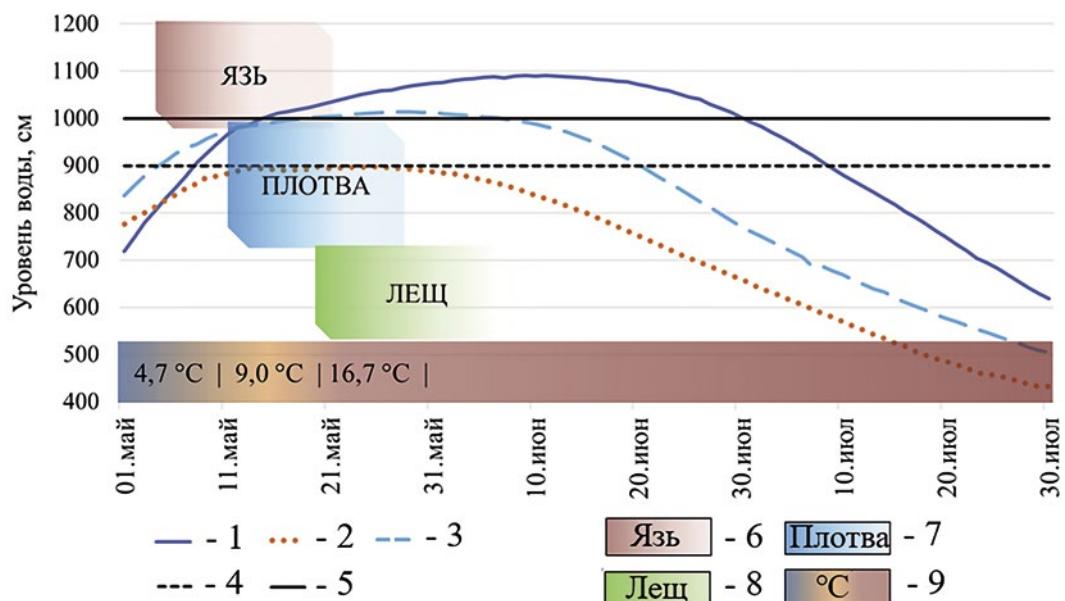


Рис. 5. Динамика уровня воды много-, средне-, и маловодных лет, с соотношением сроков нереста язя, плотвы и леща
Обозначения: 1 – многоводные годы (34 года); 2 – маловодные годы (21 год); 3 – средней водности года (18 лет); 4-20% отметка залития поймы; 5-60% отметка залития поймы; 6 – период нереста язя; 7 – период нереста плотвы; 8 – период нереста леща; 9 – температура воздуха в мае по декадам.

Fig. 5. Water Level Dynamics in Years of High, Medium, and Low Water, Showing the Spawning Timing Ratio of Ide, Roach, and Bream

Designations: 1 – high-water years (34 years); 2 – low-water years (21 years); 3 – average water content of the year (18 years); 4-20% floodplain flood mark; 5-60% floodplain flood mark; 6 – spawning period of ide; 7 – spawning period of roach; 8 – bream spawning period; 9 – air temperature in May by decade.

Таблица. Корреляция между показателями факторов среды и уловами
Table. Correlation between Environmental Factors and Catch Indicators

| Фактор | Уловы | | | | | | | |
|--|--------------|------|--------------|------|-------------|------|--------------|------|
| | Язь | | Плотва | | Лещ | | Общий вылов | |
| | r | p | r | p | r | p | r | p |
| Средний весенний уровень | 0,31 | 0,07 | 0,31 | 0,07 | 0,09 | 0,52 | 0,33 | 0,05 |
| Средний уровень в мае | 0,12 | 0,49 | 0,19 | 0,27 | -0,08 | 0,6 | 0,08 | 0,66 |
| Средний уровень в июне | 0,37 | 0,03 | 0,36 | 0,03 | -0,03 | 0,82 | 0,43 | 0,01 |
| Количество дней затопления поймы на 20% (>900 см) | 0,37 | 0,03 | 0,39 | 0,02 | 0,12 | 0,43 | 0,36 | 0,03 |
| Количество дней затопления поймы на 60% (>1000 см) | 0,40 | 0,02 | 0,30 | 0,08 | 0,06 | 0,69 | 0,42 | 0,01 |
| Средняя температура воздуха в мае | 0,16 | 0,36 | 0,54 | 0,01 | 0,47 | 0,01 | 0,37 | 0,02 |
| Средняя температура воды (в русле Оби) в мае | -0,16 | 0,35 | 0,01 | 0,98 | 0,51 | 0,01 | -0,21 | 0,21 |
| <i>Бинарные индикаторы</i> | | | | | | | | |
| Большая (≥60% поймы), продолжительная (≥16 дней) водность в июне | 0,35 | 0,04 | 0,14 | 0,41 | -0,15 | 0,31 | 0,39 | 0,02 |
| Малое (< 40) количество дней затопления 20% поймы в мае-июне | -0,52 | 0,01 | -0,51 | 0,01 | -0,08 | 0,61 | -0,51 | 0,01 |
| Позднее залитие 20% поймы в мае (< 10 дней во 2-й половине мая) | -0,34 | 0,04 | -0,63 | 0,01 | 0,12 | 0,42 | -0,38 | 0,02 |
| Интенсивный спад уровня в июне (> 10%) | -0,46 | 0,01 | -0,26 | 0,12 | 0,03 | 0,83 | -0,43 | 0,01 |

сколько с температурой в мае ($r = 0,47$ по температуре воздуха, $r = 0,51$ по температуре воды), поскольку его нерест начинается при прогреве воды до 12-13 °C [Попков и др., 2008] (см. рис. 4). При низкой температуре начало нереста сдвигается на более поздние сроки [Попов, 2007]. Слабая зависимость воспроизводства леща от гидрологических условий, а также уменьшение количества лет с холодным маевым в последние десятилетия (см. рис. 3) очевидно и обеспечило быстрый рост численности данного чужеродного вида в регионе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективность естественного воспроизводства аборигенных видов рыб (язя и плотвы) Средней Оби определяется своевременным залитием поймы в мае, более высоким и продолжительным её затоплением в июне. При этом каждый вид демонстрирует свою специфику реагирования на изменения условий среды. Язь более зависим от площади затопления, для него благоприятно залитие более 60% поймы, плотве достаточно продолжительного залития лишь 20% поймы. Но плотва чувствительна к температурному режиму и своевременному подъёму воды мае. Воспроизводство леща, в отличие от язя и плотвы, менее зависимо от гидрологических условий, но его воспро-

изводство менее эффективно при низких температурах в мае. Вероятно, это стало ключевым фактором роста уловов этого вида на Средней Оби, в условиях часто недостаточного затопления поймы в весенний период из-за регуляции уровня воды плотиной Новосибирской ГЭС и роста средних температур в результате изменения климата.

Благодарности

Авторы выражают признательность всем коллегам – сотрудникам Новосибирского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», в разные годы принимавшим участие в мониторинге состояния водных биологических ресурсов Средней Оби.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) № 24-26-00101.

ЛИТЕРАТУРА

- Берендеев С.Ф., Богданов В.Д., Богданова Е.Н., Бочарова Т.Н., Визер А.М., Визер Л.С. и др. 2006. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна. М.: Товарищество научных изданий КМК. 596 с.
- Вовк Ф.И. 1951. Рыбохозяйственное значение поймы Средней Оби и её мелиорация // Вестник Томского государственного университета. № 115. С. 18-46.
- Интересова Е.А., Ростовцев А.А. 2017. Современное состояние промыслового стада леща *Abramis brama* (L.) Средней Оби (в пределах Томской области) // Вестник рыболовства и рыбоводства. Т. 4. № 3(15). С. 12-19.
- Интересова Е.А., Ростовцев А.А. 2021. Уловы, возраст и рост плотвы *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) Средней Оби (в пределах Томской области) // Рыбоводство и рыбное хозяйство. № 4(183). С. 31-40.
- Иоганzen Б.Г., Петкевич А.Н., Марусенко Я.И. 1958. Пойма средней Оби и возможности улучшения её рыбохозяйственного использования // Известия ВНИИОРХ. Т. 44. С. 29-48.
- Коблицкая А.Ф. 1984. Ильменно-пойменные нерестилища дельты Волги и их значение в разных экологических условиях на примере нерестилищ нижней зоны дельты // Вопросы ихтиологии. Т. 2. Вып. 4. С. 587-589.
- Никольский Г.В. 1963. Экология рыб. М.: Высшая школа. 368 с.
- Попков В.К., Попкова Л.А., Рузанова А.И. 2008. Особенности экологии леща *Abramis brama* (L.) и последствия его акклиматизации в бассейне Средней Оби // Вестник Томского государственного университета. № 306. С. 154-157.
- Попов П.А. 2007. Рыбы Сибири: распространение, экология, вылов. Новосибирск: НГУ. 525 с.
- Ростовцев А.А., Интересова Е.А. 2015. Рыбные ресурсы Томской области // Рыбное хозяйство. № 5. С. 48-49.
- Ростовцев А.А., Хакимов Р.М., Интересова Е.А., Бабкина И.Б. 2015. Рыбохозяйственная мелиорация поймы Средней Оби: проблемы и перспективы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. № 1(242). С. 68-74.
- Савкин В.М. 2000. Эколо-географические изменения в бассейнах рек Западной Сибири. Новосибирск: Наука. 152 с.
- Трифонова О.В. 1982. Изменение условий воспроизводства весенненерестящих рыб Средней Оби в результате затопления стока реки // Экология. № 4. С. 68-73.
- Трифонова О.В. 1984. Рыбохозяйственная классификация водности Оби // Рыбное хозяйство. № 2. С. 33-35.
- Birnie-Gauvin K., Aarestrup K., Riis T.M., Jepsen N., Koed A. 2017. Shining a light on the loss of rheophilic fish habitat in lowland rivers as a forgotten consequence of barriers, and its implications for management // Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. V. 27. № 6. P. 1345-1349. DOI: 10.1002/aqc.2795.
- European Space Agency. 2024. Copernicus Global Digital Elevation Model // OpenTopography. DOI: 10.5069/G9028PQB. (24.07.2025).
- Kirpotin S.N., Callaghan T.V., Peregory A.M., Babenko A.S., Berman D.I., Bulakhova N.A. et al. 2021. Impacts of environmental change on biodiversity and vegetation dynamics in Siberia // Ambio. V. 50. DOI: 10.1007/s13280-021-01570-6
- Pratt O.P., Beesley L.S., Pusey B.J., Gwinn D.C., Keogh C.S., Douglas M.M. 2023. Brief floodplain inundation provides growth and survival benefits to a young-of-year fish in an intermittent river threatened by water development // Scientific Reports. V. 13. P. 17725. DOI: 10.1038/s41598-023-45000-x
- Stoffers T., Buijse A.D., Verreth J.A., Nagelkerke L.A. 2022. Environmental requirements and heterogeneity of rheophilic fish nursery habitats in European lowland rivers: current insights and future challenges // Fish and Fisheries. V. 23. № 1. P. 162-182.
- Tockner K., Stanford J.A. 2002. Riverine flood plains: present state and future trends // Environmental Conservation. V. 29. № 3. P. 308-330. DOI: 10.1017/S037689290200022X
- Welcomme R.L. 1985. Fisheries Ecology of Flood Plain Rivers (2nd ed., revised). London: Longman. 317 p.

REFERENCES

- Berendeev S.F., Bogdanov V.D., Bogdanova E.N., bocharova T.N., Vizer A.M., Vizqr L.S. et al. Ecology of Fish in the Ob-Irtysh Basin. [et al.]. Russian Academy of Sciences, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Tobolsk Biological Station. Moscow: KMK eScientific Press Ltd., 2006. 596 p. (In Russ.).
- Vovk F.I. 1951. Fishery significance of the Middle Ob floodplain and its reclamation // Bulletin of Tomsk State University. № 115. P. 18-46. (In Russ.).
- Interesova E.A., Rostovtsev A.A. 2017. Current state of the bream *Abramis brama* (L.) population in the Middle Ob (within the Tomsk region) // Bulletin of Fishery Science. V. 4. № 3(15). P. 12-19. (In Russ.).
- Interesova E.A., Rostovtsev A.A. 2021. Catches, age, and growth of roach *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) in the Middle Ob (within the Tomsk region) // Fish Farming and Fisheries. № 4(183). P. 31-40. (In Russ.).
- logansen B.G., Petkovich A.N., Marusenko Ya.I. 1958. The Middle Ob floodplain and possibilities for improving its fishery use // Izvestiya VNIIORKh. V. 44. P. 29-48. (In Russ.).
- Koblitskaya A.F. 1984. Floodplain spawning grounds in the Volga delta and their significance under different ecological conditions (case study of the lower delta) // Journal of Ichthyology. Vol. 2. № 4. P. 587-589. (In Russ.).
- Nikolsky G.V. 1963. Ecology of Fish. Moscow: Vysshaya shkola. 368 p. (In Russ.).
- Popkov V.K., Popkova L.A., Ruzanova A.I. 2008. Ecological features of bream *Abramis brama* (L.) and consequences of its acclimatization in the Middle Ob basin // Bulletin of Tomsk State University. № 306. P. 154-157. (In Russ.).
- Popov P.A. 2007. Fish of Siberia: Distribution, ecology, and catch. Novosibirsk: NSU. 525 p. (In Russ.).
- Rostovtsev A.A., Interesova E.A. 2015. Fishery resources of the Tomsk region // Fisheries. No. 5. P. 48-49. (In Russ.).

- Rostovtsev A.A., Khakimov R.M., Interesova E.A., Babkina I.B. 2015. Fishery reclamation of the Middle Ob floodplain: Problems and prospects // Siberian Bulletin of Agricultural Science. № 1(242). P. 68-74. (In Russ.).
- Savkin V.M. 2000. Ecological and geographical changes in the river basins of Western Siberia. Novosibirsk: Nauka. 152 p. (In Russ.).
- Trifonova O.V. 1982. Changes in the reproduction conditions of spring-spawning fish in the Middle Ob due to river flow regulation // Russian Journal of Ecology. № 4. P. 68-73. (In Russ.).
- Trifonova O.V. 1984. Fishery classification of the Ob River water content // Fisheries. № 2. P. 33-35. (In Russ.).
- Birnie-Gauvin K., Aarestrup K., Riis T.M., Jepsen N., Koed A. 2017. Shining a light on the loss of rheophilic fish habitat in lowland rivers as a forgotten consequence of barriers, and its implications for management // Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. V. 27. № 6. P. 1345-1349. DOI: 10.1002/aqc.2795.
- European Space Agency. 2024. Copernicus Global Digital Elevation Model // OpenTopography. DOI: 10.5069/G9028PQB. (24.07.2025).
- Kirpotin S.N., Callaghan T.V., Peregon A.M., Babenko A.S., Berman D.I., Bulakhova N.A. et al. 2021. Impacts of environmental change on biodiversity and vegetation dynamics in Siberia // Ambio. V. 50. DOI: 10.1007/s13280-021-01570-6
- Pratt O.P., Beesley L.S., Pusey B.J., Gwinne D.C., Keogh C.S., Douglas M.M. 2023. Brief floodplain inundation provides growth and survival benefits to a young-of-year fish in an intermittent river threatened by water development // Scientific Reports. V. 13. P. 17725. DOI: 10.1038/s41598-023-45000-x
- Stoffers T., Buijse A.D., Verreth J.A., Nagelkerke L.A. 2022. Environmental requirements and heterogeneity of rheophilic fish nursery habitats in European lowland rivers: current insights and future challenges // Fish and Fisheries. V. 23. № 1. P. 162-182.
- Tockner K., Stanford J.A. 2002. Riverine flood plains: present state and future trends // Environmental Conservation. V. 29. № 3. P. 308-330. DOI: 10.1017/S037689290200022X
- Welcomme R.L. 1985. Fisheries Ecology of Flood Plain Rivers (2nd ed., revised). London: Longman. 317 p.

Поступила в редакцию 18.09.2025 г.
Принята после рецензий 25.10.2025 г.

УДК 338.054.23

Экономика, международное сотрудничество и нормативные правовые основы рыбохозяйственной деятельности

Отраслевые инструменты обеспечения арктической безопасности РФ

Е.Э. Толикова^{1,2}, П.М. Багимов²

¹ Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (ФГАОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»), 2-я Бауманская ул., д.5, с. 1, Москва, 105005

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

E-mail: toleled@bmstu.ru

SPIN-код: Е.Э. Толикова – 7397-3074

Цель работы: рассчитать и определить уровень безопасности регионов Арктической Зоны РФ (Архангельская и Мурманская области, Республика Карелия) с помощью отраслевого совокупного критерия экономической безопасности. Исходя из полученных результатов разработать и предложить отраслевые инструменты обеспечения арктической безопасности.

Материалы и методы: применён метод эконометрического анализа и прогнозирования с использованием статистической оценки социально-экономических показателей Архангельской и Мурманской областей, Республики Карелия по критериям экономической безопасности.

Результаты: в анализируемый период Мурманская область показала высокий уровень арктической безопасности по отраслевым критериям ($K_{36} \geq 0$), тогда как Архангельская область и Республика Карелия получили отрицательные значения показателя ($K_{36} < 0$), что означает неустойчивость к отраслевым рискам и угрозам. Это объясняется снижением производственных показателей отраслевых хозяйствующих субъектов и отсутствием инноваций.

Новизна: получена прогнозная оценка вероятности наступления неблагоприятного сценария реализации угроз арктической безопасности РФ. Разработаны рекомендации по профилактике и минимизации последствий рисков для трёх арктических регионов.

Практическая значимость: динамика изменения стратегических показателей арктической безопасности является основанием для принятия управленических решений региональными органами власти и предпринимательским сообществом; может быть использована в целях предиктивного обоснования производственных, финансовых и инновационных преобразований отрасли.

Ключевые слова: рыбохозяйственный комплекс, Арктическая зона, экономическая безопасность, угрозы.

Industry tools for arctic security of Russian Federation

Elena E. Tolikova^{1,2}, Pavel M. Bagimov²

¹ N.E. Bauman Moscow State Technical University («N.E. Bauman MSTU»), 5, p. 1, 2nd Baumanskaya St., Moscow, 105005, Russia

² Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

The purpose of the work: to calculate and determine the level of Arctic security of the regions of the Arctic Zone of the Russian Federation (Arkhangelsk and Murmansk regions, the Republic of Karelia) using the sectoral aggregate criterion of economic security. Based on the results obtained, develop and propose industry-specific tools for ensuring Arctic security.

Materials and methods: the method of econometric analysis and forecasting was applied using a statistical assessment of socio-economic indicators of the Arkhangelsk and Murmansk regions, the Republic of Karelia according to economic security criteria.

Results: in the analyzed period, the Murmansk region showed a high level of Arctic security according to industry criteria, while the Arkhangelsk region and the Republic of Karelia received negative values of the indicator, which means instability to industry risks and threats. This is due to a decrease in the production indicators of sectoral economic entities and the lack of innovation.

Novelty: a forecast assessment of the likelihood of an unfavorable scenario for the implementation of threats to the Arctic security of the Russian Federation was obtained. Recommendations have been developed to prevent and minimize the consequences of risks for the three Arctic regions.

Practical significance: the dynamics of changes in strategic indicators of Arctic security is the basis for making management decisions by regional authorities and the business community; can be used for predictive justification of production, financial and innovative transformations of the industry.

Keywords: fishery complex, Arctic zone, economic security, threats.

ВВЕДЕНИЕ

Арктическая зона Российской Федерации (далее АЗРФ) – сухопутные территории, определённые Указом Президента Российской Федерации от 2 мая 2014 г. № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации¹», а также прилегающие к этим территориям внутренние морские воды, территориальное море, исключительная экономическая зона и континентальный шельф РФ. На территории Российской Арктики проживает 2,4 млн человек. Вклад Арктики в ВВП РФ ~10%.

Около 20% от общего вылова рыбы в России приходится на моря Северного рыболовного бассейна в тоннах и 40% в денежном выражении. Каждая десятая тонна пищевой рыбной продукции в России произведена мурманскими предприятиями. Доля трудоспособного населения в регионах АЗРФ составляет 59-68%.

В соответствии с «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» (утверждены Указом Президента РФ от 5 марта 2020 г. № 164²), национальные интересы РФ в Арктической зоне формулируются следующим образом:

1. Обеспечение суверенитета и территориальной целостности. Поддержание государственного суверенитета и территориальной целостности Российской Федерации посредством укрепления правовых и военных механизмов в Арктическом регионе, включая защиту границ и ресурсов от внешних угроз.

2. Сохранение зоны мира и партнёрства. Поддержание Арктики в качестве территории, характеризующейся стабильностью, отсутствием конфликтов и взаимовыгодным сотрудничеством между государствами, что способствует глобальной безопасности и международному диалогу.

3. Обеспечение качества жизни населения. Повышение уровня жизни и благосостояния жителей Арктической зоны Российской Федерации через развитие инфраструктуры, социальных услуг и экономических возможностей, направленных на устойчивое развитие региона.

4. Развитие ресурсной базы. Трансформация Арктической зоны в стратегическую ресурсную базу с рациональным использованием природных запасов (включая углеводороды, минералы и биологические ресурсы) для стимулирования экономического роста Российской Федерации, с учётом принципов устойчивости и экологической безопасности.

5. Развитие Северного морского пути. Формирование Северного морского пути как высокоефек-

тивной национальной транспортной коммуникации, конкурентоспособной на глобальном рынке, путём модернизации инфраструктуры, флота и логистических систем для обеспечения транзитных и экспортных потоков.

6. Охрана окружающей среды и защита коренных народов. Реализация мер по охране окружающей среды Арктики, включая минимизацию антропогенного воздействия, а также защиту традиционной среды обитания и образа жизни коренных малочисленных народов, проживающих в Арктической зоне Российской Федерации, посредством интеграции культурных и экологических аспектов в политику развития.

Данный перечень подчёркивает мультидисциплинарный подход к Арктической стратегии РФ, сочетающий геополитические, экономические, экологические императивы и другие направления, каждое из которых находится в зоне повышенных рисков вследствие непрерывных попыток внешних и внутренних противников/конкурентов Российской Федерации оказать деструктивное воздействие на её экзистенциальные интересы.

С учётом очевидности проистекающих от таких противников угроз пограничной, военной, экономической, транспортной, внутриполитической безопасности Российской Федерации в Арктической зоне, в целях объединения всех видов угроз по географическому признаку авторы статьи используют интегральный термин «Арктическая безопасность» (рис. 1).

Поскольку основным направлением деятельности ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» являются научно-исследовательские работы в сфере изучения водных биоресурсов и среды их обитания в интересах рыболово-промышленной отрасли, предметом исследования в статье являются экономические, продовольствен-



Рис. 1. Стrатегические направления обеспечения арктической безопасности

Fig. 1. Strategic areas of ensuring Arctic security

ные, экологические и отчасти внутриполитические аспекты арктической безопасности РФ, а его целью – выработка рекомендаций по их учёту в ходе реализации Арктической стратегии России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наиболее значимыми для проведённого исследования теоретическими концепциями являются труды В.К. Сенчагова [2013, 2014], заложившего основы современных понятий национальной и экономической безопасности РФ. В большей части, на его систему показателей отраслевой и региональной экономической безопасности авторы опирались при выборе методики анализа арктической безопасности.

В качестве модельных регионов были выбраны Мурманская, Архангельская области и Республика Карелия, объединяемые общим признаком – принадлежностью к Беломорью – части Российской Арктики, местное население которой исторически связано с добычей водных биоресурсов.

Материалы для анализа были получены из открытых источников Росстата, региональных органов власти, а также в процессе консультаций с должностными лицами региональных, муниципальных органов власти, собственниками и руководителями предприятий рыбохозяйственного комплекса, экспертами из числа представителей научного сообщества.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В контексте обеспечения национальной безопасности в Арктической зоне Российской Федерации выделяются следующие *ключевые угрозы*, требующие системного анализа и целенаправленных мер противодействия:

- Демографическая ситуация – наблюдается тенденция к сокращению численности населения Арктической зоны РФ, что негативно сказывается на социально-экономической стабильности и способности регионов обеспечивать устойчивое развитие.

- Недостаточная инфраструктурная обеспеченность – низкий уровень развития социальной, транспортной и информационно-коммуникационной инфраструктуры на сухопутных территориях Арктики, включая районы традиционного проживания коренных малочисленных народов, ограничивает экономический потенциал и качество жизни.

- Замедленные темпы геологического изучения – недостаточная интенсивность геологоразведочных работ в перспективных минерально-сырьевых центрах снижает возможности ресурсного обеспечения и экономического роста региона.

- Недостаток эффективной государственной поддержки хозяйствующих субъектов – дефицит системного механизма поддержки, направленного на снижение операционных издержек и управленческих рисков при реализации экономических проектов, затрудняет привлечение инвестиций и развитие бизнеса.

- Риски в развитии инфраструктуры Северного морского пути – несоблюдение установленных сроков по созданию ключевых элементов инфраструктуры, включая ледокольный, аварийно-спасательный и вспомогательный флоты, промежуточные порты обеспечения, негативно влияют на безопасность и конкурентоспособность указанного транспортного коридора.

- Низкий уровень развития специализированной техники – недостаточные темпы разработки и производства наземных транспортных средств и авиационной техники, адаптированных к суровым природно-климатическим условиям Арктики, а также отставание в развитии отечественных технологий, необходимых для эффективного освоения региона.

- Недостаточная готовность экологического мониторинга – существующая система мониторинга окружающей среды, функционирующая в Арктической зоне, не обладает необходимой степенью готовности для своевременного реагирования на экологические вызовы и угрозы.

Основными *вызовами в сфере обеспечения национальной безопасности* в Арктике являются:

1. Попытки пересмотра международного правового режима региона. Ряд иностранных государств предпринимает усилия по ревизии базовых положений международных договоров, регулирующих хозяйственную и иную деятельность в Арктике, с целью установления национальных правовых систем, игнорирующих существующие соглашения и региональные механизмы сотрудничества, что подрывает стабильность международных правоотношений.

2. Незавершённость международного разграничения морских пространств. Отсутствие окончательного правового определения арктических морских зон создаёт правовую неопределённость, способствуя территориальным спорам и потенциальным конфликтам интересов между арктическими государствами.

3. Воспрепятствование законной деятельности Российской Федерации. Иностранные государства и международные организации предпринимают попытки препятствовать реализации Российской Федерацией ее законных экономических, исследовательских и иных интересов в Арктике, что затрудняет уверенное развитие региона.

4. Наращивание военного присутствия и рост конфликтного потенциала. Увеличение военной активности иностранных государств в Арктике, включая развертывание вооружённых сил и средств, способствует эскалации напряжённости и повышению вероятности военных конфликтов в регионе, что напрямую угрожает внешней безопасности РФ.

5. Целенаправленные информационно-пропагандистские акции иностранных государств, направленные на подрыв репутации и легитимности российской политики в Арктике, могут ослаблять международную поддержку и усложнять дипломатические усилия.

Эти вызовы отражают динамику геополитических процессов в Арктике и требуют усиления дипломатических, военно-технических и информационных мер обеспечения национальной безопасности.

Ключевыми индикаторами, характеризующими эффективность реализации государственной политики Российской Федерации в Арктике, являются стратегические и тактические показатели, сгруппированные в табл. 1:

В контексте геополитических вызовов и растущей конкуренции за арктические ресурсы Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации на период до 2035 года определяет приоритетные на-

Таблица 1. Соотношение стратегических и тактических показателей обеспечения Арктической безопасности³

Table 1. Strategic and Tactical Arctic Security Ratio

| Стратегические показатели | Тактические показатели | Целевое значение к 2035 году |
|----------------------------------|--|------------------------------|
| 1. Геополитические | доля современных образцов вооружения, военной и специальной техники в общем количестве вооружения, военной и специальной техники в АЗРФ | - |
| | количество рабочих мест на новых предприятиях | 200 тыс. |
| | средняя заработка работников организаций | 212,1 тыс. руб. |
| 2. Экономические | доля валового регионального продукта, произведенного в Арктической зоне Российской Федерации, в суммарном валовом региональном продукте субъектов | 9,6% |
| | доля инвестиций в основной капитал, осуществляемых на территории АЗРФ, в суммарных инвестициях в основной капитал в РФ | 14% |
| | ожидаемая продолжительность жизни | 82 года |
| 3. Социальные | коэффициент миграционного прироста населения | 2 |
| | уровень безработицы | 4,4% |
| 4. Экологические и биологические | доля инвестиций в основной капитал, осуществляемых в целях охраны и рационального использования природных ресурсов, в суммарных инвестициях в основной капитал | 10% |
| | отраслевые показатели АПК и РХК (улов рыбы, добыча других водных биоресурсов) | - |
| | доля добавленной стоимости высокотехнологичных и научноёмких отраслей экономики в валовом региональном продукте | 11,2% |
| 5. Научно-технические | доля внутренних затрат на научные исследования и разработки, а также затрат организаций на технологические инновации, в суммарных внутренних затратах на научные исследования и разработки, а также в затратах организаций на технологические инновации в РФ | 4,5% |
| | доля домашних хозяйств, имеющих широкополосный доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в общем числе домашних хозяйств | 100% |
| 6. Инфраструктурные иресурсные | объём углеводородов, добытых в АЗРФ, в суммарном объёме сырой нефти | 26% |
| 7. Логистические | объём перевозок грузов в акватории Северного морского пути, в том числе транзитных перевозок | 130 млн тонн |

³ <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972>

правления для регионов Беломорья АЗРФ. Эти меры направлены на укрепление национальной безопасности, повышение экономической устойчивости и противодействие внешним угрозам.

Количественная оценка динамики развития Архангельской, Мурманской областей, Республики Карелия по показателям экономической безопасности представлена на рисунках, в числе которых: средняя заработка платы работников организаций, валовый региональный продукт, ожидаемая продолжительность жизни, уровень безработицы, улов рыбы, добыча других водных биоресурсов⁴, доля домашних хозяйств, имеющих широкополосный доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», объём перевозок грузов в акватории Северного морского пути, инвестиционные показатели.

Как показывает рис. 2 наибольшая заработка платы у работников сельскохозяйственного профиля в Мурманской области в 2023 году составила 324,30 тыс. рублей.

Рис. 3 иллюстрирует ситуацию производства наибольшего объема ВРП в Архангельской области, тогда как более значимый вес в общем объеме ВРП доли сельского хозяйства приходится на Мурманскую область.



Рис. 2. Средняя начисленная заработка платы работников организаций «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» в 2019, 2021 и 2023 г. [по данным Федеральной службы государственной статистики РФ, в тыс. руб.]

Fig. 2. Average accrued wages of employees of organizations «Agriculture, Forestry, Hunting, Fishing and Fish Farming» in 2019, 2021 and 2023 [according to the Federal State Statistics Service of the Russian Federation, in thousands of rubles]

⁴ <https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika/>

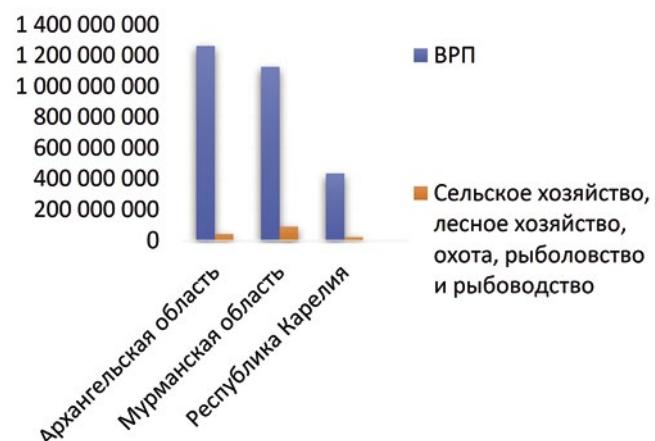


Рис. 3. Валовой региональный продукт в основных ценах (ОКВЭД 2) 2020-2023 гг. [по данным Федеральной службы государственной статистики РФ, в тыс. руб.]

Fig. 3. Gross regional product in basic prices 2020-2023 [According to the Federal State Statistics Service of the Russian Federation, in thousands of rubles]

Показатель продолжительности жизни в АЗРФ с 2018 по 2023 год сохраняется на уровне в пределах от 69 до 72 лет (целевой показатель Стратегии-2035-82 года).

Уровень безработицы в регионах АЗРФ устойчиво сокращается, что демонстрирует рис. 5.

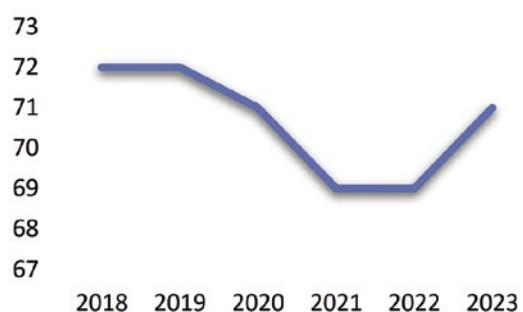


Рис. 4. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении на сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации 2018-2023 гг. [по Данным Федеральной службы государственной статистики РФ, лет]

Fig. 4. Life expectancy at birth in the land areas of the Arctic zone of the Russian Federation 2018-2023 [According to the Federal State Statistics Service of the Russian Federation, years]

Объем улова рыбы и добычи ВБР Беломорья за период 2022-2024 гг. представлены на рис. 6. Максимальные значения по данному показателю принадлежат Мурманской области.

По данным Росстата (рис. 7) доля домашних хозяйств регионов Беломорья, имеющих широкополос-

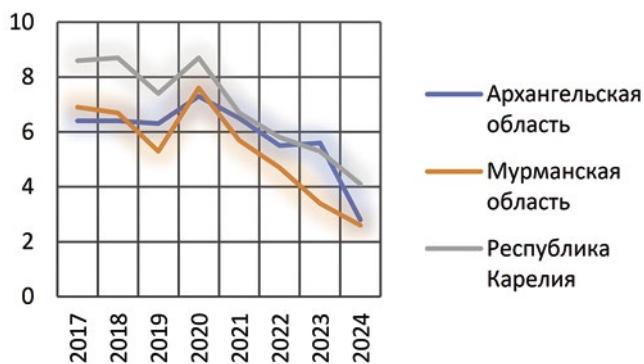


Рис. 5. Уровень безработицы в арктических регионах 2017-2024 гг. [по данным Федеральной службы государственной статистики РФ, в %]

Fig. 5. Unemployment rate in the Arctic regions 2017-2024
[According to the Federal State Statistics Service of the Russian Federation, in %]

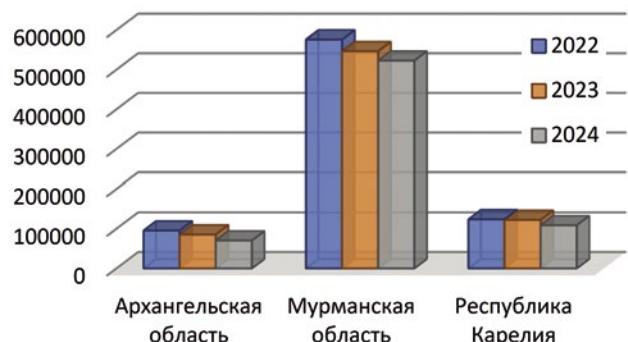


Рис. 6. Улов рыбы, добыча других водных биоресурсов 2022-2024 гг.

[по данным Федеральной службы государственной статистики РФ, все виды водных биоресурсов, тонн]

Fig. 6. Fish catch, extraction of other aquatic biological resources 2022-2024

[According to the Federal State Statistics Service of the Russian Federation, all types of aquatic biological resources, tons]

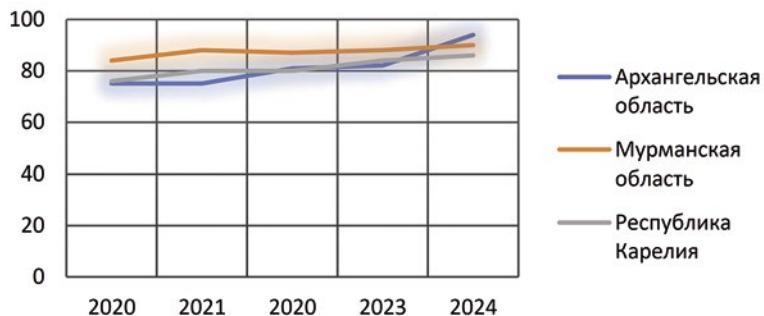


Рис. 7. Доля домашних хозяйств, имеющих широкополосный доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» 2020-2024 гг.

[по данным Федеральной службы государственной статистики РФ в %]

Fig. 7. Percentage of households with broadband access to the Internet 2020-2024

[According to the Federal State Statistics Service of the Russian Federation in %]

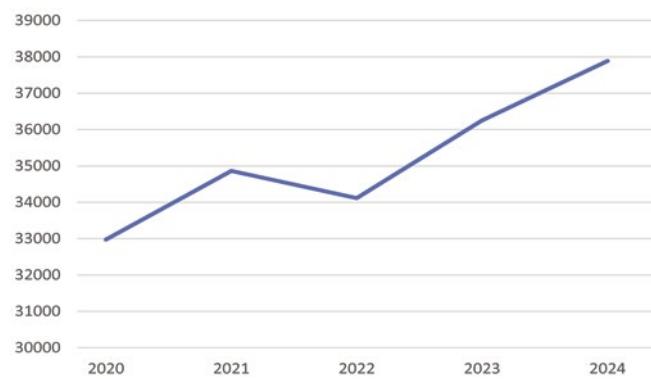


Рис. 8. Объем перевозок грузов в акватории Северного морского пути в РФ 2020-2024 гг. [по данным Федеральной службы государственной статистики РФ, в тыс. тонн]

Fig. 8. Volume of cargo transportation in the water area of the Northern Sea Route in the Russian Federation 2020-2024 [According to the Federal State Statistics Service of the Russian Federation, in thousands of tons]

ный доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», неуклонно растёт.

По данным (рис. 8) объём перевозок грузов в акватории СМП увеличился.

По данным (табл. 2) самый большой объём денежных средств из бюджетов различных уровней направлены в Мурманскую область, на втором месте Архангельская область.

Итак, полученные количественные оценки дают возможность провести сравнительный анализ показателей экономической безопасности трех регионов (рис. 9).

Таблица 2. Инвестиции в основной капитал по источникам финансирования и видам экономической деятельности в 2024 г. [по данным Федеральной службы государственной статистики РФ, в тыс. руб.]

Table 2. Investments in fixed assets by sources of financing and types of economic activity in 2024 [According to the Federal State Statistics Service of the Russian Federation, in thousands of rubles]

| | | |
|-----------------------|--|------------|
| | Бюджетные средства | 19 532 673 |
| | Бюджетные средства из федерального бюджета | 14 584 447 |
| Республика Карелия | Заёмные средства других организаций | 2 294 687 |
| | Инвестиции из-за рубежа | 1 497 |
| | Средства местного бюджета | 553 113 |
| | Бюджетные средства | 26 810 172 |
| Архангельская область | Бюджетные средства из федерального бюджета | 12 046 455 |
| | Заёмные средства других организаций | 2 838 032 |
| | Средства местного бюджета | 2 143 599 |
| | Бюджетные средства | 69 016 987 |
| Мурманская область | Бюджетные средства из федерального бюджета | 59 484 828 |
| | Заёмные средства других организаций | 41 969 893 |
| | Средства местного бюджета | 2 458 762 |

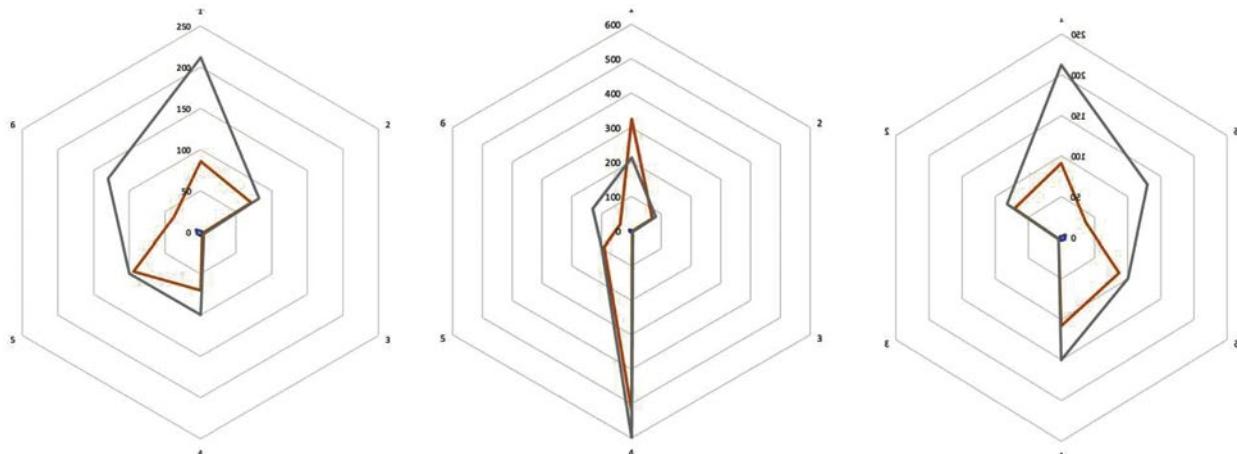


Рис. 9. Сравнение целевых показателей экономической безопасности с фактическими в Архангельской области, Мурманской области, Республики Карелия (слева направо). Обозначения: 1- заработка плата; 2 – продолжительность жизни; 3 – безработица; 4 – улов ВБР; 5 – Интернет домохозяйств; 6 – СМП

Fig. 9. Comparison of economic security targets with actual ones in the Arkhangelsk region, Murmansk region, Republic of Karelia (from left to right). Designations: 1- salary; 2 – life expectancy; 3 – unemployment; 4 – catch of biological resources; 5 – Internet households; 6 – Northern sea route

АНАЛИЗ

В целях получения точных данных об уровне обеспечения арктической безопасности применим методику расчёта показателя экономической безопасности по отраслевому признаку. Для этого вначале установим три оцениваемые сферы: производство отрасли в регионе, затраты на инновации отраслевыми хозяйствующими субъектами, и риски неэффективного выполнения отраслью показателей деятельности.

Для этого в табл. 3 рассчитаем изменение показателя ВРП по ОКВЭД «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство в основных ценах» в 2022 и 2023 году.

Затем в табл. 4 сгруппируем данные по затратам производителей отрасли на инновационную деятельность на основе информации по Мурманской области. Показатели по соответствующему показателю в Архангельской области и Республике Карелия в данных Федеральной службы государственной статистики РФ не представлены.

Таблица 3. Изменение показателя ВРП по ОКВЭД «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство в основных ценах» за 2022-2023 гг. [по расчётом авторов; в тыс. руб.]

Table 3. Change in the GRP indicator Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming in basic prices for 2022-2023. [according to the authors' calculations; in thousands of rubles]

| | 2022 | 2023 | ΔY_{nh} |
|--|------------|------------|-----------------|
| РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ | | | |
| Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство | 25 753 036 | 24 202 725 | - 1 550 311 |
| АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ | | | |
| Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство | 41 796 355 | 40 619 182 | - 1 177 173 |
| МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ | | | |
| Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство | 82 108 243 | 89 151 948 | 7 043 705 |

Таблица 4. Затраты организаций на инновационную деятельность в Мурманской области [по расчётом авторов; в тыс. руб.; значение показателя за год]

Table 4. Expenses of organizations for innovative activities in the Murmansk region [according to the authors' calculations; in thousands of rubles; value of the indicator for the year]

| | 2022 | 2023 | 2024 |
|--|-------------|-------------|----------|
| Переработка и консервирование рыбы, ракообразных и моллюсков | 1 471 663,5 | 1 413 038,1 | 30 220,1 |

Затем, рассчитаем уровень экономической безопасности регионов АЗРФ с помощью отраслевого совокупного критерия экономической безопасности по формуле 1:

$$OP_{\text{зб}} = \sum_{1}^R K_{\text{зб}} V_{\text{зк}}, \quad (1)$$

где: $OP_{\text{зб}}$ – отраслевой совокупный критерий экономической безопасности 3 регионов АЗРФ; $K_{\text{зб}}$ – значение критерия составляющей экономической безопасности региона; $V_{\text{зк}}$ – удельный вес значимости критериев (причем $V_{\text{зк1}} + V_{\text{зк2}} + \dots + V_{\text{зкп}} = 1$).

Используем формулу 2:

$$K_{\text{зб}} = \frac{Y_{\text{нр}}}{Y_{\text{нн}} + 3}, \quad (2)$$

где: $Y_{\text{нр}}$ – предотвращённый ущерб; $Y_{\text{нн}}$ – ущерб, понесённый по R-риску; 3 – затраты на реализацию мер по предотвращению ущерба.

Совокупную оценку экономической безопасности региона некоторые российские исследователи [Акбердина и др., 2017] представляют в виде функции, включающей в себя производственную, финансово-инвестиционную, инновационно-инвестиционную характеристики (формула 3). Авторы разделяют этот подход.

$$P_{\text{зб}} = f(P_{\text{нр}}, P_{\text{нн}}, P_{\text{фин}}) \quad (3)$$

где: $P_{\text{зб}}$ – показатель экономической безопасности региона; $P_{\text{нр}}$ – производственная составляющая; $P_{\text{нн}}$ – инновационная составляющая; $P_{\text{фин}}$ – финансовая составляющая.

$Y_{\text{нр}}$ трактуется в текущем исследовании как объём ВРП региона; $\Delta Y_{\text{нн}}$ – ущерб, который может понести регион вследствие неэффективной деятельности по ОКВЭД «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство»; 3 – показатель затрат организаций на инновационную деятельность в текущем году. Исходя из этой логики, в исследовании на основе анализа статистических показателей социально-экономического развития Архангельской, Мурманской областей и Республики Карелия количественно определены ключевые риски экономической безопасности региона и соответственно выбраны отраслевые инструменты, применение которых позволит осуществлять прогностическую функцию управления показателями арктической безопасности. Исходные данные для расчёта отраслевого совокупного уровня экономической безопасности Архангельской, Мурманской областей и Республики Карелия изложены в табл. 5.

Итак, отраслевой совокупный критерий арктической безопасности составил $OP_{\text{зб}} = -271,75$.

Таблица 5. Расчёт составляющих экономической безопасности регионов, в тыс. руб.

Table 5. Calculation of components of economic security of regions, in thousands of rubles

| З | y_{np} | $V_{зк}1,2,3$ | $K_{зб}$ |
|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Республика Карелия | - | 434 291 088 | 0,25 |
| Архангельская область | - | 1263 045 017 | 0,25 |
| Мурманская область | 1413 038 | 1127 497 336 | 0,5 |
| | | | 133 |

Примечание. -: данные отсутствуют

У Мурманской области $K_{зб} \geq 0$, Архангельская область и Республика Карелия имеют отрицательные показатели экономической безопасности ($K_{зб} < 0$), что означает неустойчивость к рискам и угрозам по критериям отрасли «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство».

Это объясняется снижением производственных показателей хозяйствующих субъектов отрасли и отсутствием инноваций (рис. 10).

Исходя из вышеизложенного и принимая $\Pi_{зб} = f(\Pi_{np}, \Pi_{uhr}, \Pi_{фин})$, ключевыми отраслевыми инструментами обеспечения арктической безопасности являются показатели, приведённые в рис. 11.

Мурманская область как ключевой арктический регион, устойчивый к рискам и угрозам, играет центральную роль в обеспечении транспортной связности и ресурсной базы РФ (табл. 6), имея высокий уровень отраслевой арктической безопасности.

Таблица 6. Производство рыбы в Мурманской области 2020-2024 гг. [по данным Мурманстата, тыс. тонн]

Table 6. Fish production in the Murmansk region 2020-2024 [according to Murmanstat data, thousand tons]

| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Производство рыбы | 448,5 | 496,9 | 475,0 | 448,5 | 448,1 |

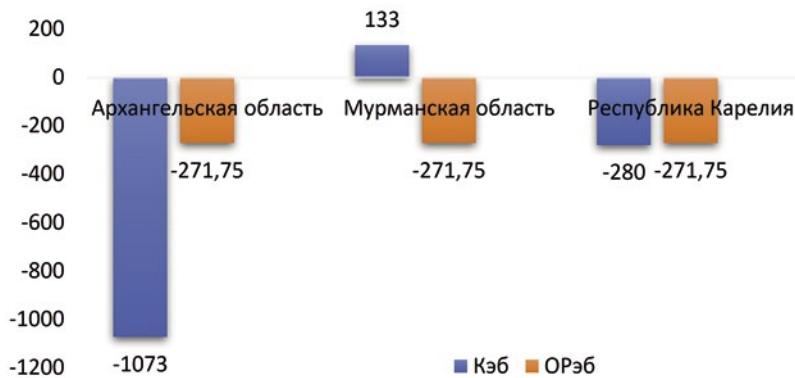


Рис. 10. Оценка арктической безопасности регионов
Fig. 10. Assessment of the economic security of the regions



Рис. 11. Применение отраслевых инструментов РХК в целях обеспечения арктической безопасности
Fig. 11. Application of FC-Tools for Arctic Security

Береговая переработка рыбы и морепродуктов в Мурманской области насчитывает более 40 рыбоперерабатывающих предприятий. Это организации и индивидуальные предприниматели, которые вместе обеспечивают работой более 1 тыс. человек. Около 93% всей рыбной продукции производится на промысле, непосредственно на борту судов рыбопромыслового флота.

За 2024 год объём выращивания товарной рыбы на предприятиях аквакультуры Мурманской области составил 54,9 тыс. тонн, что на 34,2% ниже показателя 2023 года. Объём реализации товарной рыбы составил 32,6 тыс. тонн. Снижение объёма выращивания рыбы в 2024 году связано с уменьшением поставок смолтов лосося от зарубежных поставщиков и влиянием неблагоприятных природно-климатических условий.

Основные направления реализации Стратегии-2035⁵ в Мурманской области включают:

- Комплексное развитие морского порта Мурманск. Модернизация инфраструктуры порта для повышения пропускной способности и эффективности обработки грузов, что способствует интеграции региона в глобальные транспортные цепочки и укреплению позиций РФ в Арктике.
- Комплексное развитие закрытых административно-территориальных образований и населённых пунктов с воинскими формированиями. Акцент на инфраструктурной модернизации и объектах двойного назначения, включая жилищно-коммунальные услуги и транспорт, для обеспечения социальной стабильности и военной готовности в условиях арктических вызовов.
- Создание и развитие предприятий морехозяйственного сервисного комплекса. Формирование центров для ремонта, снабжения судов, а также береговых баз, ориентированных на поддержку судоходства по Северному морскому пути, что повышает конкурентоспособность РФ в логистике и добыче ресурсов.
- Создание и развитие центра строительства крупнотоннажных морских сооружений. Инвестиции в специализированные мощности для производства конструкций, способствующие развитию нефтегазового сектора и инфраструктуры.
- Развитие энергетической инфраструктуры. Переход от мазутной теплогенерации к альтернативным источникам энергии, что снижает экологические риски и повышает энергоэффективность в регионе.
- Развитие рыбозаводского комплекса. Техническое перевооружение предприятий, строительство

флота, ввод мощностей по глубокой переработке водных биологических ресурсов и развитие аквакультуры, с учётом сохранения биоресурсов, для обеспечения продовольственной безопасности и экономического роста [Митин и др., 2025].

В Республике Карелия Стратегия-2035 подчёркивает интеграцию региона в арктическую инфраструктуру с фокусом на модернизацию транспортных коридоров и инновационные кластеры.

В 2024 году в рыбной отрасли Республики Карелия осуществляли деятельность 269 хозяйствующих субъектов, в том числе в океаническом рыболовстве – 10, в рыболовстве на внутренних водоёмах – 164 (из них на Белом море 27, на пресноводных водоёмах 137), в товарном рыбоводстве 79 (из них в береговой переработке 21) и 16 специализированных рыбоперерабатывающих предприятий.

Республика Карелия входит в число лидеров по объёмам выращивания объектов аквакультуры, занимая третье место от общего объёма по стране (~8,5%) и первое место по объёму выращивания аквакультурной форели (~50%). Основным объектом аквакультуры в регионе является форель, в меньших объёмах выращивается сиг, осётр и мидии.

Ключевые направления развития в отдельных муниципальных образованиях Республики Карелия:

- Модернизация Беломорско-Балтийского канала. Улучшение навигационных условий и инфраструктуры канала для повышения эффективности грузоперевозок и связи между Балтийским и Белым морями, что укрепляет логистическую безопасность РФ.
- Создание каскадов малых гидроэлектростанций. Развитие возобновляемой энергетики при условии подтверждения спроса и экономической эффективности, что способствует декарбонизации и энергетической независимости региона.
- Создание сети центров обработки и хранения данных. Внедрение высокоскоростных отечественных решений для цифровой инфраструктуры, обеспечивающей обработку больших данных и поддержку инноваций в условиях арктических вызовов.
- Развитие рыбозаводского кластера. Расширение предприятий аквакультуры и рыбоперерабатывающих мощностей для устойчивого использования водных ресурсов, способствующее диверсификации экономики и снижению зависимости от импорта.

Архангельская область служит мостом между европейской частью РФ и арктическими территориями, где Стратегия-2035 предполагает модернизацию портов и кластеров.

Океанический промысел в Архангельской области осуществляется 19 предприятиями региона, за-

⁵ <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972>

действующими 19 рыболовных судов, находящихся на их балансе. Регион занимает более 8,6% от общего объёма уловов рыбы Северного бассейна и 1,5% от общероссийского показателя.

Основные объекты морского промысла: треска, пикша, краб, северная креветка, палтус и морской окунь. В 2024 году объём добычи в открытом море составил 69 тыс. тонн, включая 1,01 тыс. тонн морских водорослей, а объём добычи во внутренних водах составил 1,16 тыс. тонн водных биоресурсов. Товарным рыбоводством занимаются 6 организаций, произведшие в 2024 году 208 тонн товарной рыбы, преимущественно радужной форели.

Основные направления обеспечения экономической безопасности в Архангельской области включают:

- Повышение конкурентоспособности морского порта Архангельск. Модернизация терминалов, дноуглубление, создание глубоководных районов и логистических комплексов с внедрением цифровых систем управления, что усиливает роль порта в экспорте ресурсов.
 - Развитие транспортной инфраструктуры. Улучшение железнодорожных магистралей, водных путей и автомобильных дорог для связи порта Архангельск с регионами Северо-Запада, Урала и Сибири, включая оценку проектов новых участков, что повышает транспортную связность и безопасность.
 - Развитие судостроительной и судоремонтной промышленности. Формирование дополнительных мощностей для производства оборудования и конструкций для шельфовой добычи нефти и газа, способствующее технологической независимости и развитию энергетического сектора.
 - Развитие рыбопромышленного кластера. Строительство и модернизация флота, создание предприятий по переработке водных ресурсов, развитие биотехнологий и аквакультуры [Колончин, Бетин, 2022; Колончин и др., 2024].
- С учётом изложенного, следующие предложения, разработанные авторами для развития РХК в Беломорье для Архангельской, Мурманской областей, Республики Карелия будут способствовать обеспечению продовольственной безопасности в АЗРФ, и в российской экономике в целом:
- Развивать перспективные технологии глубокой переработки продукции из морских видов рыбы.
 - Развивать направление прибрежного рыболовства и любительской рыбалки.
 - Создать интегрированную программу развития и стимулирования добычи промысловых беспозвоночных.
 - Восстановить промысел и переработку морских млекопитающих в двух регионах: Архангельской и Мурманской областях.
 - Сформировать предложения в разрабатываемую Росрыболовством Государственную программу «Водоросли» по усилению в ней роли Беломорского кластера и повышению производительности предприятий регионов Беломорья.
 - Предприятиям регионов рекомендовать использовать налоговые льготы для повышения эффективности финансово-экономической деятельности при соответствии требованиям «резидента Арктической зоны».
 - Предприятиям регионов рекомендовать установить взаимодействие с РЭЦ – Российским Экспортным Центром для выхода на новые рынки сбыта продукции из водорослей и морских млекопитающих.
 - Исследовать лучшие практики культивирования водорослей и внедрять их в Белом море.
 - По примеру Архангельской области создать программу развития РХК для остальных регионов, и совершенствовать нормативную правовую и методическую регуляторную базу.
 - Создавать кооперационные формы решения проблем рыбохозяйственных предприятий (коопeração в сбыте, коопeração в хранении).
 - Реализовать региональную акселерационную программу вузов по трекам инновационного развития технологий рыболовства и рыбоводства для предприятий РХК.
 - Совершенствовать профориентационную работу со школьниками региона.
 - Развивать образовательные проекты в рамках подготовки специалистов по направлениям РХК, востребованным в регионе.
 - Усилить сотрудничество научно-исследовательских институтов и промышленных партнёров для достижения научных результатов с «УГТ 9».
 - Развивать направление научных исследований «Биоэкономика» с использованием математических методов прогнозирования и моделирования условий функционирования РХК.
 - Обеспечить потребности отрасли в кадрах высокой квалификации с современными (цифровыми) компетенциями.
 - Учесть региональные запросы при подготовке кадров на уровне СПО, вузов, в аспирантуре на основе требований отраслевых профессиональных стандартов.
 - Использовать нефинансовые механизмы мотивации кадров.

- Организовать курсы повышения квалификации с использованием современных онлайн-технологий и привлечением ведущих специалистов.
- Увеличить количество активных пользователей цифровых решений в отрасли.
- Повысить количество специалистов-практиков, обладающих цифровыми компетенциями.
- Разработать платформенное решение по созданию единой справочно-информационной базы данных для юридических и физических лиц, заинтересованных в месте, размере промысла, а также дальнейшего хранения и переработки рыбы, промысловых беспозвоночных, водорослей.
- Увеличить долю цифровых бизнес-процессов предприятий регионов.

Эти направления отражают комплексный подход к реализации Стратегии-2035, направленный на минимизацию угроз и максимизацию преимуществ регионов для национальной и продовольственной арктической безопасности.

Итак, в контексте геополитической динамики Арктического региона Китай выступает как ключевой азиатский партнёр России, способствуя реализации проектов, направленных на развитие энергетической инфраструктуры и транспортной логистики.

Однако такое сотрудничество сопряжено с фундаментальными стратегическими различиями, которые могут повлиять на национальные интересы РФ и других арктических государств.

Россия и Китай активно развивают партнёрство в области производства и транспортировки сжиженного природного газа (СПГ), что укрепляет экономические связи и способствует диверсификации экспорта РФ. Ключевые проекты включают:

- Проекты «Ямал СПГ» и «Арктик СПГ 2». Китайские компании участвуют в финансировании, строительстве и эксплуатации этих предприятий на Ямале. Это обеспечивает поставки СПГ в Азию, снижая зависимость РФ от европейских рынков и повышая конкурентоспособность Северного морского пути как альтернативного маршрута.

- Китайские инвестиции способствуют развитию портовой инфраструктуры, включая терминалы для экспорта угля, что интегрирует регион в глобальные цепочки поставок и поддерживает экономический рост Мурманской области.

- Китай предоставляет критические технологии и флот для транспортировки СПГ, включая специализированные танкеры и оборудование для газовых проектов, что минимизирует логистические риски и ускоряет реализацию Стратегии-2035 в части модернизации энергетической инфраструктуры.

Эти инициативы способствуют взаимным выгодам, укрепляя позиции РФ в Арктике и обеспечивая Китаю доступ к ресурсам, однако они также усиливают зависимость от азиатского партнёра в ключевых секторах.

Несмотря на практическое сотрудничество, арктическая стратегия Китая не полностью соответствует подходам арктических государств, включая Россию, что создаёт потенциальные риски для национальной безопасности. Анализ выявил следующие аспекты:

1. Глобализация Арктики как «достояния человечества». Дипломатически Китай настаивает на интернационализации региона, подчёркивая его роль в глобальном климате и экономике.

2. Китай предлагает «инклюзивную» систему управления Арктикой, предполагающую более широкое участие неарктических государств в принятии решений.

Эти различия отражают более широкие геополитические тренды, где Китай стремится к расширению влияния в Арктике через экономические рычаги, в то время как РФ подчёркивает суверенитет и безопасность.

Сотрудничество с Китаем способствует реализации Стратегии-2035, но стратегические расхождения подчёркивают необходимость диверсификации партнёрств и укрепления суверенных позиций РФ в Арктике.

Арктический регион обладает значительными природными ресурсами, включая ископаемое топливо (нефть, газ, уголь), алмазы, цветные и чёрные металлы, редкоземельные металлы, а также биоресурсы: лес, рыба [Селин, Башмакова, 2010]. Согласно Стратегии-2035, эти активы должны стать фундаментом для воспроизводства добавленной стоимости, способствуя модернизации всей российской экономики.

Это предполагает:

- Вместо сырьевого экспорта акцент на создание высокотехнологичных продуктов.

- Арктика рассматривается как пилотный регион для формирования высокотехнологичной ресурсной экономики, интегрирующей технологии искусственного интеллекта, робототехники и возобновляемых источников энергии в добычу и логистику. Это включает разработку «умных» месторождений и цифровых платформ для мониторинга ресурсов, что повышает эффективность и снижает издержки.

Такие меры не только укрепляют экономическую независимость РФ, но и создают синергию с международными партнёрами в рамках ЕАЭС и БРИКС, за счёт совместных инновационных проектов в энергетике, логистике, РХК.

Защита окружающей среды выступает *ключевым драйвером* перехода от экстенсивных (ресурсоёмких и загрязняющих) методов освоения к интенсивным (эффективным и ресурсосберегающим). Стратегия-2035 подчёркивает интеграцию экологических стандартов в экономическую деятельность:

- Арктика может стать моделью для всей России, где инновации в экотехнологиях (к примеру, зелёный водород, рециклинг отходов) минимизируют воздействие на экосистему. Это включает строгий мониторинг биоразнообразия и климата, с использованием спутниковых данных и ИИ для прогноза изменений.
- Переход способствует *устойчивому развитию*, снижая риски для естественного воспроизведения гидробионтов, одновременно повышая привлекательность регионов АЗРФ для инвестиций.

Новые отраслевые и региональные приоритеты Стратегии-2035 позволяют Арктике стать катализатором инноваций для всей России, но требуют отраслевой и межсекторной координации и инвестиций в НИОКР [Колмаков и др., 2025].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Часть предложений авторов по развитию РХК в регионах Беломорья уже в процессе подготовки настоящей статьи нашли отклик в региональных органах исполнительной власти и предпринимательской среде.

Так, при участии авторов сделаны первые шаги по возрождению промысла морских млекопитающих, не обоснованно свёрнутого под внешним воздействием в 2009 году; начаты работы по переводу добычи и переработки морских водорослей на новый высокотехнологичный уровень.

Заинтересованность бизнеса и власти в сотрудничестве с наукой подтверждают правильность сделанных выводов.

Благодарности

Авторы выражают признательность сотрудникам правительства Архангельской и Мурманской областей за возможность ознакомления с региональными программами развития отрасли, планами и программами социально-экономического развития прибрежных районов, иными материалами, а также представителям рыбохозяйственных предприятий Беломорья, согласившимся поделиться сведениями о проблемах и успехах своего бизнеса.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Исследования проводились за счёт собственных внебюджетных средств ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» в рамках реализации Программы исследований эстуарно-прибрежных зон Российской Арктики, принятой на коллегии ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» 28-29 июня 2023 года.

ЛИТЕРАТУРА

Akberdina V. V., Grebenkin A. V., Smirnova O. P. 2017. Comprehensive tools for assessing the economic security of sectors of the economy: regional aspect // Regional economy. T. 13. № 4. С. 1264-1279.

Senchagov V. K. 2013. Strategic threats and risks in the economic sphere // Civil protection strategy: problems and research. Vol. 3. № 2. p. 120-141.

Senchagov V. K. 2014. Methodology for determining the threshold values of the main (priority) risk factors and

Colonchuk K. V., Batin O. I. 2022. XXI century – century of Arctic // Trudy VNIRO. T. 188. С. 5-12. DOI: 10.36038/2307-3497-2022-188-5-12

Colonchuk K. V., Serigin C. N., Belyaev V. A., Tazetdinov P. P. 2024. Methodology for assessing water resources in the Arctic // Economy, Labor, Management in Agriculture. № 7 (113). С. 3-14.

Kolmakov A. N., Tolikova E. E., Sharja M. B. 2025. Evolution and development of scientific-technological infrastructure of the fishery complex // Economy, Labor, Management in Agriculture. № 3 (121). С. 164-175.

Mitin S. G., Colonchuk K. V., Serigin C. N., Tazetdinov P. P. 2025. Assessment of water resources in the Arctic seas for their industrial development and processing // Economy, Labor, Management in Agriculture. № 3 (121). С. 176-187

Selin B. C., Bashmakova E. P. 2010. The significance of northern and Arctic territories in new geoeconomic conditions // Region: economy and sociology. № 3. С. 23-39.

REFERENCES

Akberdina V. V., Grebenkin A. V., Smirnova O. P. 2017. Comprehensive tools for assessing the economic security of sectors of the economy: regional aspect // Regional economy. T. 13. № 4. p. 1264-1279.

Senchagov V. K. 2013. Strategic threats and risks in the economic sphere // Civil protection strategy: problems and research. Vol. 3. № 2. p. 120-141.

Senchagov V. K. 2014. Methodology for determining the threshold values of the main (priority) risk factors and

threats to the economic security of economic entities // Economics. Taxes. Right. № 4. p. 73-78.

Kolonchin K.V., Betin O.I. 2022. XXI century – the century of the Arctic // Proceedings of VNIRO. T. 188. p. 5-12. DOI: 10.36038/2307-3497-2022-188-5-12

Kolonchin K.V., Seregin S.N., Belyaev V.A., Tazetdinov R.R. 2024. Methodology for assessing the reserves of aquatic biological resources in the Arctic seas // Economics, Labor, Management in agriculture. № 7 (113). p. 3-14.

Kolmakov A.N., Tolikova E.E., Sharia M.V. 2025. Evolution and development of scientific and technological infrastructure of the fishery complex //Economy, Labor, Management in agriculture. № 3 (121). p. 164-175.

Mitin S.G., Kolonchin K.V., Seregin S.N., Tazetdinov R.R. 2025. Assessment of reserves of aquatic biological resources in the Arctic seas for their industrial development and processing // Economics, Labor, Management in Agriculture. № 3 (121). p. 176-187

Selin V.S., Bashmakova E.P. 2010. The importance of the northern and Arctic territories in the new geo-economic conditions for the development of Russia // Region: economics and sociology. № 3. p. 23-39.

Поступила в редакцию 27.09.2025 г.
Принята после рецензий 15.10.2025 г.

УДК 338.45

Экономика, международное сотрудничество и нормативные правовые основы рыбохозяйственной деятельности

Оценка влияния цифровизации на результативность организаций рыболовства и аквакультуры

О.Г. Огий

Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»), Советский пр-т, д.1, г. Калининград, 236022

E-mail: oksana.ogij@kltu.ru

SPIN-код: О.Г. Огий – 3125-9206

Цель работы: оценить влияние различных факторов цифровизации на финансовую и производственную результативность организаций рыболовства и аквакультуры, установить связи между ключевыми параметрами цифровизации и показателями результативности. **Используемые методы:** информационную базу исследования составили статистические материалы и отчётность предприятий по использованию цифровых технологий. Основными методами исследования выступили расчёты показателей финансовой и производственной результативности рыболовства и аквакультуры по всем рыбохозяйственным бассейнам с учётом динамики организационной структуры и среднегодового числа работников. Выявление характера и степени зависимости факторов цифровизации и результативности осуществлялось построением корреляционной матрицы на основе двусторонней корреляции Пирсона. Характер воздействия отдельных цифровых технологий на факторы эффективности установлен на основе расчёта индекса воздействия. **Новизна:** проведён динамический анализ финансовой и производственной результативности рыболовства и аквакультуры по бассейновому принципу. Установлена взаимозависимость существенных параметров цифровизации и результативности рыбохозяйственных организаций. **Результат:** проведена динамическая, сравнительная и корреляционная оценка влияния цифровизации на производственную и финансовую результативность организаций рыболовства и аквакультуры в рыбохозяйственных бассейнах. Определено воздействие цифровых технологий на различные параметры эффективности организаций рыболовства и аквакультуры. **Практическая значимость:** результаты могут быть использованы для формирования и корректировки стратегии цифровой трансформации на микро- и мезоуровнях рыбохозяйственной экономики. Методика применима для оценки и разработки проектов повышения уровня цифровой зрелости предприятий рыболовства и аквакультуры.

Ключевые слова: отраслевая экономика, цифровизация, результативность, рыболовство, аквакультура, рыбохозяйственный бассейн.

Assessing the impact of digitalization on the performance of fisheries and aquaculture organizations

Oksana G. Ogly

Kaliningrad State Technical University («KSTU»), 1, Sovetsky Prospekt, Kaliningrad, 236022, Russia

The purpose: to assess the impact of various digitalization factors on the financial and production performance of fisheries and aquaculture organizations, to establish links between the key digitalization parameters and performance indicators. **Methods used:** the information base of the study consisted of statistical materials and reports of enterprises on the use of digital technologies. The main methods of the study were the calculations of financial and production performance indicators of fisheries and aquaculture for all fishery basins, taking into account the dynamics of the organizational structure and the average annual number of employees. The nature and degree of dependence of digitalization factors and performance was identified by constructing a correlation matrix based on the two-sided Pearson correlation. The nature of the impact of individual digital technologies on performance factors was established based on the calculation of the impact index. **Novelty:** a dynamic analysis of the financial and production performance of fisheries and aquaculture was carried out according to the basin principle. The interdependence of the essential parameters of digitalization and performance of fishery organizations was established. **Result:** a dynamic, comparative and correlation assessment of the impact of digitalization on the production and financial performance of fisheries and aquaculture organizations in fishery basins was carried out. The impact of digital technologies on various parameters of the efficiency of fisheries and aquaculture organizations was determined. **Practical significance:** the results can be used to form and adjust the digital transformation strategy at the micro and meso levels of the fisheries economy. The methodology is applicable to assessing and developing projects to increase the level of digital maturity of fisheries and aquaculture enterprises.

Keywords: Industry economics, digitalization, efficiency, fisheries, aquaculture, fisheries basin.

ВВЕДЕНИЕ

Динамичное развитие экономики рыбохозяйственного комплекса связано с процессами цифровой трансформации, общий вектор которой определён в Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года,¹ где в качестве новой точки роста определена цифровизация их подотраслей.

Отраслевая цифровизация – многоуровневый процесс. На первом уровне реализуются процессы разработки и использования цифровых сервисов, платформенных решений, инициатором которых выступает отраслевой регулятор – Федеральное агентство по рыболовству и созданные им профильные структуры, такие как, например, Центр системы мониторинга рыболовства и связи. Второй уровень составляют функционирующие цифровые инструменты смежных и связанных отраслей, включая курирующих их органов власти, которые так или иначе вовлечены в экономику рыбохозяйственного комплекса (транспорт, судостроение, машиностроение, банки, ритейл, связь и др.), а значит собирают, хранят и обмениваются данными, разрабатывают цифровые сервисы, предназначенные для широкого совместного использования [Александров и др., 2024]. Третий уровень формируют процессы цифровизации основной рыбохозяйственной деятельности, связанные с использованием цифровых технологий, сервисов и данных организациями, занимающимися рыболовством, рыбоводством и переработкой водных биологических ресурсов. На этом уровне отраслевой цифровизации происходят наиболее сложные процессы, в которые вовлечены многочисленные организации с разным уровнем используемых технологий и техники; многообразием структур, стилей и культуры управления; разными внутренними и внешними стратегиями. Вместе с тем, процессы цифровизации именно этого уровня в долгосрочной перспективе определят успешность цифровой трансформации всего рыбохозяйственного комплекса как элемента национальной и глобальной экономики; его устойчивость и конкурентоспособность, в той части, в которой они зависят от степени цифровой зрелости.

Уровень цифровизации предприятий как первичного звена отрасли в значительной степени определяют потенциал её интеграции, степень управляемости и устойчивости [Прямухина, Шенко, 2021; Дусаева и др., 2021; Akkerman, 2021²; Черданцев и др., 2022;

Бетин и др., 2022; Колончин и др., 2022; Rowan, 2023], а также уровень и масштабность рисков, связанных с цифровой трансформацией [Труба, Братарчук, 2024]. Всесторонний анализ процессов цифровизации на этом уровне отраслевой экономики представляется актуальной и важной задачей в контексте успешной реализации стратегии развития рыбохозяйственного комплекса. Следует отметить, что проведение таких исследований затруднено ввиду неполноты или отсутствия данных об уровне, характере и технологиях цифровизации предприятий рыбохозяйственного комплекса. Результаты немногочисленных исследований предприятий и групп компаний помогают понять отдельные аспекты проблемы [Бекарев и др., 2022; Харин, 2024; Sun et al., 2024], но их практически невозможно презентировать на уровень мезо- и макроэкономического обобщения.

В этой работе представлены результаты анализа взаимосвязей показателей цифровой трансформации с финансовыми и производственными результатами предприятий, данные по которым отобраны по ОКВЭД 2 03.1 рыболовство и 03.02 рыбоводство и сгруппированы по рыбохозяйственным бассейнам. Коммерческое рыболовство является наиболее индустриально развитым сектором отечественного рыбохозяйственного комплекса с большой историей промышленного развития. Рыбоводство представляет собой интенсивно развивающийся, растущий сегмент отраслевой экономики с двумя подотраслями: производством рыбопосадочного материала и более молодой товарной аквакультурой. В этом контексте сравнительный анализ традиционного (рыболовства) и более молодого (аквакультура) секторов рыбохозяйственной экономики с точки зрения модернизационных процессов, например, цифровой трансформации, представляется интересной исследовательской задачей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки характера процессов цифровизации в секторе рыболовства и в аквакультуре использовался динамический ряд значений индекса и субиндексов цифровой трансформации, рассчитанных по годам, начиная с 2016 года. Анализ факторной нагрузки реализован за счёт тематических субиндексов: КПЦ – кадровый потенциал (компетентностная поддержка) цифровизации; ИФЦ – инфраструктура и финансирование цифровизации; ИСТ – использование сквозных технологий цифровой экономики; ЦУП – цифровизация управления производством и бизнес-процессами. Методика такой интегральной индексной оценки и порядок расчёта субиндексов подробно представлены в [Огий, 2024].

¹ <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202209120021>

² Akkerman D. 2021. Digital Transformation: What's in It for Your Business? // PECB Insights. <https://insights.pecb.com/digital-transformation-whats-for-your-business> 24.03.2025

Результативность в данном исследовании рассматривается как совокупный факторный параметр, определяемый финансовыми и производственными показателями, интерпретируемыми в форме двухуровневой иерархической оценки: 1) по рыбохозяйственным бассейнам (РХБ); 2) по секторам (подотраслям): рыболовству и аквакультуре. Такой подход позволяет проводить сравнительный анализ, устанавливать влияние отраслевой структуры на динамику и характер экономических процессов; оценивать сопряжённости, выявлять диспропорции.

Результативность определялась для «условной организации» и для «условного работника» каждого рыбохозяйственного бассейна.

Финансовая результативность рассчитывалась как отношение кумулятивного сальдинированного финансового результата (прибыль минус убыток) организаций к: 1) их численности (результативность условной организации); 2) среднегодовой численности их работников (результативность условного работника); в рыболовстве и аквакультуре (раздельно) по каждому рыбохозяйственному бассейну. Асимметрия распределения значений финансовой результативности по рыбохозяйственным бассейнам в аквакультуре составила 4,57 для условного работника и 4,74 для условной организации; в рыболовстве – 2,73 для условного работника, 3,72 для условной организации. С учётом этого был использован метод сглаживания экстремальных значений по формуле:

$$\tilde{x}_t^b = \sqrt[n]{x_t^b}, \quad (1)$$

где \tilde{x}_t^b – нормализованное сглаживание значение финансовой результативности в b -м рыбохозяйственном бассейне в t -м году; x_t^b – фактическое исходное значение финансовой результативности в b -м рыбохозяйственном бассейне в t -м году; n – степень асимметрии.

Расчёт производственной результативности осуществлялся по аналогии с финансовой, но как отношение объёма производства сектора к: 1) числу организаций и 2) среднегодовой численности работников каждого рыбохозяйственного бассейна. В качестве объёма производства использовалось кумулятивное значение показателей по каждому рыбохозяйственному бассейну: 1) улова и добычи водных биологических ресурсов (ВБР) для сектора рыболовства; 2) производства товарной аквакультуры и рыбопосадочного материала для сектора аквакультуры.

Показатели финансовой и производственной результативности также были рассчитаны на каждый год в период с 2016 по 2023 гг.

Для анализа динамики и характера распределения значений результативности в разных рыбохозяй-

ственных бассейнах применялась диаграмма рассеяния (scatter plot) с расчётом скользящей средней раздельно по секторам – рыболовству и аквакультуре.

С целью выявления характера и степени зависимости параметров цифровизации и результативности применена корреляционная матрица с расчётом значения двухсторонней корреляции Пирсона для каждой возможной пары переменных. На основе анализа значений матрицы мы установили в какой степени значения субиндексов и интегрального индекса цифровой трансформации ассоциированы с рассчитанными показателями финансовой и производственной результативности «среднебассейновых» работника и организации, названных нами «условными».

Дополнительно проведена оценка влияния отельных цифровых технологий на слагаемые эффективности организации. Анализ проведён на основе расчёта индекса воздействия раздельно для рыболовства и аквакультуры по данным выборочного статистического обследования организаций по формуле (2):

$$I_{impact} = \frac{(+1)a + (0)b + (-1)c}{N} = \frac{a - c}{N}, \quad (2)$$

где число предприятий: a – указавших на «положительное воздействие» технологии; b – указавших «отсутствие воздействия»; c – указавших «отрицательное воздействие»; N – обследованных всего, отобранных раздельно по 03.1 и 03.2 ОКВЭД 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ многолетней динамики улова и добычи ВБР в сопоставлении с объёмом производства товарной аквакультуры и рыбопосадочного материала выявляет растущий тренд в обоих секторах, с 2016 года замедляющийся в рыболовстве и нарастающий в аквакультуре (рис. 1).

Вместе с тем, объём производства аквакультуры всё ещё значительно меньше (в 13,4 раза к концу 2023 года) объёма выловленной рыбы. Наиболее продуктивным рыболовными рыбохозяйственными бассейнами (РХБ) являются Дальневосточный, Северный и Западный (табл. 1). При этом на долю Дальневосточного РХБ приходится более 70% всех добытых ВБР.

Следует отметить, что рост объёмов добычи ВБР наблюдается только в Дальневосточном РХБ, во всех остальных РХБ обратная тенденция, выраженная в сокращении вылова.

Аквакультура наиболее продуктивно развивается в Волжско-Каспийском, Азово-Черноморском и Северном РХБ. В анализируемый период интенсивно росли объёмы производства товарной аквакультуры в Дальневосточном РХБ (в 7,2 раза).

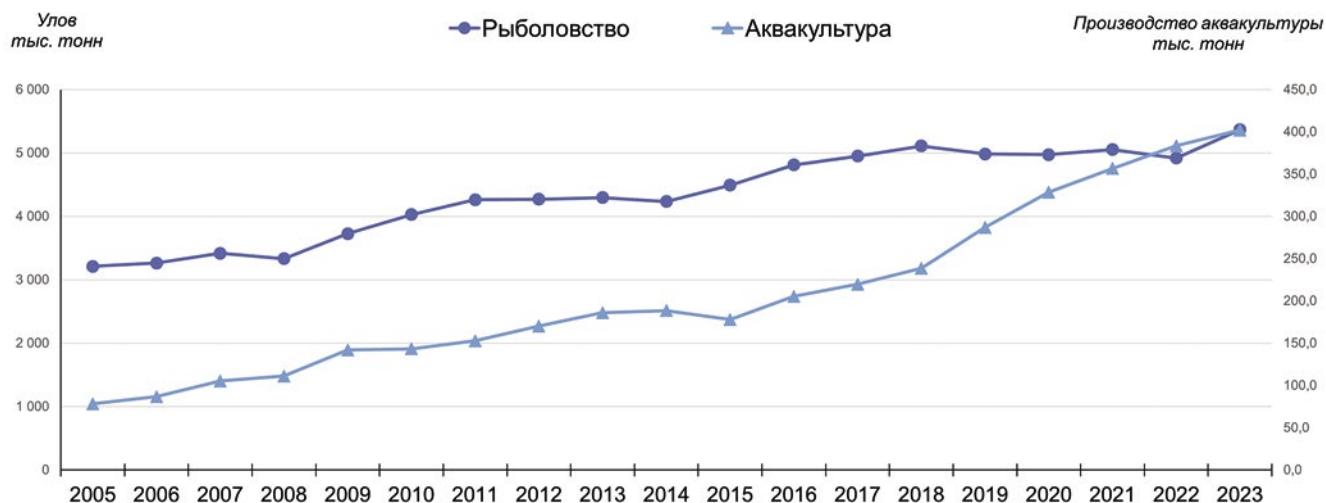


Рис. 1. Сравнение динамики объемов производства в рыболовстве и аквакультуре, тыс.т
Рассчитано автором по данным Росстата

Fig. 1. Comparison of the dynamics of production volumes in fisheries and aquaculture, thousand tons

Таблица 1. Динамика объемов производства по рыбохозяйственным бассейнам, тыс.т

Table 1. Dynamics of production volumes by fishery basins, thousand tons

| РХБ/ Годы | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Улов и добыча ВБР | | | | | | | | |
| Азово-Черноморский | 132,7 | 115,1 | 87,4 | 79,0 | 71,9 | 70,5 | 52,6 | 58,5 |
| Байкальский | 4,6 | 5,5 | 4,3 | 4,7 | 4,6 | 3,9 | 3,4 | 2,6 |
| Волжско-Каспийский | 100,0 | 94,1 | 81,9 | 65,7 | 74,1 | 83,6 | 84,2 | 76,6 |
| Восточно-Сибирский | 6,9 | 7,1 | 6,2 | 6,5 | 6,2 | 6,0 | 5,8 | 5,9 |
| Дальневосточный | 3234,7 | 3250,1 | 3605,2 | 3529,2 | 3662,7 | 3678,4 | 3654,9 | 4154,8 |
| Западно-Сибирский | 85,5 | 91,5 | 67,5 | 54,1 | 61,0 | 61,1 | 65,7 | 58,2 |
| Западный | 330,2 | 382,2 | 336,2 | 293,6 | 291,1 | 281,0 | 245,7 | 247,6 |
| Северный | 917,3 | 1006,1 | 921,1 | 950,7 | 803,2 | 868,8 | 808,0 | 764,2 |
| Производство товарной аквакультуры и рыбопосадочного материала | | | | | | | | |
| Азово-Черноморский | 92,9 | 84,9 | 108,3 | 62,5 | 92,7 | 91,0 | 85,5 | 116,3 |
| Байкальский | 0,2 | 0,1 | 1,8 | 2,6 | 3,1 | 0,2 | 3,2 | 3,0 |
| Волжско-Каспийский | 52,5 | 53,7 | 55,5 | 119,1 | 108,6 | 117,2 | 139,7 | 200,2 |
| Восточно-Сибирский | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,001 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,005 |
| Дальневосточный | 8,2 | 8,6 | 9,5 | 17,7 | 34,2 | 40,2 | 52,2 | 59,3 |
| Западно-Сибирский | 15,0 | 28,2 | 16,6 | 58,0 | 32,4 | 31,6 | 33,8 | 17,6 |
| Западный | 10,4 | 11,2 | 12,4 | 14,2 | 5,8 | 5,9 | 5,0 | 1,4 |
| Северный | 26,1 | 33,1 | 34,6 | 12,7 | 51,8 | 70,6 | 64,1 | 4,2 |

По данным Росстата и ФГБУ ЦСМС

Начиная с 2014 года, оба основных сектора рыбохозяйственного комплекса демонстрируют рост сальдированного финансового результата (прибыль минус убыток), более устойчивый в рыболовстве и волнобразный (с четырехлетними фазами падения/роста) в аквакультуре (рис. 2).

По итогам 2023 года финансовый результат сектора аквакультуры в 5,4 раза меньше, чем в рыболовстве, что значительно лучше показателя объема производства. Вместе с тем, финансовая результативность в бассейновой структуре отражает большую волатильность показателя (табл. 2).

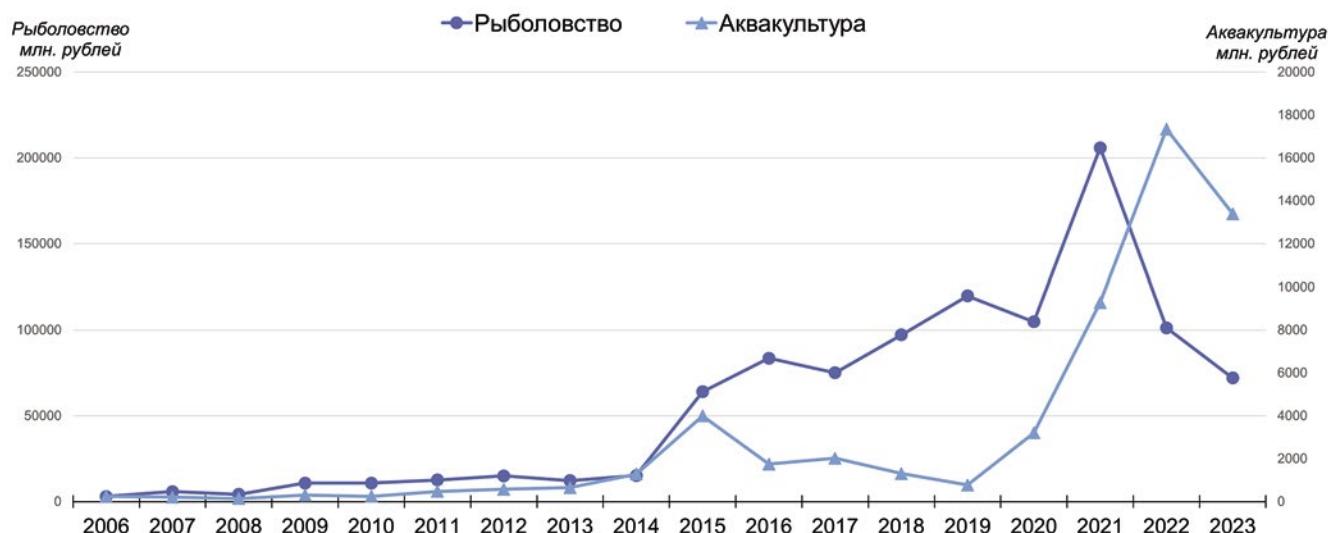


Рис. 2. Сравнительная динамика сальдированного финансового результата рыболовства и аквакультуры, млн руб. По данным Росстата

Fig. 2. Comparative dynamics of the balanced financial result of fisheries and aquaculture, million rubles

Таблица 2. Динамика сальдированного финансового результата организаций рыболовства и аквакультуры по рыболово- хозяйственным бассейнам, млн руб.

Table 2. Dynamics of the balanced financial result of fisheries and aquaculture organizations by fishery basins, million rubles

| РХБ/ Годы | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|
| <i>Рыболовство</i> | | | | | | | | |
| Азово-Черноморский | 25 | 43,1 | 35 | 20 | 23 | 7 | 4,4 | 3 |
| Байкальский | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Волжско-Каспийский | 65,4 | 109 | 414,2 | 125,1 | 65,1 | 3435,2 | 3339,3 | 6183 |
| Восточно-Сибирский | 0 | 7 | 2 | 5 | 185 | 0,2 | 1 | 3 |
| Дальневосточный | 48209 | 36413 | 40704 | 59616 | 40294 | 99539 | 63580 | 46276 |
| Западно-Сибирский | 72 | 15 | 15 | 23,6 | 26 | 53 | 252,3 | 78 |
| Западный | 5888 | 3497 | 5204 | 5137 | 6823,1 | 6511 | 331 | 4605 |
| Северный | 29362 | 35014 | 50849 | 55013 | 57436 | 96378 | 33792 | 14931 |
| <i>Рыбоводство</i> | | | | | | | | |
| Азово-Черноморский | 101 | 57 | 81 | 104 | 89 | 163 | 114 | 58 |
| Байкальский | 15 | 6 | 2 | 2,2 | 0,2 | 41 | 0,06 | 0,09 |
| Волжско-Каспийский | 1152 | 291,1 | 163,6 | 128,7 | 282,1 | 135 | 189,7 | 431,3 |
| Восточно-Сибирский | 4 | 1 | 3 | 6 | 0,07 | 0,1 | 2 | 26 |
| Дальневосточный | 0 | 284 | 358,1 | 134 | 37 | 1 | 0,2 | 1 |
| Западно-Сибирский | 70 | 69 | 253 | 153 | 29,1 | 159 | 234 | 236 |
| Западный | 47 | 15,2 | 34,4 | 22,1 | 79 | 12 | 169 | 397 |
| Северный | 362 | 1298 | 412 | 223 | 2688 | 8768 | 16633 | 12246 |

По данным Росстата и ФГБУ ЦСМС

Так, в рыболовстве более высокая финансовая результативность в сравнении с добывчей за последние три года анализируемого периода зафиксирована в Волжско-Каспийском РХБ. В секторе аквакультуры

наибольший сальдированный финансовый результат достигнут в Северном РХБ, который по объёму производства занимает 3-4 позиции. Азово-Черноморский РХБ при больших объёмах производства аквакуль-

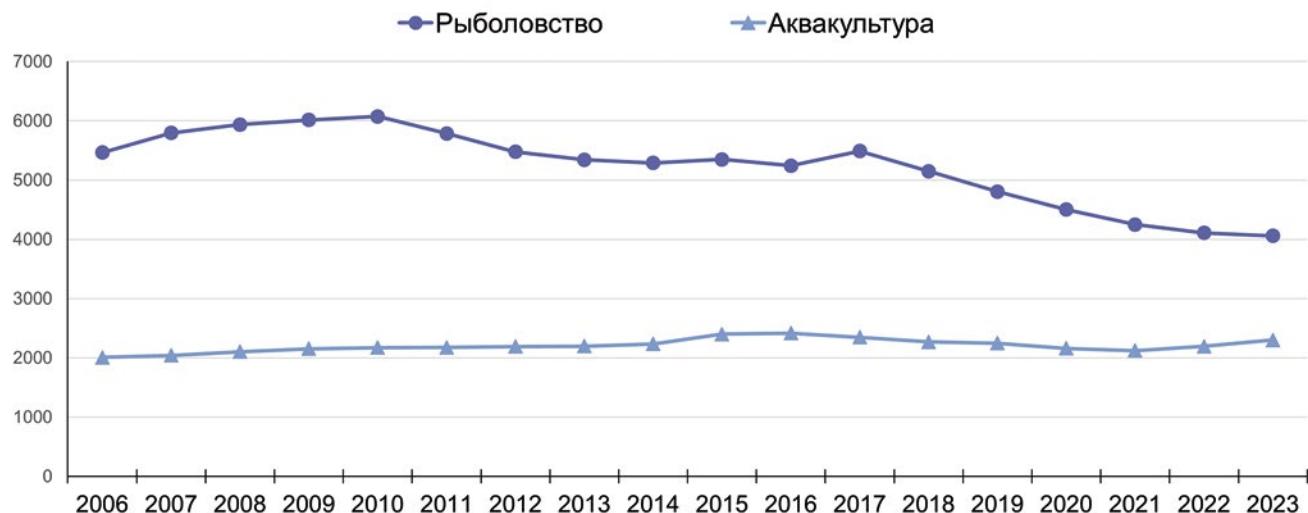


Рис. 3. Сравнительная динамика числа организаций рыболовства и аквакультуры
По данным Росстата

Fig. 3. Comparative dynamics of the number of fisheries and aquaculture organizations

туры имеет меньшую финансовую результативность, чем Западный и Западно-Сибирский РХБ.

Проанализируем динамику организационной структуры рассматриваемых подотраслей. На рис. 3 представлена многолетняя динамика числа организаций рыболовства и аквакультуры.

В секторе рыболовства количество организаций, достигнув пика в 2010 году – 6073 ед., снижалось. Под влиянием тренда на усиление регуляторики промысла, а также череды слияний и поглощений на отраслевом рынке, к началу 2024 года организационная структура «добытчиков» насчитывала 4058 предприятий. Сопоставляя эти данные с ростом объёмов добычи (рис. 1), можно назвать реализованную отраслевую стратегию в отношении структуры рыбободобывающей подотрасли оптимизационной. Отметим, что снижение количества организаций рыболовства происходило во всех РХБ (табл. 3).

Количество организаций в секторе аквакультуры, напротив, хоть и незначительно, но растёт, что свойственно формирующемуся хозяйственным комплексам и растущим рынкам. Причиной такого «осторожного» характера роста является бассейновая разнонаправленность изменения структуры (табл. 3). В Западном РХБ количество организаций аквакультуры росло; в Волжско-Каспийском, Западно-Сибирском, Байкальском РХБ снижалось; в Азово-Черноморском и Северном РХБ волнообразно после спада переходило в рост; в Дальневосточном и Восточно-Сибирском РХБ количество организаций в анализируемый период колеблется

в определённом диапазоне без существенного изменения.

Важным критерием всех известных моделей цифровой трансформации бизнеса выступает человеческий капитал [Verhoef, 2021; Yu, 2024; Baiyere et al., 2025]. В конечном счете, успех цифровизации зависит от того, кто определяет и реализует её стратегию, план действий, а также от того, какова готовность работников воспринимать новации и, в дальнейшем, использовать цифровые технологии. Компетентностная (качественная) составляющая человеческого капитала цифровизации оценена при расчёте субиндекса КПЦ. Качественная составляющая для дальнейшей оценки сформирована при помощи динамического ряда кумулятивного показателя среднегодовой численности работников в подотраслях (рис. 4) по рыбозаводственным бассейнам (табл. 4).

В рыболовстве восьмилетний тренд снижения среднегодовой численности работников, после 2015 года сменился плавным ростом до 2018 года с дальнейшей стабилизацией. Однако, в численности работников рыбозаводственных бассейнов эта тенденция не повторяется. Во всех РХБ среднегодовая численность работников рыболовецких компаний сокращалась весь анализируемый период. Исключение составили Дальневосточный РХБ, где она поступательно увеличивалась, и Северный РХБ, где она оставалась стабильной, меняясь незначительно (табл. 4).

В аквакультуре динамика среднегодового количества работников носит разнонаправленный характер в различных РХБ. Так, поступательный рост

Таблица 3. Динамика числа организаций рыболовства и аквакультуры по рыбохозяйственным бассейнам
Table 3. Dynamics of the number of fisheries and aquaculture organizations in fishery basins

| РХБ/ Годы | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Рыболовство</i> | | | | | | | | |
| Азово-Черноморский | 431 | 471 | 436 | 405 | 367 | 337 | 305 | 295 |
| Байкальский | 81 | 74 | 70 | 69 | 67 | 63 | 64 | 62 |
| Волжско-Каспийский | 829 | 882 | 763 | 678 | 620 | 568 | 551 | 543 |
| Восточно-Сибирский | 138 | 137 | 134 | 128 | 125 | 120 | 121 | 123 |
| Дальневосточный | 2521 | 2608 | 2510 | 2393 | 2255 | 2156 | 2079 | 2061 |
| Западно-Сибирский | 605 | 618 | 592 | 554 | 529 | 504 | 502 | 509 |
| Западный | 288 | 327 | 291 | 268 | 241 | 228 | 214 | 205 |
| Северный | 349 | 373 | 354 | 311 | 298 | 274 | 272 | 260 |
| <i>Аквакультура</i> | | | | | | | | |
| Азово-Черноморский | 521 | 510 | 491 | 469 | 473 | 479 | 499 | 537 |
| Байкальский | 33 | 28 | 26 | 25 | 24 | 23 | 24 | 23 |
| Волжско-Каспийский | 963 | 966 | 926 | 916 | 837 | 820 | 856 | 896 |
| Восточно-Сибирский | 3 | 4 | 8 | 9 | 8 | 6 | 6 | 7 |
| Дальневосточный | 241 | 193 | 196 | 207 | 202 | 187 | 177 | 187 |
| Западно-Сибирский | 338 | 341 | 325 | 324 | 314 | 302 | 303 | 305 |
| Западный | 154 | 161 | 159 | 155 | 153 | 163 | 183 | 192 |
| Северный | 163 | 143 | 137 | 142 | 148 | 143 | 146 | 153 |

По данным Росстата

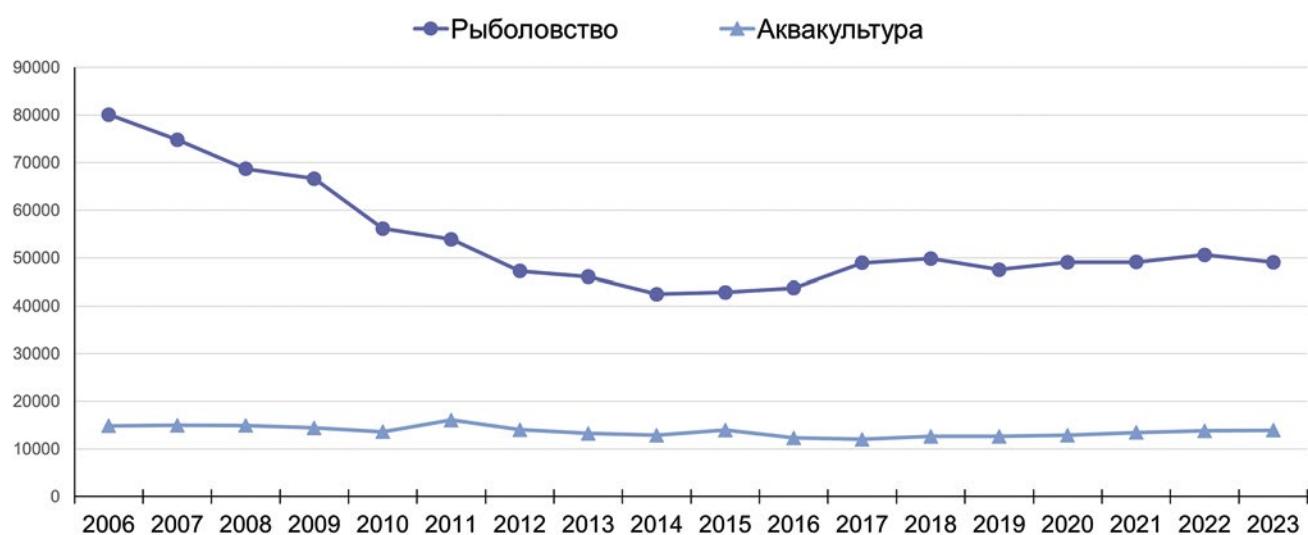


Рис. 4. Сравнительная динамика среднегодовой численности работников сектора рыболовства и аквакультуры, чел. По данным Росстата

Fig. 4. Comparative dynamics of the average annual number of workers in fisheries and aquaculture, persons

Таблица 4. Среднегодовая численность работников организаций рыболовства и аквакультуры по рыболово-запасным бассейнам, чел.**Table 4.** Average annual number of employees in fisheries and aquaculture organizations by fishery basins, persons

| РХБ/Годы | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Рыболовство</i> | | | | | | | | |
| Азово-Черноморский | 2769 | 2007 | 1785 | 1515 | 1701 | 1502 | 1362 | 980 |
| Байкальский | 66 | 148 | 123 | 147 | 57 | 67 | 72 | 74 |
| Волжско-Каспийский | 4846 | 3866 | 3265 | 2622 | 2434 | 2482 | 2487 | 2165 |
| Восточно-Сибирский | 473 | 387 | 452 | 429 | 431 | 331 | 273 | 225 |
| Дальневосточный | 22065 | 28978 | 31130 | 30442 | 32608 | 32824 | 34540 | 33642 |
| Западно-Сибирский | 3047 | 2905 | 2649 | 2446 | 2370 | 2318 | 2075 | 1965 |
| Западный | 2581 | 2765 | 2505 | 2169 | 2062 | 1957 | 1849 | 2195 |
| Северный | 7897 | 7892 | 7967 | 7765 | 7406 | 7629 | 7960 | 7842 |
| <i>Аквакультура</i> | | | | | | | | |
| Азово-Черноморский | 3273 | 3215 | 2922 | 2884 | 2603 | 2234 | 2552 | 2711 |
| Байкальский | 263 | 242 | 233 | 235 | 228 | 213 | 218 | 180 |
| Волжско-Каспийский | 4536 | 3898 | 4609 | 4581 | 4794 | 5162 | 4998 | 4824 |
| Восточно-Сибирский | 24 | 41 | 42 | 51 | 51 | 51 | 56 | 55 |
| Дальневосточный | 1324 | 1044 | 1285 | 1339 | 1413 | 1518 | 1413 | 1348 |
| Западно-Сибирский | 845 | 954 | 1183 | 975 | 1015 | 1216 | 1135 | 1325 |
| Западный | 895 | 1174 | 928 | 943 | 928 | 993 | 1111 | 914 |
| Северный | 1148 | 1433 | 1441 | 1615 | 1850 | 2054 | 2313 | 2546 |

По данным Росстата и ФГБУ ЦСМС

наблюдается в Северном, Восточно-Сибирском РХБ, а снижение – в Байкальском РХБ; колебательное снижение, сменяющееся фазой роста и наоборот, в Азово-Черноморском, Дальневосточном, Волжско-Каспийском РХБ. В остальных РХБ изменение численности работников аквакультуры незначительно и имеет колебательный характер.

Анализ многолетней динамики основных показателей экономики двух важнейших подотраслей рыболово-запасного комплекса позволяет говорить, во-первых, о разнонаправленности тенденций развития рыболовства и аквакультуры; во-вторых, о неоднородности бассейновой структуры отраслевой экономики, которая существенно различается направленностью процессов, имеет характерную кластерную структуризацию и в рыболовстве, и в аквакультуре, обладает признаками диспропорциональности. Однако, эти выводы не дают ответа на вопрос «насколько такая динамика отвечает требованиям модернизационной стратегии и цифровой трансформации отрасли?». Для этого необходимо проанализировать насколько полученные результаты отвечают поставленным целям, т. е. оценить результативность [Armstrong, Baron, 2005]. Распределение рассчитанных значений

производственной и финансовой результативности условного работника рыболово-запасного бассейна представлены на рис. 5.

В секторе рыболовства наиболее высокая производственная результативность условного работника наблюдается в Западном, Северном и Дальневосточном РХБ, которые образуют кластер лидеров, чьи значения далеко отстоят от всех остальных РХБ и формируют эксклюзивный характер отраслевого среднего скользящего (рис. 5 А). Значения финансовой результативности условного работника в рыболовстве ещё более неравномерно распределены. Кластер тех же лидеров, что и в производственной результативности, дополнился прочно закрепившимся в нём Волжско-Каспийским РХБ, вышедшем по итогам 2023 года на лидирующие позиции. Распределение Значения финансовой результативности условного работника остальных четырёх РХБ «зажато» в десятом перцентиле распределения (рис. 5 А).

В секторе аквакультуры не наблюдается выраженной кластеризации, характерной для рыболовства (рис. 5 Б). Распределение значений производственной результативности условного работника аквакультуры не имеет значительного разброса (за исключением

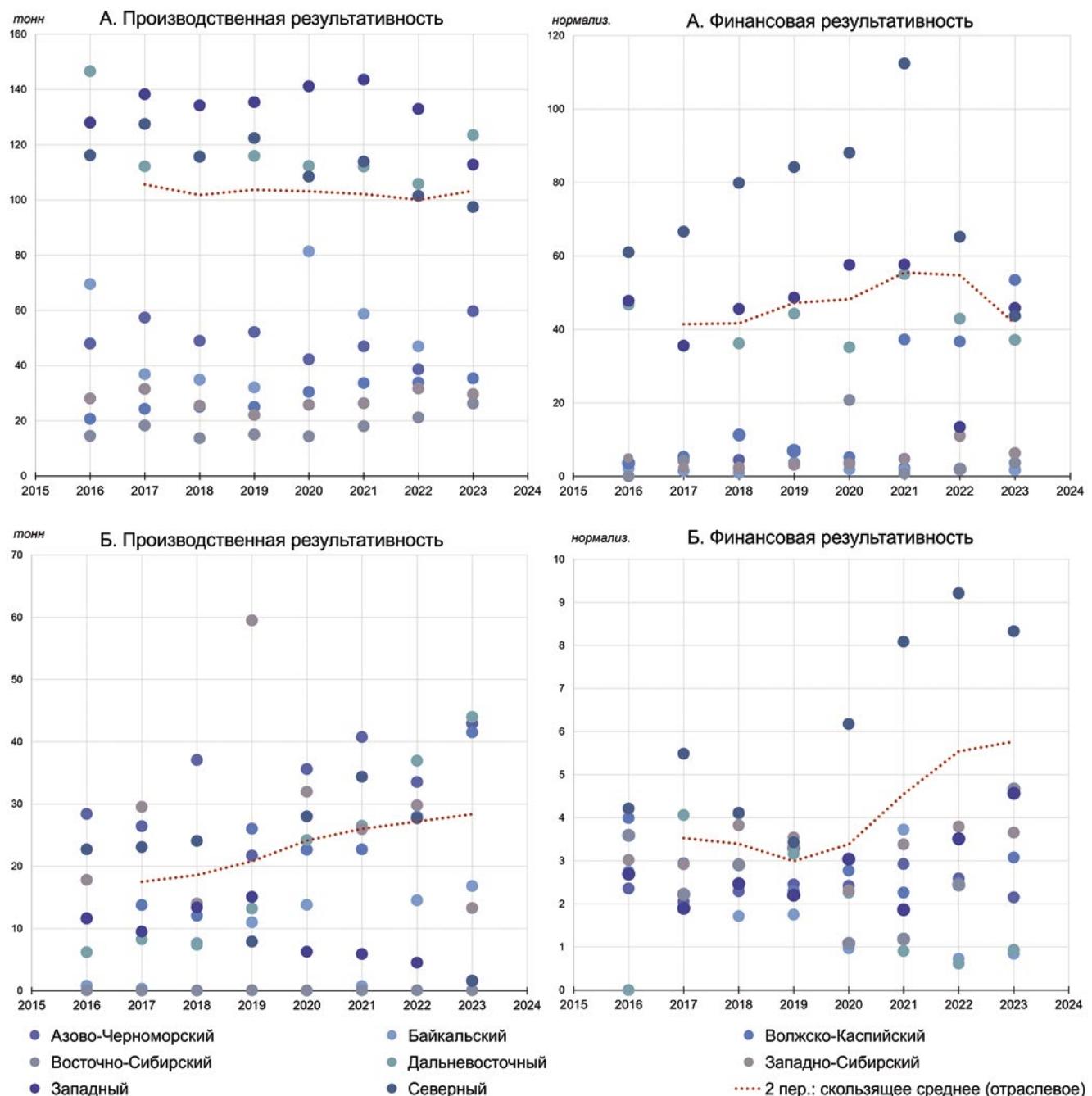


Рис. 5. Динамика и распределение значений результативности условного работника рыболовственного бассейна: А – в рыболовстве; Б – в аквакультуре

Составлено автором на основе собственного исследования

Fig. 5. Dynamics and distribution of the performance values of a conventional worker in fishery basins: A – in fisheries; B – in aquaculture

близких к нулю показателей Восточно-Сибирского РХБ), и более плотно распределено вокруг отраслевого скользящего среднего. Финансовая результативность, напротив, выявляет лидирующую позицию Северного РХБ, где даже нормализованные значения намного отстоят от остального распределения.

Анализ результативности рыболовства и аквакультуры РХБ на уровне организаций демонстрирует более слгаженные тренды среднего скользящего (рис. 6). Но также подтверждают высокую степень кластеризации в рыболовстве как по производственной, так и по финансовой результативности РХБ. В аквакультуре же

отчетливо проявляется идентичность характера распределения результативности условной организации (рис. 6 Б) и условного работника (рис. 5 Б), что говорит о большей (в сравнении с рыболовством) сбалансированности организационно-структурных факторов экономики сектора.

В целом, показатели производственной и финансовой результативности условного работника и услов-

ной организации РХБ (рис. 5, 6) информативны как в анализе динамики, так и в сравнительном анализе, что позволяет их рекомендовать для дальнейшего сопоставления с показателями цифровой трансформации рыболовства и аквакультуры для целей настоящей работы.

Анализ динамики значений субиндексов и сводного индекса цифровой трансформации выявляет

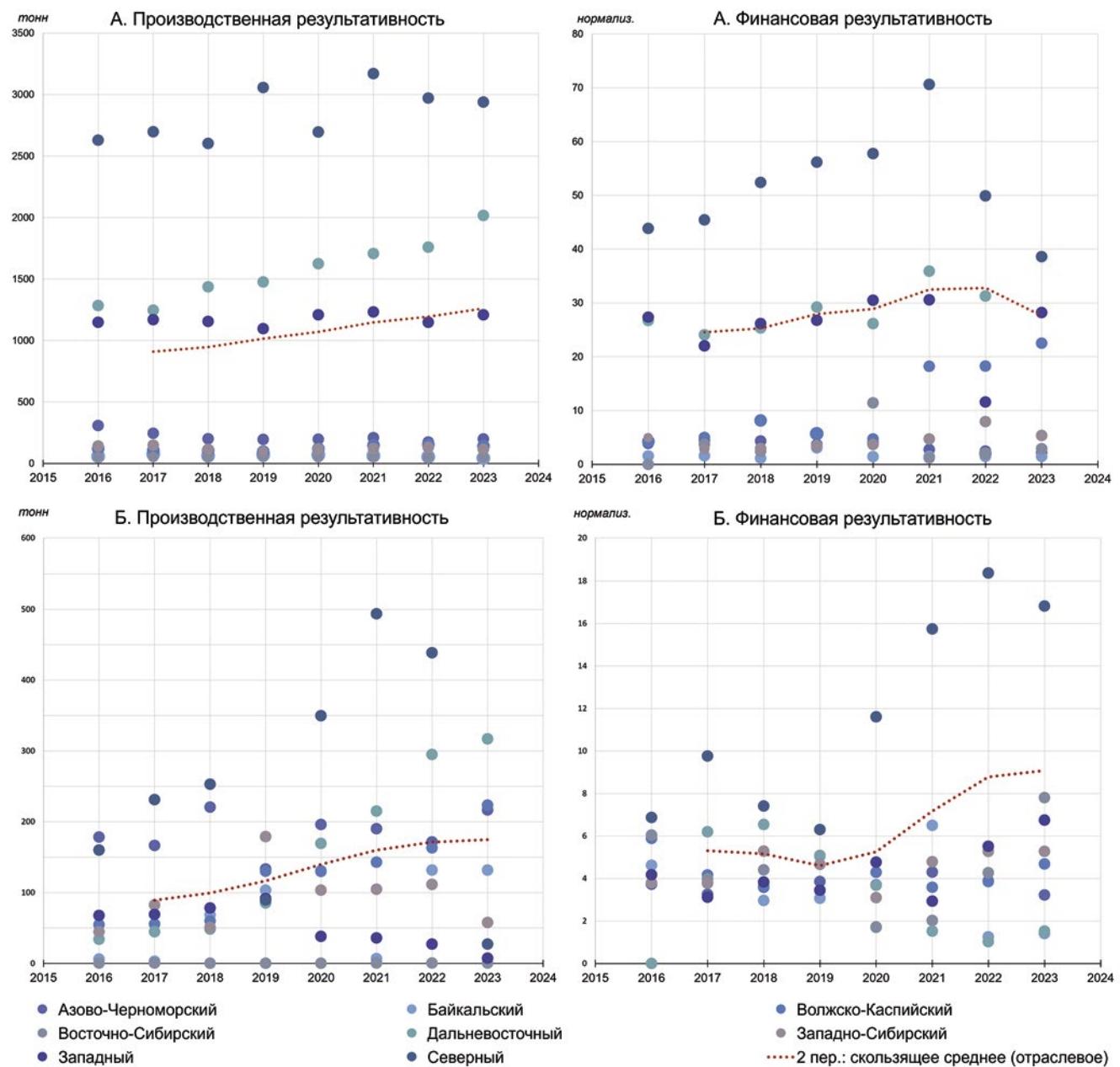


Рис. 6. Динамика и распределение значений результативности условной организации рыбохозяйственного бассейна, А – в рыболовстве; Б – в аквакультуре

Источник: составлено автором на основе собственного исследования

Fig. 6. Dynamics and distribution of the performance values of a conditional organization by fishery basins, A – in fisheries; B – in aquaculture

различия в процессе цифровизации секторов рыболовства и аквакультуры. Это проявляется не только в том, что уровень цифровизации рыболовства выше, чем в рыбоводстве – ИЦТ рыболовства в среднем за анализируемый период в 1,9 раза больше, чем ИЦТ аквакультуры. Рис. 7 и 8 наглядно демонстрируют различие в реализуемых подотраслями стратегиях цифровизации.

В секторе рыболовства (рис. 7) приоритетным направлением является цифровизация управления производством и бизнес-процессами (ЦУП), в аква-

культуре (рис. 8) больший акцент на использование сквозных цифровых технологий (ИСТ), на фоне наращивания цифровой инфраструктуры и объемов финансирования цифровизации (ИФЦ).

Также примечательно, что при большей инфраструктурной и финансовой обеспеченности программы цифровизации, рыболовство довольно мало занимается кадровой поддержкой цифровизации (субиндекс КПЦ имеет самые низкие значения). В аквакультуре при общем более низком уровне цифровизации, в сравнении с рыболовством, степень её компетент-

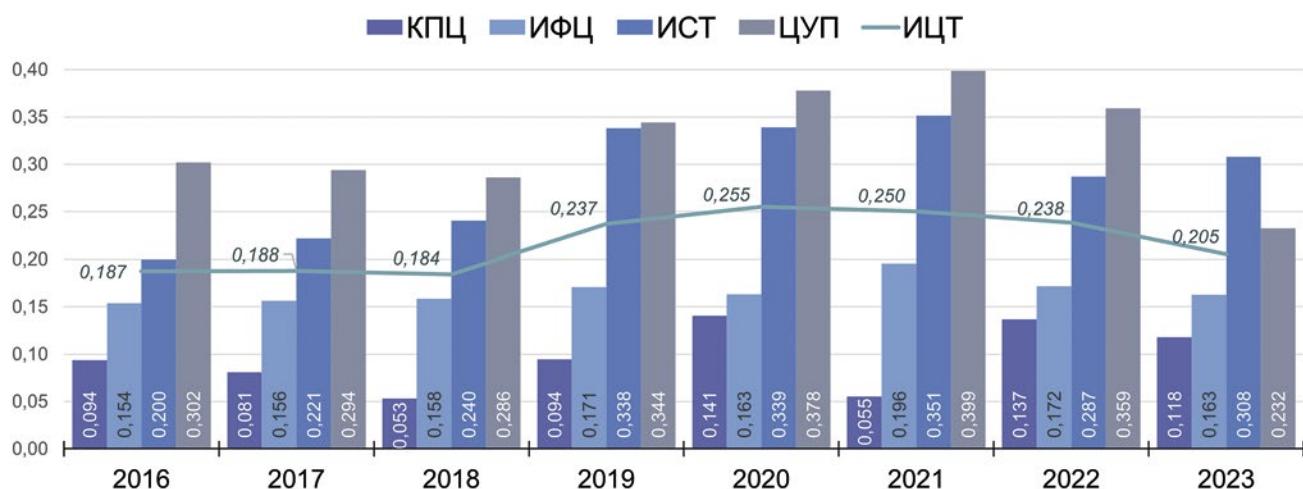


Рис. 7. Динамика значений индексов цифровой трансформации организаций рыболовства Источник: составлено автором на основе собственного исследования

Fig. 7. Dynamics of the values of the digital transformation indices of fisheries organizations

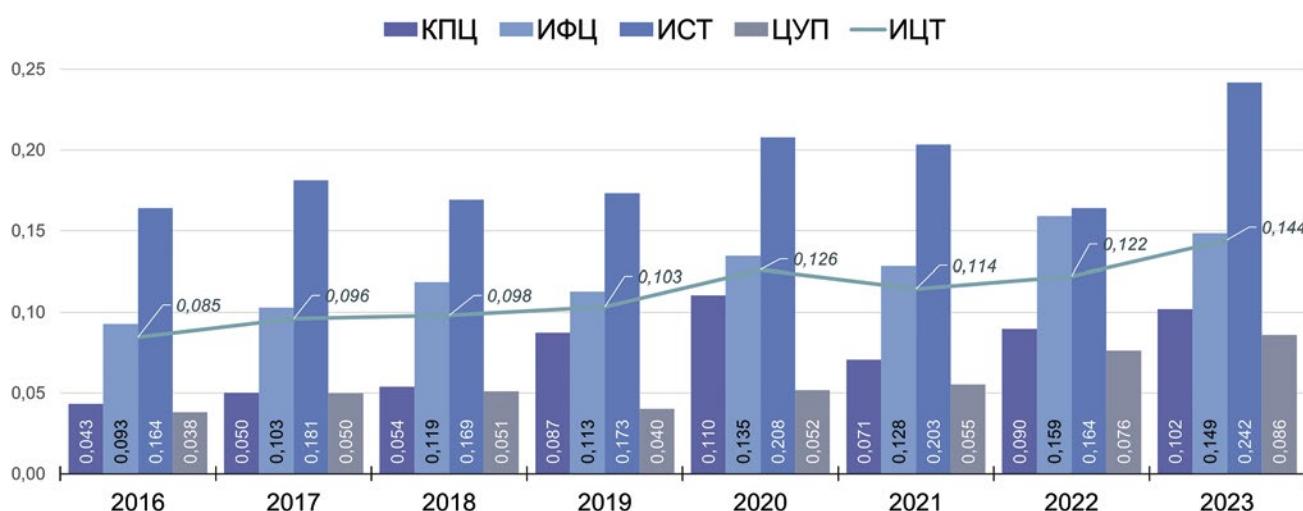


Рис. 8. Динамика значений индексов цифровой трансформации организаций аквакультуры

Источник: составлено автором на основе собственного исследования

Fig. 8. Dynamics of the values of digital transformation indices of aquaculture organizations

ностной поддержки (КПЦ) выше, чем цифровизации управления производством и бизнес-процессами (ЦУП) (рис. 8).

Уровень цифровизации в рыбохозяйственных бассейнах также различается как между собой, так и в секторальной структуре (рис. 9). Лидерами цифровой трансформации и в рыболовстве, и в аквакультуре являются Западный и Волжско-Каспийский РХБ, аутсайдерами – Восточно-Сибирский и Байкальский РХБ. Уровень цифровизации аквакультуры ниже, чем рыболовства во всех РХБ, вне зависимости от степени развитости отраслевой специализации.

Для оценки степени взаимосвязи показателей цифровизации и результативности, на основе попарного сопоставления (двусторонняя корреляция Пирсона) субиндексов и сводного индекса цифровой трансформации с рассчитанными показателями производственной и финансовой результативности условного работника РХБ – ПРР и ФРР, и условной организации РХБ – ПРО и ФРО соответственно, была сформирована корреляционная матрица (табл. 5). Но вначале рассмотрим, как влияют различные аспекты цифрови-

зации на значение интегрального индекса цифровой трансформации (ИЦТ).

Корреляционная матрица наглядно подтверждает разнонаправленность процессов цифровизации в рыболовстве и аквакультуре. Изменение значения сводного индекса цифровой трансформации (ИЦТ) значимо ассоциировано с использованием сквозных цифровых технологий (ИСТ) $r = 0,886$ при $p < 0,01$; цифровизацией управления производством (ЦУП), инфраструктурой и финансированием программы цифровизации (ИФЦ) $r = 0,821$ и $0,718$ соответственно при $p < 0,05$. Кадровая поддержка цифровизации в рыболовстве, согласно табл. 5, не находится под влиянием / не оказывает влияния на общий тренд цифровой трансформации (ИЦТ) и на остальные слагаемые цифровизации. В аквакультуре, напротив, вклад всех аспектов цифровизации в сводный индекс (ИЦТ) подтверждает значимая корреляция: $r = 0,871$ для КПЦ; $0,879$ для ИФЦ; $0,843$ для ЦУП при $p < 0,01$, $r = 0,797$ для ИСТ при $p < 0,05$.

Проанализируем, насколько динамика значений показателей цифровизации ассоциирована с распре-

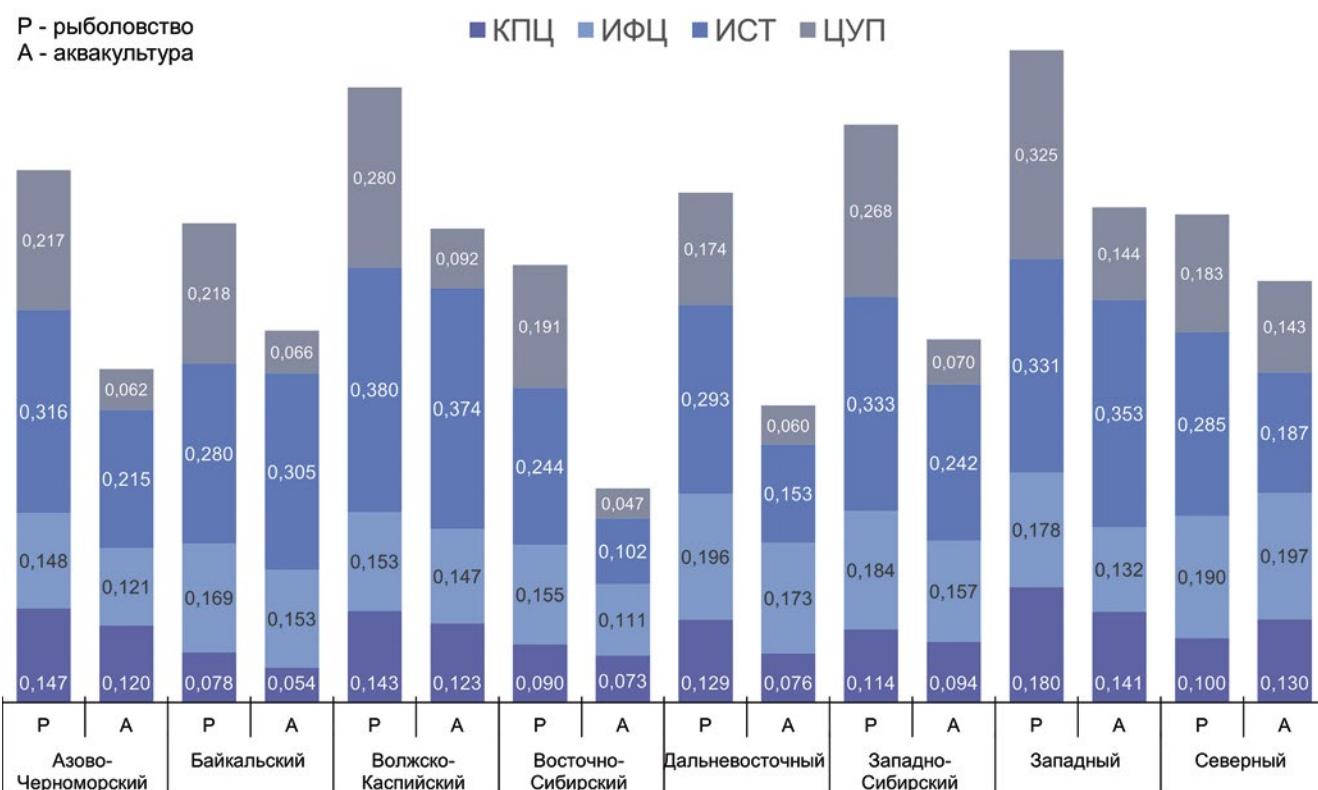


Рис. 9. Цифровизация рыболовства и аквакультуры по рыбохозяйственным бассейнам

Составлено автором на основе собственного исследования

Fig. 9. Digitalization of fisheries and aquaculture by fishery basins

Таблица 5. Матрица корреляции параметров цифровизации и результативности организаций рыболовства и аквакультуры

Table 5. Correlation matrix of digitalization parameters and performance of fisheries and aquaculture organizations

| КПЦ | ИФЦ | ИСТ | ЦУП | ИЦТ | ФРО | ФРР | ПРО | ПРР |
|---------------------|----------------|----------------|---------|----------------|----------------|---------|--------|---------|
| <i>Рыболовство</i> | | | | | | | | |
| КПЦ | 1 | | | | | | | |
| ИФЦ | -0,222 | 1 | | | | | | |
| ИСТ | 0,237 | 0,731* | 1 | | | | | |
| ЦУП | 0,068 | 0,680 | 0,548 | 1 | | | | |
| ИЦТ | 0,401 | 0,718* | 0,886** | 0,821* | 1 | | | |
| ФРО | -0,290 | 0,975** | 0,687 | 0,732* | 0,698* | 1 | | |
| ФРР | -0,430 | 0,914** | 0,584 | 0,742* | 0,607 | 0,969** | 1 | |
| ПРО | 0,393 | 0,516 | 0,680 | 0,048 | 0,520 | 0,423 | 0,210 | 1 |
| ПРР | -0,135 | -0,272 | -0,182 | -0,556 | -0,412 | -0,228 | -0,144 | -0,009 |
| <i>Аквакультура</i> | | | | | | | | |
| КПЦ | 1 | | | | | | | |
| ИФЦ | 0,761* | 1 | | | | | | |
| ИСТ | 0,595 | 0,441 | 1 | | | | | |
| ЦУП | 0,539 | 0,870** | 0,569 | 1 | | | | |
| ИЦТ | 0,871** | 0,879** | 0,797* | 0,843** | 1 | | | |
| ФРО | 0,460 | 0,862** | 0,323 | 0,879** | 0,702 | 1 | | |
| ФРР | 0,457 | 0,858** | 0,337 | 0,889** | 0,707* | 0,999** | 1 | |
| ПРО | 0,804* | 0,917** | 0,584 | 0,760* | 0,896** | 0,825* | 0,817* | 1 |
| ПРР | 0,847** | 0,910** | 0,631 | 0,775* | 0,928** | 0,805* | 0,800* | 0,993** |
| 1 | | | | | | | | |

** p < 0,01, *p < 0,05

Составлено автором на основе собственных расчётов в SPSS Statistics

делением показателей финансовой и производственной результативности РХБ.

В рыболовстве значимая взаимосвязь процессов цифровизации установлена только с финансовой результативностью. Наибольшее влияние на финансово-результативность оказывает степень развитости цифровой инфраструктуры и финансирования цифровизации (ИФЦ), на уровне результативности условного работника РХБ (ФРР) $r = 0,914$ при $p < 0,01$; условной организации РХБ (ФРО) $r = 0,975$ при $p < 0,01$ (табл. 5). Также значимая корреляция установлена между уровнем цифровизации управления производством и бизнес-процессами (ЦУП) и ФРО ($r = 0,732$ при $p < 0,05$), а также ФРР ($r = 0,742$ при $p < 0,05$). Значение сводного индекса цифровой трансформации обнаружило значимую взаимосвязь только с финансовой результативностью организаций РХБ ($r = 0,698$ при $p < 0,01$).

В секторе аквакультуры наблюдается статистически значимая связь цифровизации и с финансовой, и с производственной результативностью. При этом производственная результативность обнаруживает

наибольшую связь с различными аспектами цифровизации. Так, производственная результативность работника (ПРР) значимо связана ($p < 0,01$) с кадровой поддержкой цифровизации (КПЦ) $r = 0,847$, её инфраструктурой и финансированием (ИФЦ) $r = 0,910$, уровнем цифровизации производства и бизнес-процессов (ЦУП) $r = 0,775$ при $p < 0,05$. Производственная результативность условной организации аквакультуры РХБ значимо коррелирует с КПЦ ($r = 0,804$ при $p < 0,05$), ИФЦ ($r = 0,917$ при $p < 0,01$), ЦУП ($r = 0,760$) при $p < 0,05$. Также производственная результативность аквакультуры значимо связана с общим уровнем цифровой трансформации (ИЦТ) – для ПРО $r = 0,896$ при $p < 0,01$; для ПРР $r = 0,928$ при $p < 0,01$ (табл. 5).

Финансовая результативность аквакультуры значимо связана с инфраструктурой и финансированием цифровизации – для ФРО $r = 0,862$ при $p < 0,01$, для ФРР $r = 0,858$ при $p < 0,01$; а также с цифровизацией управления производством и бизнес-процессов – для ФРО $r = 0,879$ при $p < 0,01$, для ФРР $r = 0,889$ при $p < 0,01$ (табл. 5). В целом степень цифровой трансфор-

мации аквакультуры (сводный индекс ИЦТ) значимо связан с финансовой результативностью условного работника РХБ ($r = 0,707$ при $p < 0,05$).

Дополним оценку связи цифровизации и результативности взглядом изнутри проблемы – с позиции рыбохозяйственных организаций. Для этого мы интерпретировали в формате индекса воздействия результаты федерального статистического выборочного обследования организаций по видам экономической деятельности³ на предмет влияния на их эффективность цифровых технологий. Результаты расчёта индекса воздействия представлены на рис. 10.

внутренних процессов и взаимодействие с контрагентами (рис. 10). Наибольшее воздействие оказывают технологии группы «другие цифровые технологии», а технологии анализа данных, искусственного интеллекта и интернета вещей, относящиеся к сквозным цифровым технологиям, влияют незначительно. Наименьшее воздействие на эффективность рыбохозяйственных организаций оказывают технологии на основе искусственного интеллекта.

В рыболовстве цифровому воздействию подвержено пять из шести рассматриваемых аспектов эффективности деятельности. В аквакультуре – четыре, посколь-

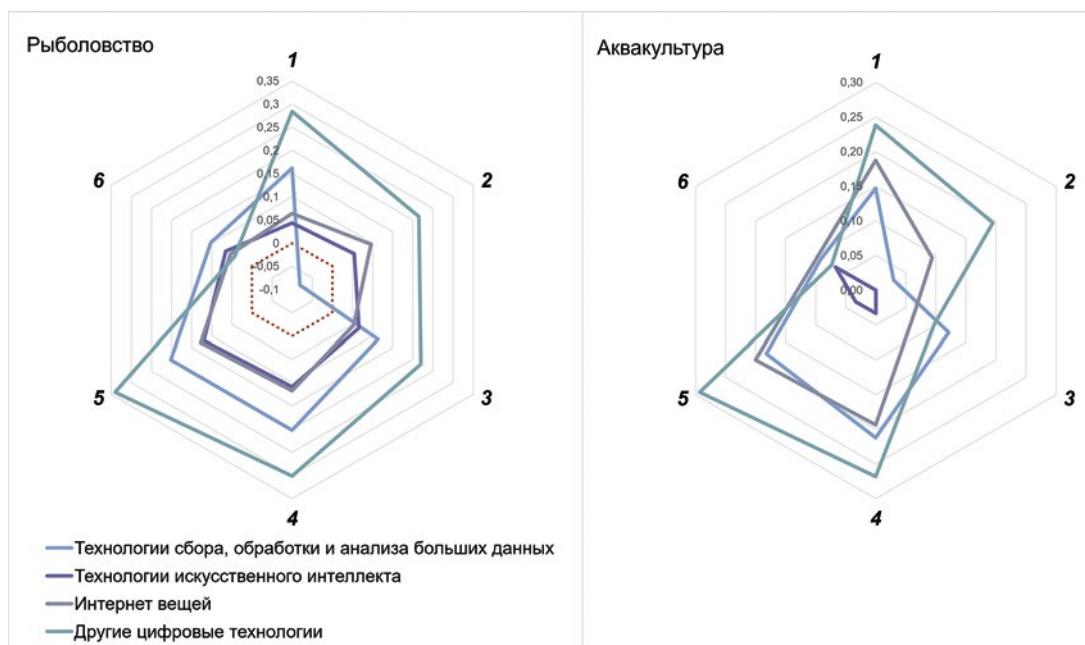


Рис. 10. Влияние цифровых технологий на различные аспекты эффективности организаций рыболовства и аквакультуры: 1 – результат финансовой деятельности; 2 – безопасность труда работников; 3 – производство товаров, работ и услуг с новыми потребительскими характеристиками. Качество товаров, работ и услуг: 4 – эффективность внутренних процессов, производительность труда; 5 – эффективность процессов взаимодействия с контрагентами; 6 – окружающая среда

Рассчитано автором по данным Росстата

Fig. 10. The impact of digital technologies on various aspects of the efficiency of fisheries and aquaculture organizations, 1 – Financial performance; 2 – Occupational safety of workers; 3 – Production of goods, works and services with new consumer characteristics. Quality of goods, works and services; 4 – Efficiency of internal processes, labor productivity; 5 – Efficiency of interaction processes with counterparties; 6 – Environment

В целом, организации рыболовства и аквакультуры отмечают положительное воздействие разной степени интенсивности по всем критериям. Исключение составило отрицательное воздействие технологий работы с большими данными на безопасность труда работников в рыболовстве. Зона отрицательного воздействия отмечена красным штрих-пунктиром на рис. 10.

Цифровые технологии положительно воздействуют на результаты финансовой деятельности и в рыболовстве, и в аквакультуре, а также на эффективность

ку рыбоводные организации отметили слабое воздействие цифровых технологий на производство продукции с новыми потребительскими характеристиками.

ОБСУЖДЕНИЕ

Воздействие цифровизации на разные аспекты функционирования организаций нашло убедительное подтверждение в многочисленных исследованиях [Akkerman, 2021²; Verhoeef, 2021; Труба, Братарчук, 2024; Sun et al., 2024]. Вместе с тем, научных данных о цифровой трансформации на мезоуровне эконо-

мики и её воздействия на результативность отраслей пока довольно мало. В этой работе представлен подход к решению одной из таких задач для отечественного рыбохозяйственного комплекса.

Следует отметить, что теоретико-методологические аспекты цифровой трансформации рыбохозяйственной экономики представлены довольно полно в научной литературе и привлекли внимание многих ведущих учёных нашей страны, занимающихся проблемами развития отрасли [Мнацаканян и др., 2019; Логунова, Скоробогатова, 2021; Колончин и др., 2022; Труба и др., 2023]. Обобщение их работ позволяет утверждать, что препятствиями цифровизации могут стать недостаток знаний и технических навыков, высокие затраты и отсутствие чёткой цифровой стратегии, непонимание и недооценка рисков. Эмпирические результаты, специализированные обследования и количественная оценка необходимы и могут внести значимый вклад в верификацию стратегии модернизации рыбохозяйственного комплекса и его основных подотраслей.

В этой работе реализована возможность наиболее полно учесть пространственный аспект функционирования отрасли на основе расчёта и группировки ключевых показателей по бассейновому принципу – в границах утверждённых рыбохозяйственных бассейнов нашей страны. Кроме того, важным фактором, принятым во внимание, выступила внутренняя структурная сложность организации рыбохозяйственного комплекса, которая включает несколько самодостаточных сегментов/подотраслей, обладающих производственной и технологической спецификой, демонстрирующих своеобразную экономическую динамику, разную темпоральность. В этом исследовании получены результаты для двух таких подотраслей – рыболовства и аквакультуры.

Анализ многолетней динамики объёма производства (рис. 1) и сальдированного финансового результата (рис. 2) проявляет растущий тренд экономики рыболовства и аквакультуры. Однако по рыбохозяйственным бассейнам динамика носит разнонаправленный характер. Наиболее чётко это проявляется в рыболовстве, где отраслевой рост обеспечен только увеличением объёмов улова и добычи ВБР в Дальневосточном РХБ. В остальных РХБ обратная тенденция (табл. 1). Рост объёмов производства товарной аквакультуры и рыбопосадочного материала в длинной динамике наблюдается во всех РХБ, но носит волнобразный характер в отдельных из них (Западный, Северный, Западно-Сибирский РХБ) с двух-трёхлетней цикличностью роста и падения объёмов производства (табл. 1). Сальдированный финансовый резуль-

тат обнаруживает тенденцию к росту после 2014 года, интенсивному в рыболовстве и волатильному в аквакультуре (рис. 2). Следует отметить, что производственная разница между рыболовством и аквакультурой имеет в среднем соотношение 13,4: 1, а сальдированный финансовый результат – 5,4: 1, что свидетельствует о высоком маржинальном потенциале аквакультуры.

Организационная структура исследуемых подотраслей также менялась разнонаправленно. В рыболовстве количество организаций сокращалось в целом по отрасли (рис. 3) и во всех РХБ (табл. 3), а в аквакультуре очень незначительно росло (рис. 3), демонстрируя разную динамику в разных РХБ (табл. 3), своюственную формирующемуся рынку.

Рост численности работников рыболовства (рис. 4), также как и объёмов улова обеспечен за счёт роста среднегодовой численности работающих в Дальневосточном РХБ (табл. 4). В аквакультуре среднегодовая численность работающих в целом практически не изменилась (рис. 4), а в рыбохозяйственных бассейнах динамика разнонаправленная (табл. 4).

Анализ и сопоставление производственной и финансовой результативности условной организации и условного работника рыбохозяйственного бассейна выявил высокую степень кластеризации в рыболовстве. В аквакультуре же распределение значений и производственной, и финансовой результативности более равномерно, за исключением выбросов значений ФРР (рис. 5) и ФРО (рис. 6) Северного РХБ. При этом скользящая средняя аквакультуры демонстрирует растущий тренд.

Анализ цифровизации обеих исследуемых подотраслей также выявляет различия в её уровне и характере. На фоне более высокого уровня цифровизации в рыболовстве, «пандемийный» всплеск значения ИЦТ=0,255 в 2020 году, сменился ниспадающими значениями ИЦТ=0,238 и 0,205 в 2022 и 2023 гг. соответственно (рис. 7); а в аквакультуре, снова начал расти – в 2022 году ИЦТ=0,122, в 2023 году ИЦТ=0,144 (рис. 8). Также подотрасли реализуют разные стратегии цифровизации: с акцентом на приоритет цифровизации управления производством и бизнес-процессами в рыболовстве, и использовании сквозных цифровых технологий в аквакультуре. Наиболее инвестирующие в цифровизацию рыболовства РХБ, довольно слабо финансируют программы кадровой поддержки цифровизации, а в аквакультуре, напротив, при меньших объёмах финансирования цифровизации, доля в них затрат на человеческий капитал цифровизации выше. Результаты корреляционного анализа подтвердили неравномерность процес-

сов цифровизации как в бассейновой, так и во внутритраслевой структуризации (табл. 5). Неравенство рыбохозяйственных бассейнов по уровню цифровизации наблюдается и в рыболовстве, и в аквакультуре (рис. 9).

В дальнейшем дифференциация в уровне цифровизации рыбохозяйственных бассейнов может способствовать нарастанию разрыва между лидерами и аутсайдерами. Это, в свою очередь, будет способствовать дальнейшей сегментации отраслевого экономического пространства. В этом контексте цифровое неравенство рыбохозяйственных бассейнов, в перспективе, может стать сдерживающим фактором экономического роста рыбохозяйственного комплекса.

Реализуемая политика цифровизации в рыболовстве оказывает влияние на финансовую результативность за счёт высокого уровня инфраструктурного обеспечения цифровизации и объёмов её финансирования, а также использования цифровых технологий управления производством и бизнес-процессами (табл. 5). Другие аспекты цифровой трансформации рыболовства не обнаруживают значимой взаимосвязи с результативностью.

В аквакультуре установлена связь различных аспектов цифровизации и с производственной, и с финансовой результативностью (табл. 5). Сбалансированная стратегия цифровой трансформации аквакультуры при увеличении объёмов финансирования программы цифровизации в обозримой перспективе может вывести её в отраслевые лидеры и содействовать повышению производственной и финансовой результативности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровизация является важным этапом, предшествующим цифровой трансформации. Проявляя себя в доступных для наблюдения сферах – в использовании цифровых технологий и специальных программных средств, в рыбохозяйственной деятельности она остаётся довольно слабо исследованной. Недостаточно эмпирических данных, которые позволили бы более точно и глубоко определить характер, интенсивность и результативность цифровизации отрасли, оценивать её динамику и формировать прогнозы.

Верификация полученных результатов на основе интерпретации данных выборочного статистического обследования организаций рыболовства и аквакультуры подтверждает ряд принципиальных выводов. Цифровая трансформация ещё не вошла в активную фазу ни в рыболовстве, ни в аквакультуре. Полученные невысокие значения ИЦТ согласуются с большим количеством организаций, отметивших

нейтральное влияние цифровых технологий на их эффективность. Также подтверждается установленное влияние цифровизации на финансовую результативность в обеих подотраслях, а также отдельными аспектами производственной результативности, но пока с незначительным уровнем использования сквозных технологий цифровой экономики, например, больших данных, искусственного интеллекта, интернета вещей.

Разный уровень готовности организаций рыбохозяйственного комплекса к цифровой трансформации может стать сдерживающим фактором развития отраслевой экономики. Акцентуация на многофакторности процесса цифровизации и его результативности должна стать императивом отраслевой стратегии цифровой трансформации. Поэтому исследования в области организации, стратегии, человеческого капитала, эффективности затрат необходимы для повышения результативности цифровой трансформации и её влияния на эффективность всех видов рыбохозяйственной деятельности.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБОУ ВО «КГТУ».

ЛИТЕРАТУРА

- Александров А.В., Королева К.С., Ходос Д.В. 2023. Развитие рыбного хозяйства в условиях технологической цифровизации сопряжённых производств // Дискуссия. № 120(5). С. 50-60.
- Бекарев А.В. Ивашко Е.Е., Ивашко В.С. 2022. Цифровизация предприятий аквакультуры на территории моногородов Арктической зоны Республики Карелия // Вопросы экономической географии и статистики пространственного развития. Мат. XII между. науч.-практ. конф., посвящённой К.И. Арсеньеву, Петрозаводск, 28-30 сентября 2022 г. ФИЦ «КарелНЦ РАН», Институт экономики КарелНЦ РАН. М.: ООО Первое экономическое издательство. С. 11-14.
- Бетин О.И., Труба А.С., Черданцев В.П., Тронина М.В. 2022. Повышение эффективности производства аквакультуры через развитие информационных цифровых технологий // Вопросы рыболовства. № 23 (3). С. 163-170.
- Дусаева Е.М., Труба А.С., Курманова А.Х. 2021. Обеспечение устойчивого развития рыболовства и аквакультуры в условиях цифровизации // Вопросы рыболовства. № 22 (3). С. 125-139.

Колончин К.В., Намятова Л.Е., Черданцев П.В., Семин В.А. 2022. Влияние цифровизации на формирование бизнес-процессов в АПК и рыбохозяйственном комплексе // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. № 12. С. 53-57.

Логунова Н.А. Скоробогатова В.В. 2021. Особенности цифровой трансформации рыбохозяйственного комплекса // Цифровой контент социального и экосистемного развития экономики. Сб. трудов Межд. науч.-практ. конф., Симферополь, 23 ноября 2021 года. Симферополь: Ариал. С. 213-215.

Мнацакян А.Г., Кузин В.И., Харин А.Г. 2019. Перспективы и проблемы цифровизации российского рыбного хозяйства // Морские интеллектуальные технологии. № 4-4(46). С. 103-110.

Огий О.Г. 2024. Интегральная оценка цифровой трансформации основных секторов рыбохозяйственной экономики // Труды ВНИРО. Т. 198. С. 148-159.

Прямухина О.А., Шендо В.Г. 2021. Влияние цифровизации на экономику рыбохозяйственного комплекса России // Управленческий учёт. № 11. С. 232-240

Труба А.С. Братарчук Т.В. 2024. Тенденции, возможности и риски цифровизации в современных условиях // Инновации и инвестиции. № 5. С. 202-204.

Труба А.С., Кузьменко А.М., Черданцев П.В., Черданцев П.В. 2023. Рыбная отрасль России и её технический потенциал: проблемы и пути укрепления // Вопросы рыболовства. Т. 24. № 1. С. 179-187.

Харин А.Г. 2024. Экономическая оценка устойчивости рыболовства в Балтийском море // Балтийский экономический журнал. № 3(47). С. 116-134.

Черданцев В.П., Свеченникова Т.М., Тронина М.В. 2022. Технологии искусственного интеллекта в аквакультуре // Вопросы рыболовства. 23 (3), С. 171-178.

Armstrong M., Baron A. 2005. Managing Performance // Performance Management in Action. London: CIPD. 182 p. P.31-35

Baiyere A., Salmela H., Nieminen H., Kankainen T. 2024. Assessing digital capabilities for digital transformation – The MIND framework // Information Systems Journal. № 35(1), P. 6-38. DOI: 10.1111/isj.12519

Rowan N.J. 2023. The role of digital technologies in supporting and improving fishery and aquaculture across the supply chain – Quo Vadis? // Aquaculture and Fisheries. V. 8. № 4. P. 365-374.

Sun L., Zhang L., Jiang Q., Zhao Z. 2024. Digitalization and Operational Efficiency in Fisheries: Evidence from China // Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh. № 76(4). P. 157-168

Yu G. 2024. Digital transformation, human capital upgrading, and enterprise ESG performance: Evidence from Chinese listed enterprises // Oeconomia Copernicana. DOI: 10.24136/oc.3058.

Verhoef P.C., Broekhuizen Th., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J.Q., Fabian N., Haenlein M. 2021. Digital transformation:

A multidisciplinary reflection and research agenda // Journal of Business Research. № 122. P. 889-901.

REFERENCES

- Aleksandrov A.V., Koroleva K.S., Khodos D.V. 2024. Development of the fisheries industry in the context of technological digitalization of related industries // Discussion. No. 120 (5). P. 50-60. (In Russ.)
- Bekarev A.V. Ivashko E.E., Ivashko V.S. 2022. Digitalization of aquaculture enterprises in the territory of single-industry towns of the Arctic zone of the Republic of Karelia // Issues of economic geography and statistics of spatial development. Mat. of the XII intern. scient. and pract. conf. dedicated to K.I. Arsenyev, Petrozavodsk, September 28-30, 2022. FRC KarelRC of the RAS, Institute of Economics of the KarelRC of the RAS. Moscow: OOO «First Economic Publishing House». P. 11-14. (In Russ.)
- Betin O.I., Truba A.S., Cherdantsev V.P., Tronina M.V. 2022. Improving the efficiency of aquaculture production through the development of information digital technologies // Fisheries. Iss. 23 (3), p. 163-170. (In Russ.)
- Dusaeva E.M., Truba A.S., Kurmanova A.Kh. 2021. Ensuring sustainable development of the fisheries complex of Russia in the context of digitalization // Fisheries. Iss. No. 22 (3). P. 125-139. (In Russ.)
- Kolonchin K.V., Namyatova L.E., Cherdantsev P.V., Semin V.A. 2022. The impact of digitalization on the formation of business processes in the agro-industrial complex and fisheries complex // Economy of agricultural and processing enterprises. No. 12. P. 53-57. (In Russ.)
- Logunova, N.A. Skorobogatova V.V. 2021. Features of the digital transformation of the fisheries complex // Digital content of social and ecosystem development of the economy. Coll. papers of the Intern. scient. and pract. conf., Simferopol, November 23, 2021. Simferopol: Arial. P. 213-215. (In Russ.)
- Mnatsakanyan A.G., Kuzin V.I., Kharin A.G. 2019. Prospects and problems of digitalization of the Russian fisheries industry // Marine intelligent technologies. No. 4-4 (46). P. 103-110.
- Ogij O. G. 2024. Integrated assessment of digital transformation of key sectors of the fisheries economy // Trudy VNIRO. V. 198. P. 148-159. (In Russ.)
- Pryamukhina O.A., Shendo V.G. 2021. The Impact of Digitalization on the Economy of the Fisheries Complex of Russia // Management Accounting. No. 11. P. 232-240. (In Russ.)
- Truba A.S. Bratarchuk T.V. 2024. Trends, Opportunities and Risks of Digitalization in Modern Conditions // Innovations and Investments. No. 5. P. 202-204. (In Russ.)
- Truba A.S., Kuzmenko A.M., Cherdantsev V.P., Cherdantsev P.V. 2023. The Fishing Industry of Russia and Its Technical Potential: Problems and Ways of Strengthening // Fisheries Issues. V. 24. No. 1. P. 179-187. (In Russ.)
- Kharin A. G. 2024. Economic Assessment of Fisheries Sustainability in the Baltic Sea // Baltic Economic Journal. № 3(47). P. 116-134.
- Trudy VNIRO. 2025. V. 201. P. 154-171

- Cherdantsev V.P., Svechnikova T.M., Tronina M.V. 2022. Artificial intelligence technologies in aquaculture // Fishery. Iss. 23 (3). P. 171-178. (In Russ.)*
- Armstrong M., Baron A. 2005. Managing Performance // Performance Management in Action. London: CIPD. 182 p. P.31-35*
- Baiyere A., Salmela H., Nieminen H., Kankainen T. 2024. Assessing digital capabilities for digital transformation – The MIND framework // Information Systems Journal. № 35(1), P. 6-38. DOI: 10.1111/isj.12519*
- Rowan N.J. 2023. The role of digital technologies in supporting and improving fishery and aquaculture across the supply chain – Quo Vadis? // Aquaculture and Fisheries. V. 8. № 4. P. 365-374.*
- Sun L., Zhang L., Jiang Q., Zhao Z. 2024. Digitalization and Operational Efficiency in Fisheries: Evidence from China // Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh. № 76(4). P. 157-168*
- Yu G. 2024. Digital transformation, human capital upgrading, and enterprise ESG performance: Evidence from Chinese listed enterprises // Oeconomia Copernicana. DOI: 10.24136/oc.3058.*
- Verhoef P.C., Broekhuizen Th., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J.Q., Fabian N., Haenlein M. 2021. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda // Journal of Business Research. № 122. P. 889-901.*

Поступила в редакцию 26.03.2025 г.
Принята после рецензии 25.09.2025 г.

УДК 332.142

Экономика, международное сотрудничество и нормативные правовые основы рыбохозяйственной деятельности

Совершенствование подходов к диагностике регионального рыбохозяйственного комплекса

М.Г. Побегайло

Калининградский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»), Советский проспект, д.1, г. Калининград, 236022
E-mail: marina.pobegajlo@kltu.ru
SPIN-код: М.Г. Побегайло – 5612-5181

Цель работы: совершенствование методических подходов к диагностике регионального рыбохозяйственного комплекса (далее РХК), позволяющей учитывать множественность критериев, включая аспекты устойчивого развития, условия обеспечения продовольственной безопасности и др.

Используемые методы: общенаучные методы исследования, статистические, экспертные методы, каузальный и индикативный методы.

Элемент новизны: обоснована необходимость применения при диагностике регионального РХК многомерной модели, визуализация которой в виде шестигранника позволяет выстроить алгоритм диагностики, сформировать перечень показателей / индикаторов в соответствии с выбранными для анализа критериями. Исследование регионального РХК с использованием многомерной модели расширяет направления диагностики через призму заложенных критериев, позволяет выявить случаи «наложения» отдельных плоскостей друг на друга, что даёт возможность детализации перечня применяемых индикаторов до степени, предполагающей определение причинно-следственных связей в выявленных отклонениях от нормативных (пороговых) значений.

Результаты исследования: в рамках предложенной многомерной модели диагностики представлены критерии, в соответствии с которыми сформирован перечень рекомендуемых в качестве инструментария анализа показателей, определена последовательность осуществления отдельных этапов диагностики, описаны их взаимосвязь и особенности. Показана детализация двух из шести этапов диагностики в соответствии с многомерной моделью, в которых уделено внимание общеотраслевым характеристикам, а также выделены особенности, определяющие состав показателей, входящих в группу специфичных для регионального РХК.

Практическая значимость: полученные результаты исследования способствуют совершенствованию алгоритма диагностики регионального РХК, уточняют инструментарий оценки состояния отдельных его составляющих, что может быть использовано органами власти при разработке актуальных направлений устойчивого развития регионального РХК.

Ключевые слова: рыбохозяйственный комплекс, многомерная модель, диагностика, общеотраслевые и специфичные показатели, национальные цели, продовольственная безопасность.

Improving approaches to the diagnosis of the regional fisheries complex

Marina G. Pobegaylo

Kaliningrad State Technical University («KSTU»), Sovetsky Prospekt, 1, Kaliningrad, 236022, Russia

The purpose of the work is improving methodological approaches to the diagnosis of the regional fisheries complex (hereinafter referred to as RHC), which allows taking into account a variety of criteria, including aspects of sustainable development, food security conditions, etc.

Methods used: general scientific research methods, statistical, expert methods, systematic and situational approaches, indicative method.

An element of novelty: the necessity of using a multidimensional model in the diagnosis of regional RHC is substantiated, the visualization of which in the form of a hexagon allows us to build a diagnostic algorithm and form a list of indicators in accordance with the criteria selected for analysis. The study of regional RHC using a multidimensional model expands the diagnostic directions through the prism of the criteria laid down, allows us to identify cases of “superposition” of individual planes on top of each other, which makes it possible to detail the list of indicators used to the extent that it presupposes the determination of cause-and-effect relationships in the identified deviations from the normative values.

Research results: within the framework of the proposed multidimensional diagnostic model, criteria are presented, according to which a list of recommended indicators is formed as an analysis tool, the sequence of individual diagnostic stages is determined, their interrelation and features are described. It shows the details of two of the six diagnostic stages in accordance with the multidimensional model, which pay attention to industry-wide characteristics, the features that determine the composition of the indicators included in the group specific to the regional RHC.

Practical significance: the results contribute to the improvement of the algorithm for diagnosing regional RHC, refine the tools for assessing the state of its individual components, which can be used by authorities for the sustainable development.

Keywords: fisheries complex, multidimensional model, diagnostics, industry-wide and specific indicators, national goals, food security.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с принятым в 2024 г. Указом Президента, среди национальных целей, определённых на 2030 г. и на перспективу до 2036 г.¹ особое место занимает обеспечение продовольственной безопасности, вопросы которого входят и в формулировку цели «устойчивая и динамичная экономика» и «технологическое лидерство», и является необходимым условием достижения цели «сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей, поддержка семьи».

Более подробно декомпозиция цели осуществлена также в Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ до 2030 г.². Оба документа подчёркивают важность для российской экономики исследования вопросов обеспечения продовольственной безопасности как в аспекте реализации основных положений Доктрины продовольственной безопасности³, так и в ходе достижения целей национальной безопасности. В соответствии со Стратегией национальной безопасности РФ одним из национальных интересов является «устойчивое развитие российской экономики на новой технологической основе»⁴. Всё это подчёркивает актуальность исследования вопросов обеспечения устойчивого развития отраслей и комплексов, составляющих основу продовольственного сектора. Возникает необходимость выработки комплексного подхода к диагностике и мониторингу отраслей и комплексов продовольственного сектора, который позволит объединить различные аспекты исследования, а совершенствование применяемых инструментов и методов будет способствовать повышению качества информационно-аналитической базы принятия управленческих решений в исследуемой сфере.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Теоретической основой исследования послужили труды в области региональной экономической безопасности А.А. Куклина [2014], О.А. Мироновой [Ми-

ронова и др., 2024] и др. При выборе критерииев для построения модели диагностики РХК были учтены методические подходы, разработанные для решения отдельных задач в области анализа региональной продовольственной безопасности, таких отечественных учёных, как А.Н. Анищенко [2013], Д.Г. Оловянников [2019], И.Г. Ушачев [Ушачев, Колесников, 2022; Ушачев и др. 2023], К.В. Колончин с коллегами [2023], А.Г. Мнацаканян [Мнацаканян, Побегайло, 2022, 2024], Л.И. Сергеев [2024] и др.

Информационно-эмпирическую базу исследования составили стратегические документы в сфере обеспечения национальной, экономической, продовольственной, экологической, социальной безопасности, программы развития отдельных отраслей и комплексов, действующие нормативно-правовые акты, результаты научных исследований, опубликованных в рецензируемых научных изданиях.

В ходе исследования были использованы общенаучные, аналитические, статистические, экспертные методы, системный и ситуационный подходы, индикативный метод.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Принимая за основу направленное движение к достижению национальной цели более высокого порядка – устойчивой и динамичной экономике, подразумевающей реализацию многих других целей в рамках выстраиваемой многоуровневой системы – необходимо изначально определить взаимосвязь между двумя категориями – «безопасность» и «развитие». Это значимо в силу многих аспектов исследования, в том числе и потому, что формулировка и дальнейшая детализация каждой из национальных целей включает в себя оба этих понятия. Так, реализация каждой из утверждённых целей предполагает дальнейшее «развитие» той или иной затрагиваемой сферы или реализуемого процесса. Вместе с тем, развитие невозможно без выполнения определённых требований / критерииев, на первом месте среди которых «безопасность».

Опираясь на положения институциональной экономики, также очевидным становится связь между понятиями «безопасность» и «устойчивое развитие» через категорию интересов. Так, эффективная институциональная система, реализуя общественные интересы, организует и гармонизирует их в направлении обеспечения национальных интересов высшего порядка, в том числе национальной безопасности. Этим достигается эффективность всего общественного развития страны. В трактовке самого понятия, закреплённого в ФЗ «О безопасности», отражена взаимосвязь

¹ Указ Президента РФ от 07.05.2024 г. «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». <http://www.kremlin.ru/events/president/news/73986>

² Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2022 г. № 2567-р. <http://government.ru/docs/46497/>

³ Указ Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106>

⁴ Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47046>

данных категорий через определение безопасности как состояние защищённости жизненно важных интересов личности, общества, государства от внутренних и внешних угроз⁵.

Особое внимание следует уделить категориям «факторы» и «условия», т. к. именно они являются источниками угроз, опасностей и рисков, снижающими устойчивость, с одной стороны, а с другой – возможностями дальнейшего развития исследуемого объекта. Мониторинг экономической безопасности продовольственного сектора необходим для того, чтобы своевременно выявить угрозы устойчивому функционированию отдельных отраслей, прогнозировать негативное воздействие на отраслевые экономические процессы, препятствующие его дальнейшему развитию.

Рыбохозяйственный комплекс имеет сложный состав и многоотраслевую структуру. Отметим лишь ту особенность, что «кроме собственно рыбопромышленных подотраслей и производств (рыбодобыча, рыбопереработка, охрана и воспроизводство рыбных ресурсов), он включает целый ряд вспомогательных и обслуживающих отраслей и производств, а также элементы производственной и социальной инфраструктуры. Наиболее важными из них являются судоремонт, строительство, транспорт, портовое хозяйство, тарное и сетевязальное производство» [Мнацаканян, 2024]. Всё многообразие включённых в РХК отраслей определяет актуальность и подчёркивает сложность применения системы общеизвестных показателей и методов их диагностики, зачастую ставя проблему не только выбора из множества, но и необходимость адаптации той или иной методики к специфиности отдельных составляющих комплекса.

Среди общих направлений отраслевой политики, характерных для любой сферы деятельности, выделяют следующие: амортизационная, налоговая, кредитная, таможенная, внешнеэкономическая политика; действующая нормативно-правовая база; наличие в отрасли инновационных разработок и др. К специфичным факторам РХК, которые необходимо проанализировать на предмет наличия рисков и угроз, относятся состояние сырьевой базы, уровень добычи, производства и переработки готовой продукции, технико-технологическое состояние организаций и предприятий РХК и др. К уже перечисленным факторам следует также добавить вопросы, связанные с влиянием экологических аспектов на рыболовство, в том числе на состояние сырьевой базы, возобновляемость отдельных видов рыбы и других водных биоресурсов. Осо-

бое внимание также следует уделить вопросам продовольственной безопасности, включая возможность обеспечения продовольственной независимости страны. В данном контексте в исследование должны быть включены экспортно-импортные операции, позволяющие делать выводы о степени импортной зависимости, а также оценивать возможности экспортного потенциала [Дибурис, 2024] при определении направлений устойчивого развития РХК.

Многие из перечисленных выше показателей легко увязать в ESG-концепцию, сгруппировав их в три подсистемы – экономическую, социальную, экологическую, отдельные аспекты авторами были рассмотрены в работах [Mnatsakanyan, 2018, 2024]. К формируемому подходу также следует добавить индикаторы, характеризующие уровень продовольственной безопасности, без соответствия которым невозможно говорить о направлениях дальнейшего развития отраслей, составляющих основу продовольственного сектора.

Это предполагает очевидный вывод – необходимо совершенствовать сам методический подход к оценке РХК, расширив перечень показателей, сформированный с учётом отраслевых особенностей, целевых установок и задач в рамках национальных целей, а также соответствия критериям экономической безопасности, концепции устойчивого развития.

В силу того, что перечисленных аспектов, которые должны быть учтены в процессе анализа, достаточно много, возникает необходимость построения многоуровневой (многомерной) модели диагностики РХК. Для решения поставленной в ходе исследования задачи нами были применены известные в науке принципы систематизации к построению модели в целях объединения различных критериев и проекций диагностики РХК. Так, для структуризации и визуализации множества направлений и критериев, применяемых в ходе диагностики РХК, необходимо предложить классификатор, с помощью которого появится возможность не только структурировать существующую систему критериев и оцениваемых показателей, но и построить последовательность этапов диагностики.

В теории известны линейные, иерархические, комбинированные (матричные) и многомерные типы классификаторов. Чаще всего, в научной литературе мы встречаем иерархические классификаторы, которые строятся по нескольким основаниям, используются при необходимости детализации исходной сетки с помощью такого несложного преобразования, как «иерархически упорядоченная декомпозиция». Этот вид достаточно детализирован, упорядочен, что является безусловным достоинством и объясняет причины наиболее частого применения. Однако, недостаток, за-

⁵ Федеральный закон от 28.12.2010 г. № 390-ФЗ <http://www.kremlin.ru/acts/bank/32417>

ключающийся в отсутствии возможности представить объект по двум признакам одновременно, не позволяет говорить о его универсальности, в нашем случае, при множестве необходимых к учёту критерииев, его применение нецелесообразно. Позволяет позиционировать объект исследования по двум признакам одновременно комбинированный или матричный вид классификатора, который строится путём объединения и преобразования различных линейных классификаторов. Но при явных преимуществах все же есть и недостаток – использование возможно только для характеристики объекта на плоскости.

Очевидным, на наш взгляд, является то, что множество учитываемых критерииев делает возможным использование многомерного принципа классификации. Наглядно это можно представить в виде многогранника, каждая из сторон которого отсылает к тому или иному критерию, который, в свою очередь, учитывается при построении системы показателей для анализа и определяет последовательность проведения диагностики РХК (рис. 1).

По нашему мнению, многомерный классификатор, представляющий собой объединение нескольких одномерных классификаторов, выглядит привлекательно, расширяет визуальные возможности представления алгоритма исследования. Становится возможным «растягивать плоскости» и детализировать в нужной степени по строкам и столбцам, тем самым добиваясь необходимой системы детализации двух-, трех- и многомерных сеток классификации параметров.

Представленные на рис. 1 шесть плоскостей многогранника в данном случае показывают направления

и последовательность осуществления диагностики с учётом заложенных критериев, формируя систему показателей для оценки с заданной степенью детализации. В свою очередь, сама степень детализации зависит от того, есть ли отклонения расчётных значений показателей от их нормативных (пороговых) значений. Нумерация от одного до шести определяет также последовательность реализации этапов диагностики, в процессе которой осуществляется декомпозиция целей, задач, происходит подбор инструментов, применяемых в процессе анализа.

Каждый из представленных этапов диагностики предполагает осуществление повторяющихся операций и процедур:

- выбор перечня показателей для оценки с позиции выбранного к учёту критерия;
- определения нормативных (или пороговых) значений по каждому из сформированного перечня показателей;
- сравнение фактически рассчитанных значений с нормативными (пороговыми) в целях выявления отклонений;
- в случае выявления отклонений возникает необходимость проведения более глубокого и детального анализа причинно-следственной связи несоответствия фактически рассчитанных и пороговых значений показателей, что может привести к необходимости расширения перечня выбранных ранее показателей.

Как мы уже отметили, данные операции носят универсальный характер, повторяются при реализации каждого из этапов диагностики, соответственно,

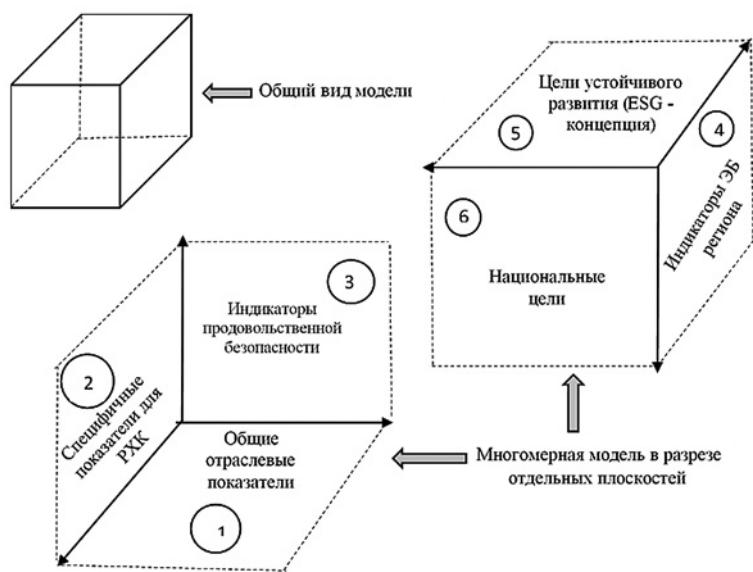


Рис. 1. Многомерная модель диагностики РХК

Fig. 1. Multidimensional model of diagnosis of the fisheries complex

количество повторений операций совпадает с количеством плоскостей, в нашем случае, их шесть.

Далее в рамках настоящей научной статьи охарактеризуем более подробно первую и вторую плоскости представленного многогранника, принимая во внимание, что плоскость соответствует этапу диагностики. Ниже на рис. 2 в виде фрагмента общкой блок-схемы изображена последовательность реализации двух первоначальных этапов диагностики РХК.

Остановимся подробнее на описании и выявлении особенностей первого и второго этапов.

Этап 1 – Анализ общих показателей, характеризующих состояние отрасли

Ранее авторами был определён «...примерный перечень показателей, которые характеризуют состояние в аспекте устойчивого развития РХК. Перечисленные показатели предлагается разделить на три блока: общие (универсальные), специфичные (в целом для РХК), отдельные индикаторы экономической безопасности (которые дополняют обе группы показателей, позволяя выявить возможные рисковые зоны)». Здесь отметим, что общие показатели могут быть сгруппированы следующим образом:

- характеризующие роль отрасли в экономике региона;
- характеризующие сырьевые ресурсы отрасли;
- характеризующие производство продукции;
- характеризующие состояние материально-технической базы;
- отражающие тренды потребления продукции.

Данные группы показателей могут быть применены при анализе любой из отраслей народного хозяйства либо характеризовать отдельные составляющие производственных комплексов. Состав показателей в каждой из групп определяется с учётом объекта исследования, что обосновывает переход к анализу следующей плоскости многогранника (второму этапу диагностики).

Этап 2 – Формирование перечня и анализ специфичных для РХК показателей

Анализ тенденций и факторов развития рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия имеет свои специфичные особенности, которые обусловлены широким спектром направлений, включая оценку и прогноз сбалансированности следующих продуктовых рынков: рынок зерна и зернопродуктов; рынок молока и молокопродуктов; рынок мяса и мясопродуктов; рынок картофеля и картофелепродуктов; рынок овощей, бахчевых культур и продуктов их переработки; рынок фруктов, ягод и продуктов их переработки; рынок сахара; рынок масла растительного; рынок рыбы и рыбопродуктов; рынок яиц и яйцепродуктов; рынок детского питания; рынок органической продукции. В свою очередь, полученные результаты анализа позволяют сделать выводы о наличии конкурентных преимуществ и потенциальные угрозы устойчивости продуктовых рынков.

Отмеченные выше направления и отдельные процессы включают многие аспекты, значит, должны быть оценены с помощью различных показателей. Говоря далее в рамках настоящей статьи только об

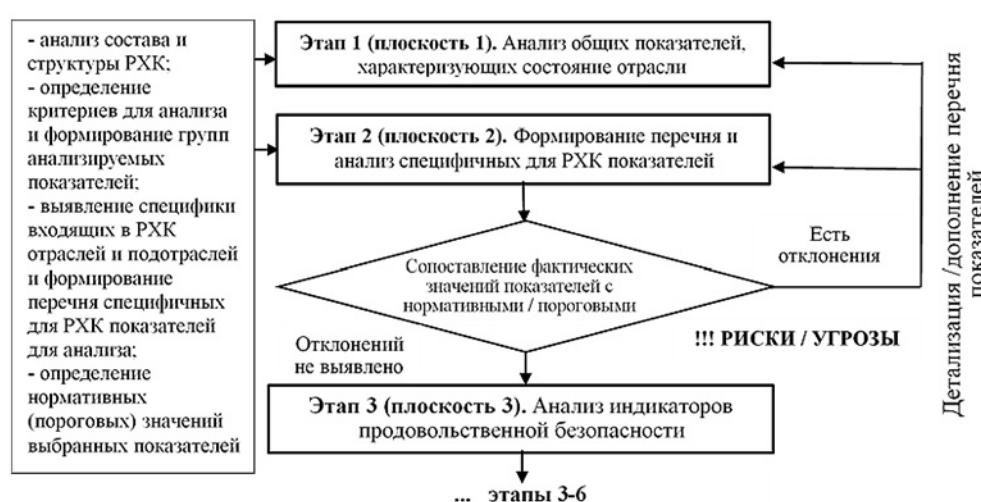


Рис. 2. Фрагмент блок-схемы процесса реализации этапов диагностики РХК в соответствии с предлагаемой многомерной моделью

Fig. 2. A fragment of the flowchart of the process of implementing the stages of diagnosis of the fisheries complex in accordance with the proposed multidimensional model

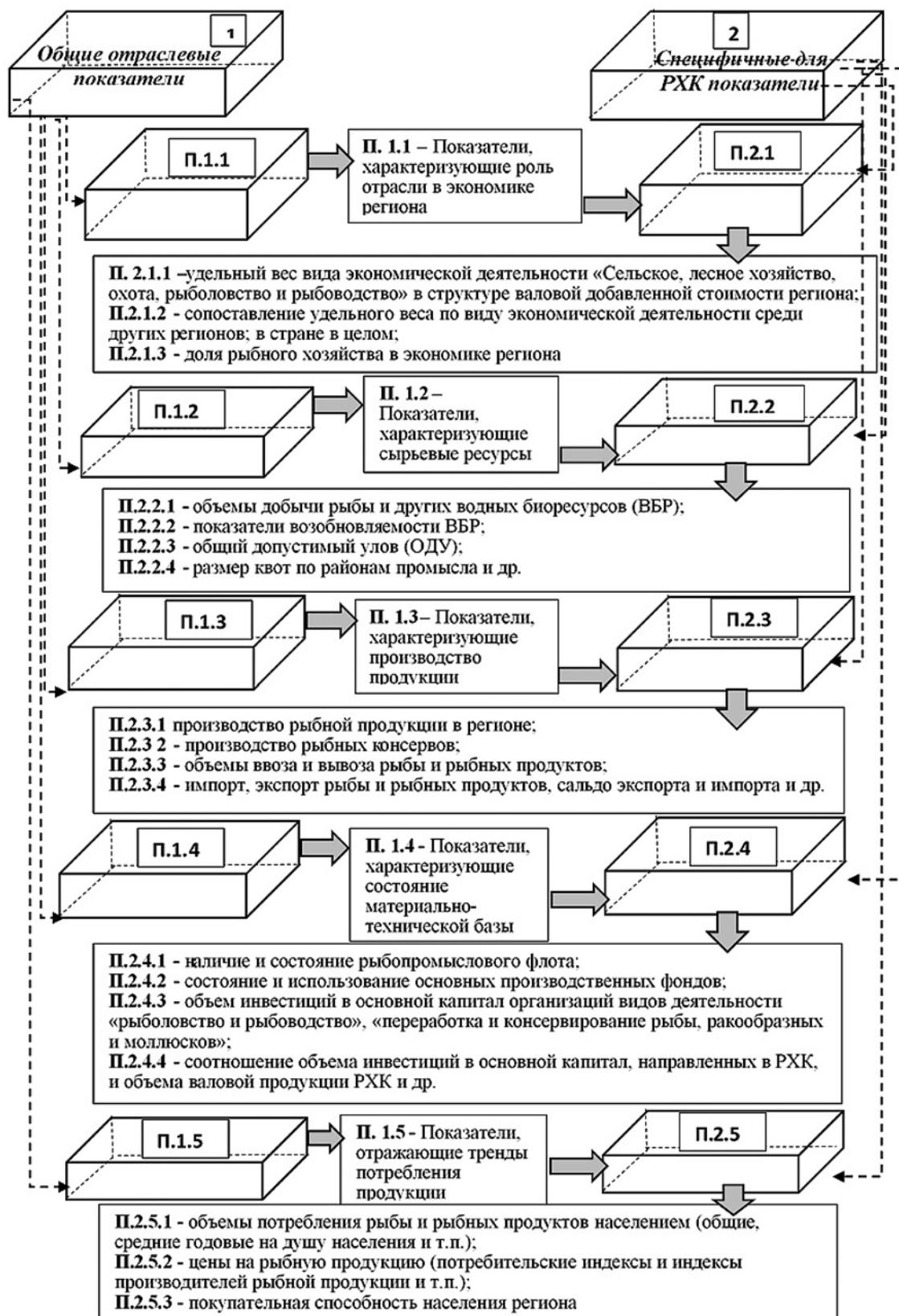


Рис. 3. Основные показатели для диагностики, составляющие основу плоскостей 1 и 2 многомерной модели диагностики RXC

Fig. 3. The main diagnostic indicators that form the basis of planes 1 and 2 of the multidimensional diagnostic model

обеспечении населения продукцией РХК, приведём некоторые показатели, которые отражают особенности анализа РХК. Полученный перечень показателей сформирован в результате группировки с учётом реализации этапа 1 (рис. 3).

Анализ перечисленные выше показателей в динамике за ряд лет позволит выявить тенденции, сложившиеся в РХК, определить их характер, сформулировать проблемные и рисковые зоны, выявить конкурентные преимущества. Подчеркнём, что в случае выявления несоответствия фактических значений показателей рекомендованным (нормативным) перечень анализируемых показателей может уточняться и расширяться до той степени, которая позволит определить причины этих несоответствий. В качестве значений для сравнения могут быть также использованы среднеотраслевые или средние по региону (стране) значения показателей, что поможет охарактеризовать ещё и уровень конкурентоспособности РХК.

Особенностью многомерной модели является и то, что визуализация сразу нескольких плоскостей (составности критериев) позволяет выявить те показатели, которые, раскрывая одну плоскость многогранника, могут повторяться и в других плоскостях. Например, отдельные показатели плоскости 2 могут отражать

также и критерии, которым соответствуют показатели плоскости 3 «индикаторы продовольственной безопасности», что фрагментарно проиллюстрировано на рис. 4.

Составляя основу для оценки с позиции одного из критериев диагностики, отдельные показатели могут входить одновременно в различные перечни. Это можно увидеть в ходе реализации отдельных этапов многомерной модели. Таким образом, наряду с другими преимуществами, модель позволяет исключить «двойной счёт», упрощая тем самым процедуры и операции процесса диагностики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный подход к построению и применению многомерной модели, предполагающей возможность учёта разнообразных критериев при осуществлении диагностики РХК, на наш взгляд, может быть полезен с разных сторон. Во-первых, он способствует большей степени визуализации отдельных этапов диагностики, их последовательности и взаимосвязи.

Во-вторых, позволяет провести комплексное исследование состояния РХК с точки зрения различных критериев, включая аспекты достижения утверждённых национальных целей, целей устойчивого разви-

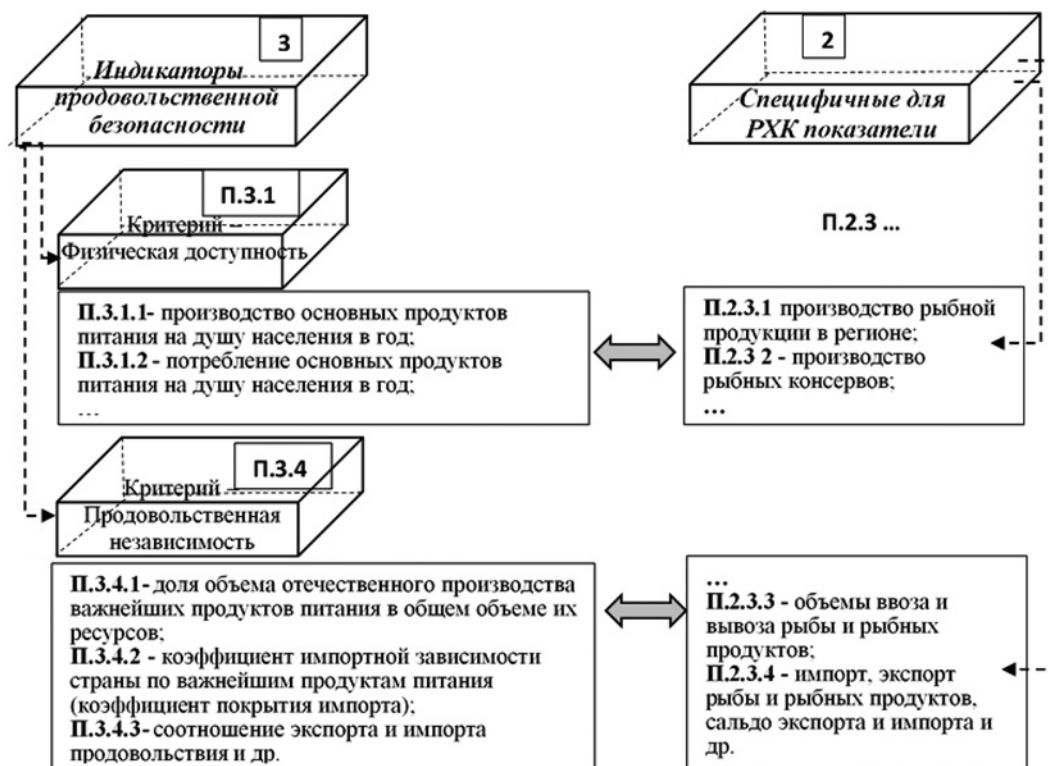


Рис. 4. Пример «пересечения» показателей различных плоскостей многомерной модели диагностики РХК

Fig. 4. An example of the «intersection» of indicators of different planes of a multidimensional model of diagnosis of the fisheries complex

тия, реализации основных положений, обозначенных стратегическими документами различного уровня, особенностей социально-экономического развития регионов страны, включая различные составляющие потенциала экономики региона.

В-третьих, степень детализации анализа может быть в процессе диагностики уточнена в зависимости от того, какие несоответствия выявлены в результате сопоставления фактически рассчитанных и пороговых (нормативных) значений сформированного перечня показателей, что позволяет оценить возможные риски и угрозы.

Результаты апробации модели диагностики могут быть учтены при совершенствовании подходов к диагностике объекта исследования, разработке направлений его устойчивого развития, стать основанием для корректировки стратегических программных документов в отношении регионального РХК или его отдельных элементов.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена по личной инициативе, без дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Анищенко А.Н. 2013. Оценка продовольственной безопасности региона // Проблемы развития территории. № 4 (66). С. 30-39.
- Дибурис К.М. 2024. Оценка экспортного потенциала рыбохозяйственного комплекса в аспекте обеспечения региональной продовольственной безопасности // Вестник КГМТУ. № 1. С. 93-102.
- Колончин К.В., Труба М.А., Кузичева Н.Ю. 2023. Тенденции развития аквакультуры в России: перспективы качественного улучшения продовольственной безопасности и устойчивого роста экономического потенциала отрасли // Продовольственная политика и безопасность. Т. 10 № 3. С. 533-546.
- Криворотов В.В., Никонов О.И., Ануфриев В.П. 2012. Проблемы устойчивого развития социально-экономических систем. М.: Экономика. 556 с.
- Куклин А.А. 2014. Экономическая безопасность регионов: теоретико-методологические подходы и сравнительный анализ // Фундаментальные исследования. № 6-1. С. 142-145.

Миронова О.А., Поздеев В.Л., Бобошко В.И. 2024. Экономическая безопасность в новой реальности. Теория и методология. М.: Изд-во ЮНИТИ-ДАНА. 408 с.

Мнацаканян А.Г., Побегайло М.Г. 2022. Оценка уровня самообеспечения региона продовольствием // АПК: экономика, управление. № 3. С. 74-82.

Мнацаканян А.Г., Побегайло М.Г. 2024. Развитие подходов к оценке регионального рыбохозяйственного комплекса в аспекте обеспечения продовольственной безопасности // Рыбохозяйственный комплекс России: 300 лет российской академической науке. II Межд. науч.-практ. конф., Москва, 27-28 марта 2024 года. М.: Изд-во ВНИРО. С. 667-676.

Оловянников Д.Г. 2019. Методика оценки состояния продовольственной безопасности региона // Известия Иркутской гос. экон. академии. № 3. С. 60-63.

Сергеев Л.И., Самсонов А.В. 2024. Тенденции развития рыбохозяйственного комплекса и потребления рыбной продукции в стране // Труды ВНИРО. Т. 197. С. 152-164.

Ушачев И.Г. Колесников А.В. 2022. Угрозы экономической безопасности при переходе к цифровой экономике: аграрный аспект // Стандарты и качество. № 7. С. 16-19.

Ушачев И.Г., Серков А.Ф., Бондаренко Л.В., Маслова В.В. 2023. Научные подходы по корректировке стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов на период до 2030 года // АПК: экономика, управление. № 7. С. 3-14.

Mnatsakanyan A., Kuzin V. 2018. Trends and features of socio-economic development of the Kaliningrad region // Advances in Economics, Business and Management Research (AEBMR). V. 39. 61-63. DOI: 10.2991/cssdre-18.2018.14.

Mnatsakanyan A. Pobegaylo M. 2024. Sustainable Development Goals Achievement in the Context of Regional Economic Security // Ecosystems Without Borders 2024: Opportunities and Challenges (The series «Lecture Notes in Networks and Systems»). Proc. of the Third Inter. Conf., Kaliningrad, 01-29 февраля 2024 года. V. 1092. Kaliningrad: Springer Nature Switzerland AG. P. 111-120. DOI 10.1007/978-3-031-67354-2_13.

REFERENCES

- Anishchenko A.N. 2013. Assessment of food security in the region // Problems of territorial development. No. 4 (66). P. 30-39. (In Russ.).
- Diburis K.M. 2024. Assessment of the export potential of the fisheries sector in terms of ensuring regional food security // Bulletin of KGMU. No. 1. P. 93-102. (In Russ.).
- Kolonchin K.V., Truba M.A., Kuzicheva N.Y. 2023. Trends in the development of aquaculture in Russia: prospects for qualitative improvement of food security and sustainable growth of the economic potential of the industry // Food policy and security. V. 10. No. 3. P. 533-546. (In Russ.).
- Krivorotov V.V., Nikonorov O.I., Anufriev V.P. 2012. Problems of sustainable development of socio-economic systems. Moscow: Economics. 556 p. (In Russ.).

- Kuklin A.A. 2014. Economic security of regions: theoretical and methodological approaches and comparative analysis // Fundamental Research. No. 6-1. P. 142-145. (In Russ.).*
- Mironova O.A., Pozdeev V.L., Boboshko V.I. 2024. Economic security in the new reality. Theory and Methodology. Moscow: UNITY-DANA Publishing House. 408 p. (In Russ.).*
- Mnatsakanyan A.G., Pobegaylo M.G. 2022. Assessment of the level of self-sufficiency of the region with food // Agroindustrial complex: economics, management. № 3. P. 74-82. (In Russ.).*
- Mnatsakanyan A.G., Pobegaylo M.G. 2024. Development of approaches to the assessment of the regional fisheries complex in the aspect of ensuring food security // «The fisheries complex of Russia: 300 years of Russian academic science». II Intern. Scient. and Pract. Conf., Moscow, March 27-28, 2024. Moscow: VNIRO Publish. P. 667-676. (In Russ.).*
- Olovyanikov D.G. 2019. Methodology for assessing the state of food security in the region // Izvestiya Irkutsk SEA. No. 3. P. 60-63. (In Russ.).*
- Sergeev L.I., Samsonov A.V. 2024. Trends in the development of the fisheries complex and consumption of fish products in the country // Trudy VNIRO. V. 197. P. 152-164. (In Russ.).*
- Ushachev I.G. Kolesnikov A.V. 2022. Threats to economic security during the transition to the digital economy: an agrarian aspect // Standards and quality. No. 7. P. 16-19. (In Russ.).*
- Ushachev I.G., Serkov A.F., Bondarenko L.V., Maslova V.V. 2023. Scientific approaches to adjusting the strategy for the development of agro-industrial and fisheries complexes for the period up to 2030 // Agroindustrial complex: Economics, Management, No. 7, pp. 3-14. (In Russ.).*
- Mnatsakanyan A., Kuzin V. 2018. Trends and features of socio-economic development of the Kaliningrad region // Advances in Economics, Business and Management Research (AEBMR). V. 39. 61-63. DOI: 10.2991/cssdre-18.2018.14.*
- Mnatsakanyan A. Pobegaylo M. 2024. Sustainable Development Goals Achievement in the Context of Regional Economic Security // Ecosystems Without Borders 2024: Opportunities and Challenges (The series «Lecture Notes in Networks and Systems»). Proc. of the Third Inter. Conf., Kaliningrad, 01-29 февраля 2024 года. V. 1092. Kaliningrad: Springer Nature Switzerland AG. P. 111-120. DOI 10.1007/978-3-031-67354-2_13.*

*Поступила в редакцию 05.05.2025 г.
Принята после рецензии 02.10.2025 г.*

История

МИНИСТР А.А. ИШКОВ В ВОСПОМИНАНИЯХ УЧЁНЫХ

Зиланов В.К.

Заслуженный работник рыбного хозяйства России, бывший зам. Министра рыбного хозяйства СССР,
почётный доктор МГТУ (Мурманск)

В этом году 29 августа исполнилось 120 лет со Дня рождения Министра рыбного хозяйства СССР Александра Акимовича Ишкова, который на протяжении почти 40 лет возглавлял рыбную отрасль страны. За этот период, благодаря достигнутым результатам, удалось выйти на мировой уровень, обеспечив население страны рыбой и рыбопродукцией по нормам, рекомендованным в то время Минздравом СССР. Эти успехи неразрывно связаны с именем А.А. Ишкова – талантливого организатора и руководителя рыбной отрасли.



В основе успехов – опора Александра Ишкова при принятии стратегических решений по развитию рыбного хозяйства страны на отечественные научные достижения в области морепользования и, прежде всего, в рыбопромысловом направлении. Об это свидетельствуют воспоминания учёных, опубликованные в подготовленном Советом ветеранов рыбной отрасли (г. Москва) сборнике «Министр Александр Ишков. К 120-летию со Дня рождения»¹.

Из 22 очерков сборника 11 – воспоминания учёных самых разных направлений: от исследователей водных биоресурсов до создателей техники промышленного рыболовства и других направлений. В них отражены и то влияние, которое оказывал А. Ишков на формирование рыболовственной науки, и то, как он

сам применял на практике рекомендации учёных, среди которых директора НИИ рыбного хозяйства – к.г.н. Алексеев А.П., к.г.н. Котенев Б.Н., д.б.н. Пономаренко В.П., д.б.н. Иванов В.П., руководители проектно-конструкторских учреждений, управлеченческих и производственных организаций – к.т.н. Романов В.А., д.т.н. Никоноров И.В., к.э.н. Кокорев Ю.И., к.ф.н. Лукашева Е.А., Щепановский А.А. и многие другие.

Полагаю, читатели по достоинству оценят эти уникальные по своему содержанию воспоминания о Министре Александре Акимовиче Ишкове и то значение, которое он уделял рыболовственной науке.

Основа отрасли – научное обеспечение сырьевой базой

Большое внимание Александром Акимовичем уделялось становлению и развитию отраслевых научно-исследовательских институтов и рыбопромысловых разведок, при этом решались не только текущие повседневные проблемы, но и ставились задачи на долгосрочную перспективу.

Он был сторонником формирования самостоятельных бассейновых научно-исследовательских институтов рыбного хозяйства – ПИНРО, Атлантический НИРО, АзЧерНИРО, КаспНИРО, ТИНРО и других – под методическим руководством головного Всесоюзного НИИ рыбного хозяйства и океанографии.

Все попытки ряда руководителей из науки подчинить бассейновые НИИ в административно-финансовом отношении непосредственно ВНИРО отвергались Министром как нецелесообразные и ведущие к ограничению формирования научных школ на бассейнах. Ишков способствовал укреплению их материально-технической базы, прежде всего, флота. В этих целях при Александре Акимовиче был сформирован научно-исследовательский флот из 21 НИС разных классов, а также введены в строй 212 поисковых судна рыбопромысловой разведки, что позволило отечественной рыболовственной науке занять ведущее место в исследовании запасов и знании сырьевой базы Мирового океана.

Безусловно, в приоритете было формирование устойчивой сырьевой базы морского, океаническо-

¹ Министр Александр Ишков. К 120-летию со дня рождения 2025. В.К. Зиланов, авт.-сост. М.: Родина / 288 с.

го рыболовства Советского Союза. Этому вопросу уделялось много внимания. Ишков сам принимал и выслушивал учёных, специалистов промразведки, наиболее важные вопросы выносил на рассмотрение Учёных советов бассейновых НИИ, головного института ВНИРО и Научно-технического совета Министерства, а также на Коллегию Минрыбхоза. Александр Акимович неоднократно лично участвовал в таких заседаниях бассейновых НИИ при рассмотрении наиболее важных вопросов.

Специализация бассейновых промразведок в тесной увязке с разработками учёных на перспективных работах позволила в 60-80-е годы открыть и освоить самые отдалённые районы промысла в Мировом океане: районы Африки, Латинской Америки, Антарктики, юго-восточной части Тихого океана, юго-западной части Тихого океана, Австралии, Новой Зеландии, акватории Индийского океана. В результате объёмы вылова стремительно росли: 1955 год – 2,7 млн тонн, 1960 год – 3,5 млн тонн, 1965 год – 5,7 млн тонн, 1970 год – 7,7 млн тонн, 1975 год – 10,4 млн тонн. Росло и потребление рыбной продукции в стране, особенно в приморских регионах РСФСР, составляя 25-30 кг на человека в год.

Таких темпов роста уловов не знала ни одна страна в мире. Советский Союз по добыче рыбы вышел на первое место, опередив традиционного лидера – Японию.

Не осталось вне поля зрения Александра Ишкова и развитие рыболовства во внутренних реках и озёрах, а также прудового хозяйства страны. Была создана рыбоводная индустрия с учётом климатических зон и особенностей тех или иных районов страны. Действовали 163 аквакультурных предприятия и 13 производственно-акклиматационных станций, которые пополняли реки, озера и другие водоёмы цennыми видами рыб.

Успешно велись работы по восстановлению запасов осетровых в Волжско-Каспийском бассейне. Широкое развитие по спасению рыбы во внутренних водоёмах среди школьников и молодёжи получило движение «Голубые патрули», которому Александр Акимович уделял особое внимание, рассматривая его, в том числе как обучение молодого поколения бережному отношению к рыбным запасам и природе в целом. Он неоднократно лично встречался с активистами «Голубых патрулей».

Формирование рыболовной дипломатии

Александр Ишков хорошо понимал, что промысел в удалённых районах Мирового океана требует поддержки берега, причём немалой (пополнение продук-

тами, ремонт, отдых экипажей, перегрузка судов и т. д.). В этой связи совместно с МИДом, Министерством внешних экономических связей СССР начались широкомасштабные работы по установлению международного сотрудничества с прибрежными зарубежными государствами, вблизи берегов которых работал наш рыбакский флот. Были проведены многочисленные переговоры со странами Африки, Америки и Азии. Многие делегации Министр возглавлял сам.

Характерным для Александра Акимовича было то, что он тщательно готовился к переговорам. Просматривал материал, собирая информацию из различных доступных источников, выслушивал мнение членов делегации, особенно представителей науки и тех, кто приезжал из рыбохозяйственных бассейнов. На заключительном этапе подготовки, если он чувствовал неясность исхода переговоров (такое бывало не раз), Министр предлагал «проиграть» их, при этом сам как бы представлял советскую сторону. В ходе такой «игры» всплывали необычные развязки, которые нередко возникали и использовались в настоящих переговорах.

В составы рыбохозяйственных делегаций, возглавляемых им, включались, по его рекомендации, ведущие учёные отрасли, владеющие тематикой обсуждаемых вопросов, и это, как правило, оправдывалось. Среди них были такие ведущие отечественные учёные, признанные на мировом уровне, как д.б.н. Моисеев П.А., д.б.н. Марти Ю.Ю., д.б.н. Маслов Н.А., к.г.н. Алексеев А.П., д.б.н. Федоров С.С., д.б.н. Пономаренко В.П., д.т.н. Никоноров И.В. и многие другие.

Встречи Александр Ишков проводил спокойно, стараясь расположить к себе партнёра. При этом старательно следил, чтобы не создавалось «завалов», которые бы привели к срыву. Аргументация была очень чёткая. Министр умел слушать собеседника, опровергать аргументы, не отвечавшие интересам отечественного рыболовства. Не отрицал и возможности собственного отступления, но до определённого предела, до предела директив. Были случаи, что Александр Акимович выходил за директивы, но ответственность всегда брал на себя.

Норвежская газета «Фискарен» давала такую характеристику нашему Министру: «Ишков производил впечатление человека живого, общительного, знающего много. Но за столом переговоров он был твёрд, и в этом норвежские власти убедились, начиная с переговоров о 200-мильной зоне и соглашении по рыболовству и кончая договором о «смежной зоне» и нерешёнными вопросами по Шпицбергену».

Многие предложения, которые выдвигал Александр Акимович, были рассчитаны на годы вперёд.

Это касалось сотрудничества с Норвегией, Фарерскими островами, Канадой, Японией, Анголой, Марокко, Мавританией, Новой Зеландией и многими другими странами. Все зарубежные партнёры, с которыми Ишков вёл переговоры (а это были министры рыболовства, иностранных дел, первые руководители государств), высоко отзывались о нём и особенно ценили его стратегическое мышление.

Так, бывший министр рыболовства Норвегии Эйвен Болле рассказал мне, что предложение Александра Ишкова подписать соглашение о создании Совместной советско-норвежской комиссии по рыболовству (СРНК) показалось ему идеей бесперспективной и министр пошёл на подписание без всякого энтузиазма. Однако спустя годы Эйвен Болле убедился в обратном: работа советско-норвежской, а впоследствии российско-норвежской комиссии позволила избежать рыболовных конфликтов между двумя странами и решить все вопросы взвешенно. Таких примеров в деятельности Александра Акимовича на международном уровне много.

Большое внимание Министр уделял отношениям нашей страны с Японией в области рыболовства. Он по-доброму завидовал лидерству японской рыбной промышленности. Все ответственные переговоры со Страной восходящего солнца, а это разработка и заключение послевоенных конвенций, соглашений, договорённостей по принципиальным вопросам взаимного промысла, Александр Ишков либо вёл сам, либо они осуществлялись под его руководством и контролем. Он уважительно относился к коллегам из Японии, они, в свою очередь, ценили его за твёрдость слова.

Министр стремился всё полезное, увиденное в японской рыболовной промышленности, применять в Советском Союзе, но с поправкой на наш менталитет и опыт. К территориальным притязаниям Японии он относился отрицательно и считал, что «не надо ворошить историю, от этого только проигрывают рыбаки и народы наших двух соседних стран». Когда в 1956 году было принято принципиальное решение о возможной передаче Японии группы островов Малой Курильской гряды (Хабомаи и Шикотана) после заключения мирного договора, Александр Ишков доложил в ЦК КПСС и правительству СССР об ожидаемых потерях отечественного рыболовства. По существу, он выступил против такого решения.

Как государственный деятель своей эпохи Министр много времени уделял развитию сотрудничества в области рыбного хозяйства со странами – членами СЭВ, в частности, с Болгарией, Польшей, Румынией, Венгрией, Чехословакией, ГДР, Кубой, Вьетнамом, Китаем, а также с развивающимися государствами

Африки, Азии и Латинской Америки. Такое взаимодействие включало не только совместный промысел, но и строительство портов, рыбокомбинатов, подготовку кадров.

По-особому Александр Ишков относился к многосторонней дипломатии – деятельности международных межправительственных организаций по использованию морских живых ресурсов. Несмотря на признание им важности этого направления, всю практическую работу вели заместители Министра или начальники управлений. Вместе с тем, переговоры с Евросоюзом Александр Акимович вёл сам и добился согласия политбюро ЦК КПСС о заключении с ЕС соглашения в области рыболовства. Это было по тем временам весьма сложно.

Во всех международных делах Александр Ишков опирался на мнения учёных, хотя часто его отношения с тем или иным специалистом складывались не-просто. Министр никогда не ставил свою подпись под каким-либо научным трудом или научной разработкой. В этом отношении он был щепетилен.

Следует отметить положительное отношение Александра Акимовича к созданию представительств Минрыбхоза за рубежом, смешанных советско-иностранных компаний, экспедиций в области как рыболовства, так и обработки рыбы с участием иностранных партнёров. Причём, всё это формировалось под покровительством Министра задолго до официального принятия курса на освоение рыночных отношений.

Безусловно, Александр Ишкову приходилось все связанные с международным сотрудничеством вопросы «пробивать» в Госплане, МИДе, МВС, Минфине, а главное, на Старой площади в ЦК КПСС. Конечно, были и неудачи, но Александр Акимович не терял оптимизма.

Много энергии Министр отдал организации и проведению международной выставки «Инрыбпром». Она последовательно проводилась в Ленинграде при непосредственном участии Министра в 1968-1975 годах и затем организовывалась один раз в 5 лет. Целью было не только показать, чем располагает отечественное рыбное хозяйство, но и привлечь ведущие иностранные рыболовные державы и фирмы к взаимовыгодному сотрудничеству. Вместе с тем Александр Ишков неизменно добивался у правительства СССР выделения отрасли необходимых финансовых средств – инвалюты для заключения контрактов с зарубежными партнёрами на покупку техники и даже заказов на строительство судов.

На «Инрыбпром» шли, как правило, переговоры с представителями других государств, крупнейших

компаний. В центре внимание были и встречи учёных из разных стран. Словом, и здесь Министр шёл широкими стратегическими шагами к заветной цели – вывести отрасль в мировые лидеры.

Эпоха холодной войны и надвигающийся раздел Мирового океана серьёзно осложняли работу отечественного промыслового флота. Особенно беспокоило Александра Акимовича готовящееся введение 200-мильных рыболовных экономических зон, так как именно в пределах этого пояса у побережий зарубежных государств отечественный флот добывал около 5,6 млн из 10,4 млн тонн. Потеря таких объёмов была бы тяжёлым ударом не только для отрасли, но и для продовольственной безопасности страны. Поэтому усилия Министерства и самого Александра Ишкова были направлены на недопущение введения 200-мильных зон. Одновременно реализовывался комплекс внешнеполитических инициатив по смягчению этого последствия – на случай, если предотвратить введение зон всё же не удастся.

Так, в 1972 году Александр Акимович провёл в Москве совещание министров, отвечающих за вопросы рыболовства, пяти социалистических государств – Болгарии, Венгрии, Польши, СССР и Чехословакии. На этой встрече приняли Декларацию о принципах рациональной эксплуатации живых ресурсов Мирового океана в общих интересах всех народов земного шара.

В документе было особо подчёркнуто: «Сотрудничество всех заинтересованных государств в области изучения и регулирования промысла живых морских ресурсов является необходимым условием их рационального использования и повышения рыбопродуктивности Мирового океана. Однако раздел между государствами значительной части биологически взаимосвязанных районов открытого моря путём установления прибрежными государствами особых зон большой ширины (например, свыше 12 миль) и провозглашение исключительных прав прибрежных государств на постоянно мигрирующие в море рыбные стада сделали бы выполнение этой задачи невозможным». Декларация была распространена как документ на Генеральной ассамблее ООН (A/AC 138/85, 17 августа 1972 года).

Таким образом, задолго до введения 200-мильных зон Александр Ишков предвидел надвигающуюся опасность и изо всех сил старался предотвратить передел Мирового океана либо обеспечить работу флота в новых условиях. Многое в этом направлении удалось сделать, однако в 1975-1976 годы 200-мильные зоны все-таки стали вводить – лавинообразно, до завершения работы Конференции ООН по морскому праву, где этот вопрос был одним из главнейших.

Это серьёзно осложнило работу отечественного рыболовного флота. Пришлось покинуть целый ряд районов промысла вблизи берегов Северной и Южной Америки, ряд районов Африки. Годовой вылов снизился почти на 1,5 млн тонн и составлял около 9 млн тонн. Существовала опасность дальнейшего неконтролируемого снижения объёмов добычи, вплоть до простоя флота и сворачивания работы в отдалённых районах Мирового океана.

В этих сложных условиях велась напряжённая дипломатическая работа по размещению рыболовных судов СССР на определённых условиях в 200-мильных зонах иностранных государств. Были привлечены учёные не только из отраслевых институтов, но и академических.

За короткий период как глава советской делегации А.А. Ишков посетил десятки стран. Это, прежде всего, Чили, Перу, Сенегал, Мавритания, Ангола, США, Куба, Канада, Новая Зеландия, Исландия, Норвегия, Англия, Швеция, Сенегал, Индия, Вьетнам и другие. Были достигнуты взаимоприемлемые договорённости о сотрудничестве в области рыболовства.

История мирового рыболовства не знала такой масштабной и результативной работы в отдельно взятой области – морском промысле. По существу, Министр Александр Ишков сформировал новое направление – дипломатию в области морского, океанического рыболовства.

Рыболовная дипломатия Министра А.А. Ишкова дала свои плоды, что позволило буквально в течение двух лет стабилизировать вылов на отметке в 9 млн тонн. Одновременно шла скрупулёзная работа по расширению сырьевой базы отечественного промысла в открытых районах Мирового океана за пределами 200-мильных экономических зон. По этому направлению были получены неплохие результаты. Открыли новые районы и объекты лова в водах Антарктики, в юго-восточной части Тихого океана и даже в ближайших к отечественным портам открытых районах Северной Атлантики и Северной части Тихого океана.

В результате прирост сырьевой базы составил не менее 3-3,5 млн тонн в год.

Однако в практическом плане этими достижениями воспользовались уже последователи Александра Ишкова – следующие министры рыбного хозяйства СССР Владимир Каменцев (1979-1986 годы), Николай Кудрявцев (1986 год) и Николай Котляр (1987-1991 годы). Они достойно продолжили дело Александра Акимовича, выведя рыболовство Советского Союза из кризиса, вызванного введением 200-мильных зон, и доведя ежегодный вылов до 11-11,3 млн тонн, обеспечив реализацию мечты Ишкова о лидерстве СССР

как рыболовной державы в мире и увеличив потребление отечественной рыбопродукции в стране.

Взгляд в будущее

Выходя на пенсию, Александр Акимович не планировал полностью прекратить трудовую и творческую деятельность. Он задумал написать книгу о становлении и перспективах развития рыбного хозяйства страны. Для составления плана книги Ишков не раз собирал у себя дома тех, кто мог ему искренне посодействовать в этой интересной работе. Среди них были д.б.н. Моисеев П.А., к.э.н. Азизов, автор этих строк и ряд других специалистов и учёных. Был подготовлен подробный план, и Александр Акимович приступил совместно с соратниками к подбору материала.

Между тем его продолжала беспокоить болезнь, к тому же заболела и его верная спутница жизни – обаятельная, скромная Лидия Ивановна.

На одну из наших встреч, беспокоясь за будущее отрасли, особенно за возможную потерю районов лова в целом ряде акваторий Мирового океана, он попросил принести карту Южного океана с морскими районами Антарктики и, рассматривая её, выдвинул весьма перспективную идею. Суть её заключалась в создании с частными фирмами из стран, примыкающих к районам промысла, смешанных предприятий для береговой переработки и последующего сбыта криля и рыбы. Предполагалось одну часть продукции реализовывать на мировом рынке, а другую – в нашей стране.

«Опорных точек», где флот бы действовал постоянно, в Южном океане определилось 10, в том числе в Новой Зеландии, Австралии, Аргентине, Чили, ЮАР и на ряде островов. Такой подход, по мнению Александра Акимовича, позволил бы на прочной основе довести вылов в Южном океане до 5-6 млн тонн и удерживать его постоянно, а также привлечь иностранные инвестиции для обновления и строительства флота и береговых перерабатывающих мощностей.

Однако уже образующаяся «изолированность» бывшего Министра от действующих госструктур не позволила ему полностью развить интересную идею. Вместе с тем, используя такой подход, в последующем всё же удалось получить «добро» от ЦК КПСС и правительства СССР на создание смешанных советско-иностранных компаний по добыче рыбы в открытых районах Мирового океана. К сожалению, на практике его реализовать не удалось по известным «реформаторским» причинам, а затем и в связи с развалом СССР.

Примерно в это же время Ишков при встрече вдруг неожиданно для меня спросил: «Поедешь со мной работать за границу?» Я опешил, ведь здоровье Александра Акимовича было не на высоте. Подумав, все же ответил: «Да, готов». Тогда Ишков впервые за весь период моей работы под его началом, хлопнул меня по плечу и сказал: «Пока никому ни слова. В Анголу буду проситься советником по рыболовству в правительство Душ Сантуша. Некоторая поддержка «в верхах» имеется».

К этой теме больше Александр Акимович не возвращался: здоровье ухудшалось, к тому же ушла из жизни Лидия Ивановна.

Последний мой разговор с Александром Акимовичем Ишковым состоялся в середине мая 1988 года, незадолго до его кончины. Я позвонил ему в больницу, попросился проведать, сказав, что получил назначение на должность заместителя Министра рыбного хозяйства СССР. Александр Акимович очень взволнованно и как-то необычайно радостно поздравил, затем, помолчав, добавил: «Все у нас было. Одно время я хотел тебя перевести в научно-исследовательский институт, потом раздумал. Был случай, предлагал и на должность заместителя Министра, но кое-кто в отделе ЦК КПСС не соглашался. Еще раз поздравляю: заслуженно. Выйду из больницы, заходи, есть о чём поговорить».

Это были последние слова, которые я слышал от Александра Акимовича Ишкова. Он ушёл из жизни 1 июля 1988 года в возрасте 83 лет.

Однако даже после этого он не давал покоя своим недоброжелателям. Распространялись слухи о том, что Ишков якобы покончил с собой, или что его судили и расстреляли в связи со вскрытыми хищениями в магазинах «Океан». Всё это вымыслы, рождённые завистью к его достижениям, к достижениям Советского Союза в области морского рыболовства. Эти достижения в период руководства отраслью Александра Акимовича и сейчас не дают покоя поборникам нового русского капитализма. Годами мусолится в СМИ так называемое «рыбное дело», создаются фильмы, телепередачи, основанные на вымыслах и «полетах мысли», но не на фактах. Видимо, это нужно, прежде всего, либеральным правящим кругам новой капиталистической России, которые стремятся опорочить не только Ишкова, но и весь советский период нашей страны. Но факты говорят о другом.

Норвежцы, которые больше всех ценили Александра Акимовича как Министра и партнёра по переговорам, в одной из своих ведущих газет писали: «Сообщение о том, что 73-летний Министр рыбного

хозяйства СССР Александр Ишков покидает свой пост, отчётливо знаменует окончание эпохи бурного развития рыболовства в Советском Союзе».

В принципе эти слова оказались пророческими. С развалом СССР рыбное хозяйство России столкнулось с невиданными трудностями и вот уже почти 30 лет находится в поиске, прежде всего, надлежащего управления на федеральном уровне отраслью и в определении главных целевых установок. Это уже

отдельная тема для других людей с другим мировоззрением.

Как участник тех событий, привожу некоторые личные воспоминания о Министре А.А. Ишкове, касающиеся его отношения к рыбохозяйственной науке, учёным и их взглядам, опубликованные в книге памяти Александра Акимовича.

А.А. ИШКОВ: ОТНОШЕНИЕ К НАУКЕ И УЧЕНЫМ²

Алексеев А.П.³

Вспоминая А.А. Ишкова как выдающегося организатора рыбного хозяйства, морского и океанического рыболовства, талантливого деятеля общенационального масштаба невозможно обойти вниманием его отношения с наукой (и не только отраслевой) и учёными.

Автор этих заметок впервые познакомился с морскими рыбохозяйственными исследованиями в двух экспедициях на научно-исследовательском судне ПИНРО «Саратов», на котором в качестве студента-океанолога в 1948 г. проходил практику. Тогда и созрело окончательное решение связать свою дальнейшую судьбу с рыбной отраслью. Об А.А. Ишкове я услышал от учёных ПИНРО, больше всего от Ю.Ю. Марти – одного из первооткрывателей скоплений крупной половозрелой сельди в Гренландском море. В годы аспирантуры (1951 и 1952 гг.) довелось участвовать в длительных научно-промышленных экспедициях в Норвежское и Гренландское моря на выделенном для ПИНРО СРТ мурманской постройки «Кораблестроитель», быть свидетелем создания крупномасштабного океанического промысла сельди.

Этот сложный процесс проходил при повседневном активном участии рыбохозяйственной науки, ко-

торой, как и развивавшемуся промыслу, приходилось двигаться по неизведанному пути. Министерство рыбной промышленности СССР, его руководитель, несмотря на сложности послевоенного времени, постоянно оказывали помощь ПИНРО в создании материально-технической базы, укреплении кадрового состава, в том числе и путём командирования в экспедиции сотрудников ВНИРО. По решению Министерства, поддержавшего предложения ПИНРО (в основном руководителя исследований атлантической сельди Ю.Ю. Марти), Гипрорыбфлот разработал удачный проект научно-промышленного судна для Норвежского и Гренландского морей (автор Ф.П. Мурагин). Два таких НИСа – «Профессор Месяцев» и «Академик Берг» были без задержек построены на Мурманской судоверфи и уже в 1953 г. начали участвовать в морских исследованиях в рамках Северо-Атлантической сельдяной экспедиции.

А.А. Ишков, придавая огромное значение развитию сельдяного рыболовства, поддерживал постоянные контакты по телефону с Ю.Ю. Марти, часто вызывал его в Москву. Автор этих строк, направленный в конце 1953 г. на постоянную работу в ПИНРО в группу Марти, был свидетелем этого и иногда участником.

Попытки использования эхолота для поисков рыбы предпринимались в ПИНРО ещё в довоенные годы с борта «Персея», однако востребованность гидроакустической техники резко возросла в условиях Северо-Атлантической экспедиции. А.А. Ишков прекрасно понимал те выгоды, которые дают эхолоты и гидролокаторы при поиске скоплений сельди на огромных пространствах Норвежского и Гренландского морей. Поэтому были быстро созданы специальные лаборатории в ПИНРО и ВНИРО, обеспечившие разработку необходимой документации.

² В сборнике: Министр Александр Ишков. К 120-летию со дня рождения. 2025. М.: Родина, С. 104-115.

³ Алексеев Аркадий Павлович родился 5 декабря 1924 года. В 1950 году окончил Ленинградский гидрометеорологический институт по специальности океанология, в 1953 году – аспирантуру Ленинградского государственного университета, кандидат географических наук. С рыбной отраслью связан с 1948 года – плавание на судах Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО). Участник Северо-Атлантической сельдевой экспедиции 1951 года. В 1953-1959 годах – старший научный сотрудник ПИНРО, в 1960-1962 – заместитель директора по научной работе, в 1962-1974 – директор ПИНРО. В 1974 году перешёл в Межведомственную ихтиологическую комиссию, где проработал более 20 лет. Скончался 24 июня 2024 года в Санкт-Петербурге.

Нельзя не упомянуть о роли А.А. Ишкова в создании и развитии такого направления в науке и технике, как подводные исследования с помощью обитающих аппаратов. При его согласии и помощи ПИНРО получил гидростат военных лет конструкции Каплановского. Энтузиасты подводных исследований – тогдашний директор ПИНРО И.И. Лагунов и О.Н. Киселев – организовали наблюдения с помощью этого привязного аппарата, используя в качестве базы экспедиционное судно (э/с) «Персей-2». Это были первые опыты оценки влияния излучения гидроакустических поисковых приборов на поведение рыбы (последуя среди промысловиков бытовало мнение, что гидроакустика распугивает скопления трески и других донных рыб).

С учётом опыта использования этого аппарата ПИНРО вышел в Министерство с предложением о разработке проекта и постройке более технически совершенного подводного аппарата. И в этом случае А.А. Ишков поддержал идею, и Гипрорыбфлоту была поручена разработка документации (П.И. Сердюк). В начале 60-х гг. глубинный гидростат «Север-1» был готов и начал свой длительный путь в глубины Баренцева и сопредельных морей. С этих лет началось длительное сотрудничество ПИНРО и Гипрорыбфлота (А.Н. Дмитриев и его коллеги) в части проектирования и создания не только привязных, но и автономных подводных аппаратов («Север-2», «Бентос-300» и др.). Нужно отметить то огромное внимание к подводным исследованиям, которое, помимо А.А. Ишкова, уделяли В.П. Зайцев (в те годы начальник Главного управления науки и техники Министерства) и В.М. Каменцев. Переоборудование боевой подводной лодки для проведения подводных исследований, получившей имя «Северянка», организация подводных экспедиций с группой учёных ПИНРО и ВНИРО на борту лодки – все это было бы невозможно без активной помощи А.А. Ишкова.

Курс на ускоренное развитие морского и океанического рыболовства, намеченный Правительством СССР в послевоенные годы, требовал не только расширения научно-промышленных исследований, но и установления связей с международными рыболовственными организациями, с зарубежными научными учреждениями соответствующего профиля. В 50-е гг. СССР восстановил членство в Международном совете по исследованию моря (ИКЕС), в организации которого (1902 г.) Россия принимала активное участие (О.А. Гrimm, Н.М. Книпович). Благодаря этому учёные ПИНРО, ВНИРО получили возможность принимать участие в обсуждении актуальных проблем изучения и сохранения промысловых биоло-

гических ресурсов Баренцева, других морей Северо-Европейского бассейна и Северной Атлантики.

Длительное время руководящие посты в ИКЕС занимал известный ихтиолог Г.В. Никольский (зав. кафедрой ихтиологии МГУ, впоследствии председатель Ихтиологической комиссии), к которому А.А. Ишков относился с большим уважением. Министр уделял пристальное внимание ходу обсуждения в ИКЕС вопросов, затрагивавших интересы отечественного трескового и сельдяного рыболовства, давал соответствующие поручения учёным, выезжавшим на сессии этой организации. А.А. Ишков активно содействовал проведению годичной сессии ИКЕС в Москве в начале 60-х гг., встречался с членами этого международного сообщества. Автор этих заметок принимал участие в этом представительном форуме и мог видеть, что Министр определённо гордился уровнем знаний наших учёных, апеллировал при необходимости к их мнению.

В середине 50-х гг. стала очевидной необходимость установления контактов с Норвегией – страной, вместе с которой СССР облавливал одни и те же запасы трески, пикши, сельди, морского окуня и других рыб. А.А. Ишков с группой учёных, в состав которой входил и Ю.Ю. Марти, посетил Норвегию, что послужило толчком для установления более или менее регулярных контактов между соответствующими ведомствами и научными учреждениями. Вскоре последовал ответный визит министра рыболовства Норвегии г-на Люсе в сопровождении группы учёных и специалистов. Во время посещения Мурманск норвежцев сопровождал А.А. Ишков. В ПИНРО гости ознакомились с постановкой и результатами научно-промышленных исследований на Севере, обсуждались вопросы установления рабочих контактов между ПИНРО и Институтом морских исследований Норвегии. Для ознакомления с постановкой донного промысла в Баренцевом море А.А. Ишков пригласил г-на Люсе и сопровождавших его лиц выйти на пару дней в море на новом БМРТ «Ижевск» (кормовые траулеры только что стали поступать из ФРГ). Участвовать в этом рейсе для налаживания более тесных контактов с норвежскими учёными Министр пригласил Ю.Ю. Марти, директора ПИНРО И.И. Лагунова, автора этих строк. В этом ещё раз проявилась позиция А.А. Ишкова, никогда не упускавшего случая показать своё уважительное отношение к отраслевой науке.

Рост промыслового флота в Северном бассейне всё настоятельнее заставлял отраслевую науку думать о поиске резервной сырьевой базы за пределами Баренцева моря. А.А. Ишков поддержал предложение ведущего учёного ПИНРО Н.А. Маслова об организа-

ции экспедиции в Северо-Западную Атлантику для изучения промысловой обстановки. В 1954 г. такая экспедиция состоялась на двух больших траулерах «Одесса» и «Севастополь». Так начиналось освоение новых районов промысла, расположенных по соседству с Канадой и США.

Начало сотрудничеству с Канадой было положено визитом А.А. Ишкова, который состоялся в 1956 г. на БМРТ «Свердловск». Министра сопровождала группа авторитетных учёных. По пути в Канаду А.А. Ишков встретился в Норвежском море с руководителями сельдяного промысла и учёными. По предложению учёного-биолога В.А. Бородатова на банке Флемиш-Кап было сделано опытное траление, принёсшее большой улов окуня-клювача. Этот район, названный сначала для конспирации банкой «Свердловска», до последних лет регулярно использовался отечественным промысловым флотом.

Обмен визитами советского и норвежского министров рыболовства открыл дорогу для установления более или менее регулярных рабочих контактов между ПИНРО и Институтом морских исследований в г. Бергене. Но это уже произошло после известных хрущёвских реформ управления в стране и образования совнархозов. Несмотря на то, что Министерство рыбной промышленности было упразднено, А.А. Ишков в силу своего авторитета сохранил ранг Министра СССР и, руководя небольшим отделом в Госплане СССР, приложил немалые усилия для сохранения структуры и потенциала отраслевой науки. Благодаря ему был сохранен ВНИРО в Москве; Межведомственная ихтиологическая комиссия была переведена в состав Госплана и тем избежала участия многих ликвидированных академических учреждений. Удалось также сохранить систему согласования планов отраслевых рыбохозяйственных институтов, вошедших в совнархозовские структуры, с ВНИРО, и тем самым избежать излишнего параллелизма в работе и разрастания местнических тенденций. Можно без преувеличения сказать, что своему сохранению в годы правления совнархозов рыбохозяйственная наука во многом обязана А.А. Ишкову.

В начале 60-х гг. в Мурманске побывали секретарь ЦК КПСС А.Н. Шелепин, позже – Н.С. Хрущёв; Шелепин в сопровождении А.А. Ишкова побывал в ПИНРО, состоялось обсуждение актуальных вопросов рыболовства и развития исследований; автор воспоминаний (уже в качестве директора института) участвовал в этих обсуждениях и был свидетелем того, как горячо А.А. Ишков отстаивал интересы отраслевой науки.

Система совнархозов, несмотря на определённые положительные результаты, стала все больше

и больше давать сбои. Н.С. Хрущёв был вынужден начать медленное отступление, было разрешено создавать отраслевые комитеты сначала без хозяйственных функций. А.А. Ишков возглавил Госкомитет по рыболовству и первым делом добился передачи в его состав отраслевых научных учреждений и промысловых разведок. Начался этап укрепления материально-технической базы науки, развития научно-исследовательского и поискового флота.

Нужно сказать, что ещё в досовнархозовский период А.А. Ишков, пользуясь поддержкой А.И. Микояна, пригласил в Москву в качестве заместителей директора ВНИРО авторитетных учёных – Ю.Ю. Марти из ПИНРО и П.А. Моисеева из ТИНРО. В период совнархозов директором ВНИРО был опытный управленец, единомышленник А.А. Ишкова В.П. Зайцев. Всё это также помогло сохранить научное ядро отрасли.

После создания Госкомитета, который А.А. Ишкову удалось реорганизовать в Министерство рыбного хозяйства, перед отраслевой наукой встало много новых задач, основные из которых так или иначе были связаны с изучением новых районов и объектов промысла на огромных пространствах Мирового океана. Потребовались крупнотоннажные научно-промышленные суда, способные совершать длительные плавания в автономном режиме. Так родилась серия НПО типа «Академик Книпович» в корпусе БМРТ отечественной постройки, большое количество СРТМ было дообрудовано на верфях и передано институтам и разведкам. Позже в ГДР были заказаны несколько НПО в корпусе РТМ «Тингиз», «Атлантик». Закупалась современная рыбопоисковая техника и устанавливалась на судах науки.

А.А. Ишков не был сторонником специально спроектированных НИСов, как это делали за рубежом, и отдавал предпочтение приспособлению для научных целей корпусов серийных судов (об этом он говорил автору этих записок). Так, на базе БМРТ была построена база-носитель батискафа «Север-2» «Одиссей», в корпусе СРТМ создано специальное гидроакустическое судно «Поиск» и др.

Возвращаясь в прошлое, нужно отметить, что уже в 1949 г. для ПИНРО в Финляндии был переоборудован трофеейный тральщик в научно-промышленное судно, названное в память погибшего в войну «Персея» «Персеем-2». До начала службы «Витязя», который получила Академия наук, «Персей-2» был самым лучшим судном науки. Для того чтобы СССР мог полностью реализовать свои обязательства по участию в Международном геофизическом году, по распоряжению А.А. Ишкова в Мурманске по проекту Гипрорыбфлота был капитально переоборудован для комплексных

морских исследований большой траулер «Севастополь». Только поступивший в ПИНРО в 1969 г. новый «Персей-3» мог конкурировать с «Севастополем» по своим возможностям для проведения работ в океане.

Из поля зрения А.А. Ишкова никогда не выходили вопросы использования промысловых биоресурсов в окраинных и внутренних морях. В 1964 г. создалась критическая ситуация на промысле трески в Баренцевом море. В ПИНРО, на страницах местных газет велась дискуссия: в чем причина? Виноват промысел, вылавливающий большое количество молоди, или всё определяется естественными колебаниями численности? Министр создал авторитетную комиссию, в которую, помимо учёных отрасли, вошёл член-корр. АН СССР А.П. Световидов, и сам возглавил её.

Состоялось несколько заседаний комиссии, были рассмотрены все доступные материалы. А.А. Ишков согласился с мнением большинства учёных и одобрил меры по ограничению начального возраста вылова трески. Впервые он вмешался в систему назначения кадров внутри института и потребовал замены одного из заведующих лабораторией. Это решение Министр принял, когда в Москве в его кабинете обсуждались выводы комиссии. Во время пребывания в Мурманске А.А. Ишков счёл необходимым навестить дома заболевшего главного пинровского «тресковика» Н.А. Маслова, которого он знал много лет.

Весной 1965 г. А.А. Ишков запланировал посещение Норвегии для обсуждения назревших проблем. «Научное сопровождение» делегации не могло быть большим, однако перечень вопросов требовал более масштабного участия учёных. Автор этих строк находился в это время в Москве и решал формальности в Государственном комитете по науке и технике (ГКНТ) в связи поездкой на заседание одного из комитетов ФАО в Риме. Было передано распоряжение явиться к Министру, от которого последовало указание срочно вылетать в Мурманск и выходить с группой учёных в г. Берген для научной поддержки малочисленной «самолётной» делегации на э/с «Академик Книпович» (типа СРТР).

Распоряжение Министра было выполнено, и в Берген прибыла достаточно представительная группа учёных ПИНРО во главе с директором. На подходе к Бергену, в сильном тумане, мы не заметили группу военных кораблей НАТО, которые участвовали в морских учениях, но нас-то они засекли. Местная пресса, ничтоже сумняшеся, обвинила наше судно в шпионских действиях. Этот неприятный «сюрприз» мог омрачить запланированные научные обсуждения общих с Норвегией рыбохозяйственных проблем. Поэтому Министр настоял на приглашении на наше

первое научное заседание представителей норвежской прессы. Ознакомившись с составом группы наших учёных, представленных А.А. Ишковым, с тематикой обсуждаемых вопросов, норвежские газеты уже на следующий день прояснили ситуацию, и больше о шпионаже никто не говорил. Итогом встречи в Бергене было решение о налаживании регулярных обменов визитами научных судов ПИНРО и Бергенского института с целью взаимной информации о состоянии запасов трески, сельди некоторых других рыб и среды их обитания. Нужно отметить то большое внимание, с которым Министр воспринимал мнения и рекомендации не только своих, но и норвежских учёных. Тому, что впоследствии между пинровцами и бергенцами завязались дружеские отношения, мы обязаны во многом А.А. Ишкову. Поэтому нередки были ситуации, когда для прояснения усложнившейся промысловой обстановки из ПИНРО звонили в Берген, и наоборот.

Заметным событием в жизни отраслевой науки была юбилейная сессия научно-исследовательских и проектных учреждений, посвящённая 50-летию Октябрьской революции. По решению А.А. Ишкова этот форум состоялся летом 1967 г. в г. Мурманске. Была заслушана серия докладов директоров институтов, руководителей промысловых разведок. Министр тоже выступал с докладом, а также в ходе обсуждения тех или иных вопросов, иногда критически, но всегда благожелательно. Во время пребывания в Мурманске Министр счёл необходимым более детально ознакомиться с состоянием запасов основных промысловых объектов Северного бассейна и попросил провести заседание Учёного совета ПИНРО.

Крупномасштабный промысел сельди в Норвежском море, начатый СССР на рубеже 50-х гг., к концу 1967 г. стал проявлять некоторые тревожные симптомы. Вместе с тем гидроакустическая съёмка запасов сельди, выполненная в конце года, как будто бы ничего плохого не предвещала. Учитывая большое значение этого промысла для отрасли, да и страны в целом, А.А. Ишков принял решение выйти в районы лова сельди и самому ознакомиться с обстановкой на месте. Для анализа обстановки в состав группы сопровождения Министр назначил и представителей науки: автора этих воспоминаний, зам. директора ПИНРО К.А. Лямина, сотрудника Атлантического института Ю.И. Локтева, инженеров ВНИРО М.Н. Щербино и М.Д. Трусканова, переводчика с норвежского Е.А. Лукашеву. В группе сопровождения был и зам. начальника Запрыбы Б.Г. Соколов. Выход в море состоялся в феврале из Калининграда на БМРТ «Яшма».

В районе промысла «Яшма» швартовалась к плавбазам, на которых проводились совещания с участием

руководителей промысла, капитанов, представителей науки. Для выполнения контрольных гидроакустических съёмок из Мурманска было вызвано судно ПИНРО с опытными гидроакустиками (А.А. Дегтерёв и др.) и ихтиологами. Всё это происходило на фоне неуклонно снижающейся производительности лова: становилось ясно, что при выполнении базовой гидроакустической съёмки запасов была, видимо, допущена методическая ошибка.

Рейс проходил в условиях почти не затихавшего шторма, из-за чего по причине нехватки времени у Министра, не удалось дойти до района Фарерских о-вов, где находилась группа плавбаз и промысловых судов. На этом переходе случилась трагедия: волной убило боцмана судна. Долго не решались сказать об этом Министру, но он не стал искать виновных и дал по радио необходимые поручения, в том числе и об оказании помощи семье погибшего. Сам Министр, по счастливой случайности, избежал травмы после того, как при резком крене судна сорвало с креплений кресло в каюте-компании, на котором он сидел. К счастью, все обошлось. Несмотря на то, что А.А. Ишков давно не выходил в открытое море, да ещё зимой, он почти все время проводил за письменным столом в каюте капитана, которую занимал, регулярно поддерживал связь с берегом. Почувствовав, что ситуация на промысле сельди вступила надолго в неблагоприятную фазу, он принял решение созвать по прибытии на берег большой совет с участием представителей науки и промысловых разведок.

Первая фаза этого совета прошла в Калининграде, вторая в пос. Рыбное под Москвой и третья, завершающая, в здании Минрыбхоза СССР. На всех этапах этого беспрецедентного по квалификации и количеству участвующих учёных, специалистов, руководящих работников Минрыбхоза совещания А.А. Ишков принимал активное участие. Только позже стала понятна цель этого большого сбора: Министр хотел в ходе обсуждений и дискуссий получить представление о тех резервах биоресурсов, которые могли бы не только компенсировать потери на сельдяном промысле в Норвежском море, но и обеспечить дальнейший рост вылова рыбы и других гидробионтов в соответствии с перспективными планами и заданиями «сверху». В итоге была составлена карта размещения эксплуатируемых и резервных биоресурсов в Мировом океане, с оценочными величинами их запасов, подписанная директорами рыбохозяйственных институтов и руководителями промысловых разведок. После подписания карты Министр устроил приём. Нет сомнения, что составленная карта помогала А.А. Ишкову отстаивать интересы рыбного хозяйства в Прав-

ительстве, разрабатывать планы строительства флота и перерабатывающей базы.

Повышение процентной доли в общем улове сравнительно малоценных массовых видов рыб (путассу, мойва, сайка и др.) поставило перед отраслью вопрос о создании технологий переработки их на ценную в пищевом отношении белковую продукцию: фарши, прессованные бульоны и т. п. – и соответствующих механизмов. Нужно отметить, что в совнархозовский период в состав ПИНРО были включены существовавшие в Мурманске отделения институтов Продмаш и Гипрорыбфлот (последнее было позже возвращено в целости и сохранности в подчинение центрального института, а первое трансформировалось в проектно-конструкторское отделение ПИНРО). Небольшие мастерские по изготовлению рыборазделочной техники, которые тоже перешли в ПИНРО, были не в состоянии выполнять возросшие объёмы заданий, не говоря уже об их сложности. Поэтому ПИНРО обратился к Министру с предложением о строительстве экспериментального завода с центром по развитию переработки массовых видов рыб.

В 1972 г. экспериментальный завод был построен. А.А. Ишков неоднократно посещал его, принимал участие в рассмотрении результатов испытаний рыборазделочной техники, дегустациях продукции с добавлением полученной белковой массы, вяленой мойвы и других продуктов, разработанных технологиями ПИНРО. Сохранились фотографии, на которых мы видим Министра, осматривающего экспериментальный завод (сейчас это самостоятельное предприятие Севтехрьбпром).

Исключительно велика роль А.А. Ишкова в организации строительства в послевоенные годы береговой базы рыбозаводской науки. Практически все бассейновые институты получили прекрасные лабораторные корпуса (среди них и ПИНРО), были выстроены учебные корпуса для рыбвузов и мореходных училищ (теперь это университеты и академии), а в Астрахани даже целый городок.

Завершая этот небольшой фрагмент воспоминаний, связанных с А.А. Ишковым, должен отметить его постоянно уважительное отношение к учёным, их предложениям. Даже во время острых дискуссий по поводу сохранности биоресурсов (ради плана случались и переловы) Министру никогда не изменяла выдержка. К нему можно было прийти не только «своим» учёным, но и работникам академических институтов, университетов. Он знал очень многих, практически никогда не начинал ничего нового, не посоветовавшись с наукой, бывал на учёных советах ВНИРО, на пленумах Ихтиологической комиссии.

Вместе с тем, А.А. Ишков был человеком требовательным, целеустремлённым. Созданная благодаря его усилиям рыбная отрасль, система научных учреждений, промысловых разведок, специализированных вузов являла собой нечто уникальное. Именно это позволяло нашей стране находиться в числе передовых рыболовных держав мира, а отраслевой науке занимать лидирующие позиции. Как жаль, что почти всё это было так бездарно растратлено. Может быть, судьба смилиостивилась над ним, избавив от лицезрения краха дела всей его жизни.

Оглядываясь на прошлое, можно с уверенностью сказать, что А.А. Ишков прекрасно понимал, что без науки, без активного участия учёных, независимо от их ведомственной принадлежности, решить сложнейшие задачи развития рыболовства и отрасли в целом невозможно. Поэтому он был всегда рядом с наукой и наука была рядом с ним.

Яркая личность А.А. Ишкова, его имя должны быть запечатлены в памяти соотечественников. Остаётся только ответить на вопрос: как лучше это сделать?

P.S. (из дневника А.П. Алексеева).

Успешно развивавшийся с начала 50-х гг. ХХ в. отечественный промысел половозрелой сельди в Норвежском и Гренландском морях в начале 1968 г. стал давать некоторые сбои, вызывавшие тревогу не только рыбаков, но и руководства Минрыбхоза. Вместе с тем, гидроакустическая съёмка (с применением подводного фотографирования), выполненная ПИНРО в районе массового скопления преднерестовой сельди (зимовки), не выявила серьёзного сокращения её запаса. Позднее, когда произошёл быстрый коллапс нашего сельдяного рыболовства, стали появляться точки зрения, что съёмка была проведена с большими ограждами. В феврале я получил распоряжение вылететь вместе с К.А. Ляминым (он был заместителем директора по науке, и. о. директора я назначил на это время главного инженера А.Ю. Храновского, второго заместителя директора по науке (технические направления) Минрыбхоз разрешил ввести в штат ПИНРО только в начале 70-х гг.) в Калининград для сопровождения Министра А.А. Ишкова, решившего лично побывать в районах промысла сельди, провести совещания с руководителями промысловых флотилий (мурманской, калининградской, литовской, латвийской, эстонской, ленинградской). Так как мы должны были проходить через промысловые районы Северного моря, Министр дал согласие на моё предложение взять на борт специалиста АтлантНИРО по этому морю Ю.А. Локтева. Для похода в море был назначен БМРТ

«Яшма» отечественной постройки. Для участия в плавании из ВНИРО прибыли специалисты в области гидроакустики М.Н. Щербино (Марат Щербино одновременно был штурманом на НИС «Профессор Месяцев») и М.Д. Трусканов (тоже раньше работал в ПИНРО). Министра сопровождали два работника аппарата, заместитель начальника ВРПО «Запрыба» Борис Геннадьевич Соколов (позднее он стал начальником «Запрыбы», у меня долгое время сохранялись с ним добрые отношения), начальник Калининградского тралового флота Попов. Мы вышли из Калининграда без Министра, который ждал нас в Балтийске, где мы и приняли его на борт. А.А. Ишков разместился в каюте капитана, мне была предоставлена каюта старпома. Переход через Балтику прошёл при довольно спокойном море. Для прохода через Датские проливы был взят на борт датский лоцман. Помню, что ночь мы стояли на якоре у мыса Скаген, так как в Северном море был шторм. В Северном море делали траления донным тралом, проверяя наличие рыбы, по пути следования в район плавбаз у Шетландских островов. Тогда же Министр принял моё предложение вызвать из Мурманска одно из судов ПИНРО (кажется, это был «Алаид») с гидроакустиками и норвежским переводчиком на борту. Это было необходимо для проверки записей приборов и прослушивания промысловых сводок норвежцев. Последнее дало хорошую ориентировку при оценке общей обстановки на промысле. «Алаиду» было разрешено зайти в Берген и купить малогабаритный рыбопоисковый эхолот (баззот). В районе стоянки плавбаз «Яшма» швартовалась к некоторым из них. Министр проводил с руководителями промысла и нашей научной группой промысловые советы, пытаясь понять суть происходящего (фактически, пролова). Когда подошёл «Алаид» к нам на борт перешла Е.А. Лукашова, побывал А.А. Дегтерев – опытный гидроакустик ПИНРО. Министр принял решение следовать в район Фарерских островов, где базировалась другая группа плавбаз. Этот переход навстречу всё усилившемуся шторму оказался трагическим – штормовая волна, обрушившаяся на носовую палубу, бросила на брашпиль оказавшегося там боцмана, который сразу погиб. Он не сказал о своём выходе на палубу вахтенному штурману, который мог бы своевременно предупредить о накатывающейся волне. Не знали, как сказать об этом Министру, но он воспринял трагическое сообщение довольно спокойно, распорядился, чтобы на Шетландских островах купили хороший гроб, оказали помощь семье погибшего. Шторм не стихал, мы едва продвигались в сторону Фарер. Время командировки Министра истекало, и он принял решение вернуться к Шетландским островам. Перед этим произошло ещё

одно событие, закончившееся, к счастью, благополучно: Министр занимал в кают-компании вращающееся кресло капитана во главе стола. Мы все сидели обычно на диване вдоль носовой переборки. Вдруг во время завтрака мы почувствовали сильный удар волны, «Яшма» резко накренилась, от толчка сорвались крепления кресла, на котором сидел Министр, и он с размаху был брошен в угол кают-компании. Мы сначала замерли, потом бросились помочь ему встать. К счастью, всё обошлось только ушибами. Мы коллективно запретили впредь Министру садиться на вращающееся кресло и отвели ему первое место на диване. Кстати, несмотря на то, что А.А. Ишков редко бывал в море, он не укачивался и постоянно сидел за столом в каюте, работал, отправлял донесения в Совмин (К.Т. Мазурову), распоряжения по Министерству. Иногда играл в «коzла». Тело погибшего боцмана передали у Шетландских о-вов на калининградскую плавбазу. На неё же перешёл и Министр, отдав нам распоряжение идти в Гетеборг (Швеция) для закупки образцов рыбацкой рабочей одежды и рыбных консервов. Сам А.А. Ишков, как член Правительства СССР, не мог появиться в Швеции без соответствующих дипломатических процедур. В Гетеборге нас встретил агент «Запрыбы» (швед), на машине которого Б.Г. Соколов и я поехали выполнять задание Министра. Немного походили по городу, однако короткий зимний день не дал увидеть побольше. После выхода из Гетеборга пошли к Шетландским островам, с плавбазы приняли на борт Министра, было ещё одно совещание по проблемам сельдяного рыболовства, после которого мы взяли курс на Калининград. В г. Балтийск, где мы сделали остановку, нас встречали командующий Балтийским военно-морским флотом, другие адмиралы. В кают-компании «Яшмы» Министром для них был устроен приём. А.А. Ишков на автомобиле уехал в Калининград, а мы пошли туда по морскому каналу. В этом плавании я впервые познакомился с записями песен Владимира Высоцкого, которые были на магнитофоне у М.Н. Щербино и М.Д. Трусканова (вечерами мы обычно собирались в моей просторной каюте). По распоряжению Министра в Калининград прибыли директора институтов, научные сотрудники, руково-

дители служб Министерства и главков, промысловых разведок. В Дворце культуры рыбаков были начаты широкие обсуждения состояния сырьевой базы отечественного рыболовства, имеющиеся резервы. В это время в Мурманске проходила областная партийная конференция, на которой присутствовал первый зам. председателя Совета министров СССР К.Т. Мазуров. Мне передали, что этот руководитель хочет выслушать мой доклад о состоянии запасов сырьевых ресурсов. По распоряжению Министра я срочно вылетел в Мурманск, в обкоме партии на совещании сделал необходимый доклад, обратился с просьбой к К.Т. Мазурову по ряду институтских проблем (многое было быстро решено, в том числе разрешены отгулы сотрудникам института за выходные дни, проведённые в море). Вскоре калининградское совещание было перенесено Министром в Подмосковье, в пос. Рыбное (около г. Дмитров), где находился Рыбный техникум и строился Прудовый институт (директор М.Н. Грачёва). В Рыбное вызвали меня с большой группой пинровцев. Жили в общежитии техникума. Около двух недель длились совещания, приезжали Министр и его замы. В итоге нами была составлена карта резервных биоресурсов в Мировом океане. Эта карта была подписана в Москве в зале коллегии директорами институтов, начальниками промысловых разведок. Потом я понял, что Министр А.А. Ишков, убедившись в коллапсе сельдяного рыболовства в Норвежском море, решил представить Правительству СССР возможности не только восполнить потерю, но и получить прибавку улова. Под «наши резервы» Министерство получило ассигнования на строительство крупнотоннажного океанического флота, плавбаз. После подписания упомянутой карты Министр устроил для нас приём в столовой Министерства.

Поступила в редакцию 01.11.2025 г.

УДК: 597.2/5/592

Экспедиции ВНИРО

Результаты учётной траевой съёмки водных биологических ресурсов в Охотском море весной 2025 г.

А.Ю. Шейбак, Е.Н. Кузнецова, Н.П. Антонов

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; Е.Н. Кузнецова – 5184-2077; Н.П. Антонов – 7287-9537

Цель: оценка запасов и перспектив промысла водных биологических ресурсов в Охотском море.

Метод: сбор данных проводился в соответствии с общепринятыми в ихтиологической практике методиками. В качестве орудия лова использовался разноглубинный траул РТ/ТМ 80/396.

Новизна: получены актуальные данные о составе, соотношении, численности и биомассе нектона в Охотском море в весенний период 2025 г.

Результаты: выполнена оценка запасов гидробионтов на акватории Охотского моря, численность которых суммарно составила 34,0 млрд экз., биомасса – 10,2 млн т. Получены данные по распределению и биологическому состоянию нектона в трёх районах Охотского моря: Западная Камчатка, зал. Шелихова (Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская подзоны) и Североохотоморский район (Северо-Охотоморская подзона). Анализ пространственного распределения минтая в различных районах Охотского моря показал наибольшую плотность его скоплений у Западной Камчатки и в зал. Шелихова. В то же время плотные скопления сельди отмечены над склонами глубоководного желоба в зал. Шелихова и над шельфовой частью Североохотоморского района. Скопления мойвы в большей степени были локализованы в зал. Шелихова и у Северо-Западной Камчатки. Общее распределение сахалинской камбалы было приурочено к надшельфовым водам у Западной Камчатки и в Североохотоморском районе.

Практическая значимость: результаты исследования послужат основой для разработки материалов прогнозов ОДУ видов ВБР в Охотском море.

Ключевые слова: Охотское море, нектон, запасы, численность, биомасса, пелагический траул.

The results of the accounting trawl survey of aquatic biological resources in the Sea of Okhotsk in the spring of 2025

Artem Y. Sheibak, Elena N. Kuznetsova, Nikolay P. Antonov

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

The aim: assessment of stocks and prospects of fishing for aquatic biological resources in the Sea of Okhotsk.

Methods: data collection was carried out in accordance with generally accepted methods in ichthyological practice.

Innovations: up-to-date data on the composition, ratio, abundance, and biomass of nekton in the Sea of Okhotsk in the spring of 2025 have been obtained.

Results: an assessment of the reserves of aquatic organisms in the Sea of Okhotsk was carried out, which totaled 34,0 billion specimens and 10,2 million tons. Data on the distribution and biological status of nekton in three areas of the Sea of Okhotsk were obtained: Western Kamchatka, Shelikhov Bay (West Kamchatka and Kamchatka-Kuril subzones) and the northern part of the Sea of Okhotsk (North Okhotomor subzone). An analysis of the spatial distribution of pollock in various areas of the Sea of Okhotsk showed the highest density of its accumulations in Western Kamchatka and in the hall. Shelikhov. At the same time, dense accumulations of herring are noted above the slopes of the deep-sea trough in the hall. Shelikhov and above the shelf part of the North Okhotsk region. Capelin accumulations were mostly localized in the hall. Shelikhov and north-western Kamchatka. The general distribution of sakhalin flounder was confined to the offshore waters off Western Kamchatka and in the North Okhotsk region.

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 Sea of Okhotsk.

Keywords: Sea of Okhotsk, nekton, stocks, abundance, biomass, pelagic 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 27 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 с 3 апреля по 18 мая 2025 г. на ИС «Профессор Кагановский» («БИФ ВНИРО») выполнена траловая съёмка запасов водных биологических ресурсов в Охотском море (рис. 1).

В качестве орудия лова использовался разноглубинный трал РТ/ТМ 80/396, вооружённый по четырёхкабельной схеме с мелкоячейной вставкой (даль 10 мм) в кутце. Верхняя подбора – щиток (лента брезентовая) шириной 60 см и длиной 8 м, оснащена по краю кошельковыми наплавами (20 шт.). Нижняя под-

бора трала оснащена якорной цепью длиной 10 м и массой 150 кг. В качестве распорных средств использовали прямоугольные щелевые доски «Polar Jupiter» площадью 6 м². Скорость тралений варьировала от 1,8 до 4,6 узлов, в среднем составляя 3,2 узла. Длина вытравленных ваеров для обеспечения распора крыльев трала досками в выбранном слое облова варьировала от 70 до 670 м, в среднем составляя 332 м. Вертикальное раскрытие устья трала изменялось от 26,3 до 48,7 м, в среднем составляя 40,6 м; горизонтальное раскрытие – от 15,7 до 68,7 м, в среднем составляя 40,6 м. За период работ выполнено 225 тралений.

Сбор материала и его обработка осуществлялись согласно общепринятым в ихтиологии методикам [Правдин, 1966; Мельников, 2006]. Численность и биомасса всех видов определены площадным методом [Аксютина, 1968].

Анализ данных и расчёты запасов выполнен по трем районам Охотского моря: Западная Камчатка (Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская подзоны), залив Шелихова и Северо-Охотоморский район (Северо-Охотоморская подзона).

На всей обследованной акватории Охотского моря встреченено 52 вида рыб, из которых по наи-

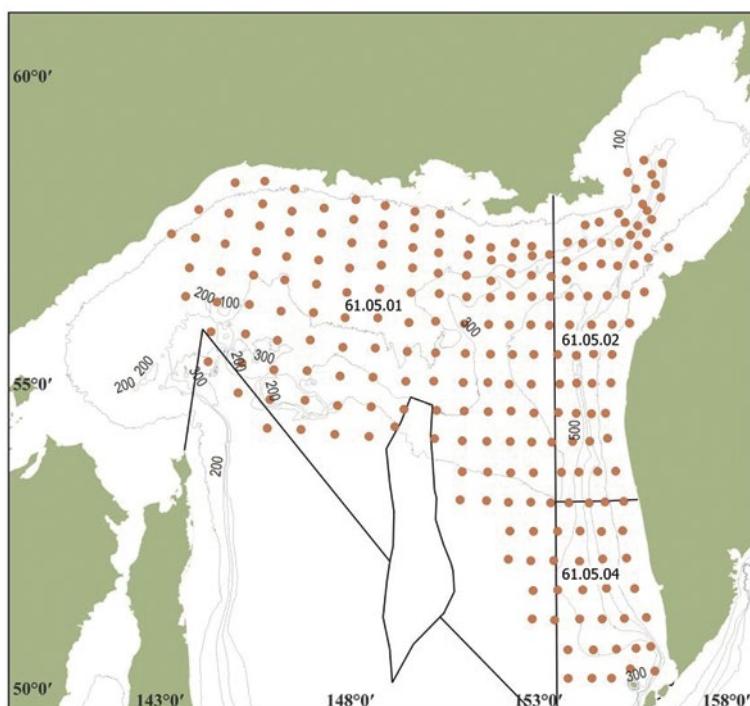


Рис. 1. Схема тралений в Охотском море в апреле-мае 2025 г.

Линия – граница промысловых подзон (61.05.01 – Северо-Охотоморская подзона, 61.05.02 – Западно-Камчатская подзона и 61.05.04 – Камчатско-Курильская подзона)

Fig. 1. The scheme of trawling in the Sea of Okhotsk in April-May 2025.

The line is the boundary of the fishing subzones (61.05.01 – North Okhotomor, 61.05.02 – West Kamchatka and 61.05.04 – Kamchatka-Kuril subzones)

большему числу видов (3-8 ед.) выделялись семейства Gadidae, Cottidae, Cyclopteridae, Pleuronectidae, Agonidae, Liparidae, Zoarcidae. Другие встреченные в уловах семейства (Clupeidae, Osmeridae, Sebastidae, Psychrolutidae, Microstomatidae, Hemitripteridae, Trichodontidae, Myctophidae) были представлены 1-2 видами. Из головоногих моллюсков в уловах встречены 4 вида кальмаров, преимущественно из семейства Gonatidae. Из ракообразных встречено 2 вида креветок, из представителей мегалопланктона – 9 видов медуз.

На обследованной акватории Охотского моря учтённая численность гидробионтов составила 34,0 млрд экз., биомасса – 10,2 млн т. В общем запасе преобладали рыбы, доля которых по численности составила 97,2%, по биомассе – 97,4%.

Минтай *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814. Минтай встречался в уловах на всем полигоне исследований – от прибрежных до мористых станций. Его концентрации распределялись в зависимости от батиметрических зон. Наиболее плотные скопления минтая были сосредоточены у Западной Камчатки за пределами шельфовой зоны, в зал. Шелихова и Северо-Охотоморском районе – на траверзе Тауйской губы и Возвышенности Лебедя.

Наиболее плотные скопления минтая были сосредоточены у Западной Камчатки и в зал. Шелихова. Показатели обилия у Западной Камчатки по численности находились в пределах 0,2-625,8 тыс. экз./км², в среднем составив 88,5 тыс. экз./км², по биомассе – в пределах 0,01-304,2 т/км², в среднем – 35,1 т/км². В заливе Шелихова эти показатели были несколько ниже, по численности – в пределах 0,03-312,9 тыс.

экз./км², в среднем составив 80,3 тыс. экз./км², по биомассе – 0,01-184,7 т/км², в среднем – 34,1 т/км². Скопления состояли из преднерестовых и нерестовых особей минтая, которые сконцентрировались на ограниченной акватории зал. Шелихова, точнее в его глубоководном жёлобе, для осуществления нерестовой миграции в кутцовую часть залива.

В Северо-Охотоморском районе наиболее плотные концентрации минтая отмечены над притауйскими свалами и Возвышенностью Лебедя. На акватории, прилегающей к Тауйской губе и п-ву Кони, плотность скоплений варьировала по численности в пределах 1,8-515,7 тыс. экз./км², в среднем составив 74,4 тыс. экз./км², по биомассе – 0,4-125,9 т/км², в среднем составив 20,9 т/км². Над Возвышенностью Лебедя плотность скоплений составляла по численности 1,9-393,3 тыс. экз./км², в среднем 46,9 тыс. экз./км², по биомассе – от 0,7 до 211,9 т/км², в среднем 14,8 т/км². Над североохотоморским шельфом плотность скоплений минтая была значительно ниже, составляя по численности от 0,1 до 353,4 тыс. экз./км², в среднем 17,2 тыс. экз./км², по биомассе – от 0,1 до 61,9 т/км², в среднем 4,9 т/км². В целом Северо-Охотоморском районе плотность скоплений минтая по численности находилась в пределах 0,2-515,7 тыс. экз./км², в среднем составив 42,7 тыс. экз./км², по биомассе – в пределах 0,1-211,9 т/км², в среднем составив 12,7 т/км².

На всей обследованной акватории Охотского моря плотность скоплений минтая по численности варьировала от 0,03 до 625,8 тыс. экз./км², составив в среднем 58,9 тыс. экз./км², по биомассе – от 0,01 до 304,2 т/км², в среднем составив 21,3 т/км² (рис. 2).

Общая численность минтая на обследованной акватории Охотского моря составила 27291 млн экз.,

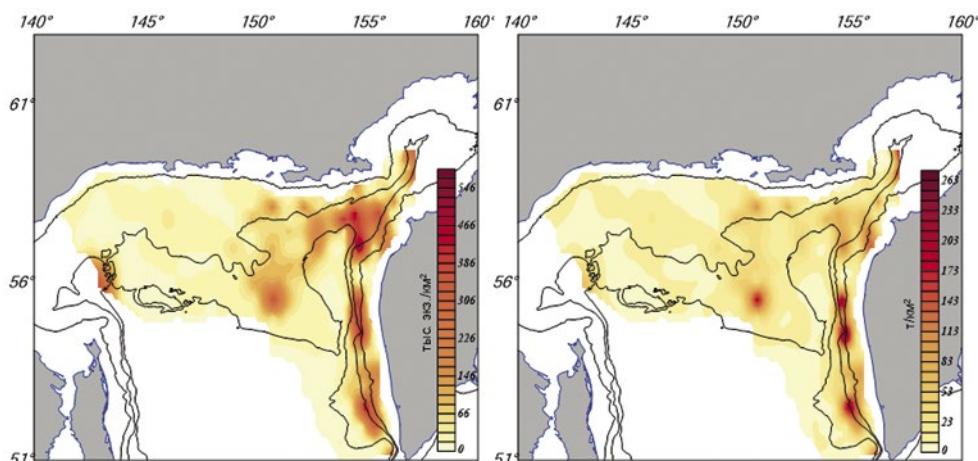


Рис. 2. Пространственное распределение минтая в Охотском море весной 2025 г.

Fig. 2. Spatial distribution of pollock in the Sea of Okhotsk in spring 2025

Таблица. Численность и биомасса массовых промысловых видов рыб в Охотском море весной 2025 г.**Table.** The number and biomass of mass commercial fish species in the Sea of Okhotsk in the spring of 2025

| Вид/Район | <i>Gadus chalcogrammus</i> | | <i>Clupea pallasii</i> | | <i>Mallotus villosus</i> | | <i>Limanda sakhalinensis</i> | |
|-------------------------------|----------------------------|---------------|------------------------|--------------|--------------------------|------------|------------------------------|-------------|
| | N, млн экз. | B, тыс. т | N, млн экз. | B, тыс. т | N, млн экз. | B, тыс. т | N, млн экз. | B, тыс. т |
| Западная Камчатка | 12659,0 | 4784,7 | 3,2 | 0,4 | 50,0 | 0,5 | 280,5 | 40,4 |
| Залив Шелихова | 1839,5 | 812,1 | 289,1 | 32,6 | 31,7 | 0,4 | — | — |
| Североохотомор- ский район | 12792,9 | 3871,6 | 3158,8 | 346,0 | 37,3 | 0,7 | 63,6 | 5,9 |
| ИТОГО | 27291,3 | 9468,4 | 3451,1 | 379,1 | 119,0 | 1,6 | 344,1 | 46,3 |

биомасса – 9468 тыс. т (табл.). Его наибольшие концентрации (53,1% численности, 59,1% биомассы) были распределены у Западной Камчатки.

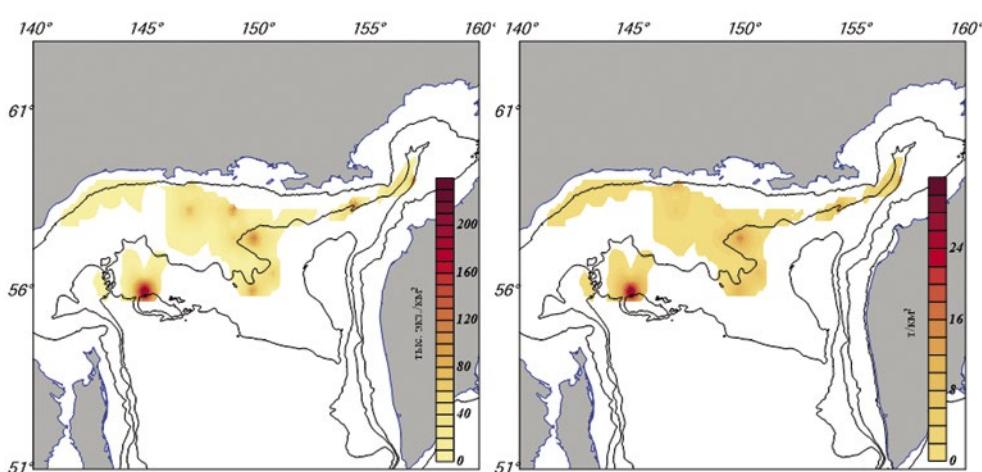
Тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847. Наиболее плотные скопления сельди распределялись над склонами глубоководного жёлоба в зал. Шелихова (рис. 3). В Северо-Охотоморском районе основные концентрации вида были отмечены в пределах шельфовой зоны над Возвышенностью Лебедя. Частота встречаемости вида на всём полигоне исследований составила 25,3% (57 тралений).

Плотность скоплений сельди в Охотском море по результативным тралениям варьировала по численности в пределах от 0,004 до 250,1 тыс. экз./км², в среднем составив 28,5 тыс. экз./км², по биомассе – от 0,0006 до 33,4 т/км², в среднем – 3,1 т/км². Скопления молоди сельди были приурочены к прибрежным акваториям Северо-Охотоморского района и мелководной кутцовой части зал. Шелихова. В тралениях, выполненных глубже 150 м, молодь тихоокеанской сельди не отмечалась.

Общая численность тихоокеанской сельди на обследованной акватории Охотского моря составила 3451 млн экз., биомасса – 379 тыс. т. Основные скопления сельди (91,5% численности, 91,3% биомассы) распределялись в Северо-Охотоморском районе (табл. 1). Молодь сельди также была отмечена только в Северо-Охотоморском районе, её численность составила 22,8 млн экз., биомасса – 0,07 тыс. т.

Дальневосточная мойва *Mallotus villosus* (Müller, 1776). Наиболее плотные скопления мойвы были локализованы в зал. Шелихова и у Северо-Западной Камчатки (50% суммарной биомассы), составив здесь по численности 2,9 тыс. экз./км², по биомассе – 0,4 т/км².

Распределение молоди мойвы носило локальный характер (рис. 4). Её результативные уловы были получены на краевых прибрежных станциях у Западной Камчатки и на изобатах 120-150 м в зал. Шелихова. Частота встречаемости вида на всём полигоне исследований составила 26,2% (59 тралений).

**Рис. 3.** Пространственное распределение сельди в Охотском море весной 2025 г.**Fig. 3.** Spatial distribution of herring in the Sea of Okhotsk in spring 2025

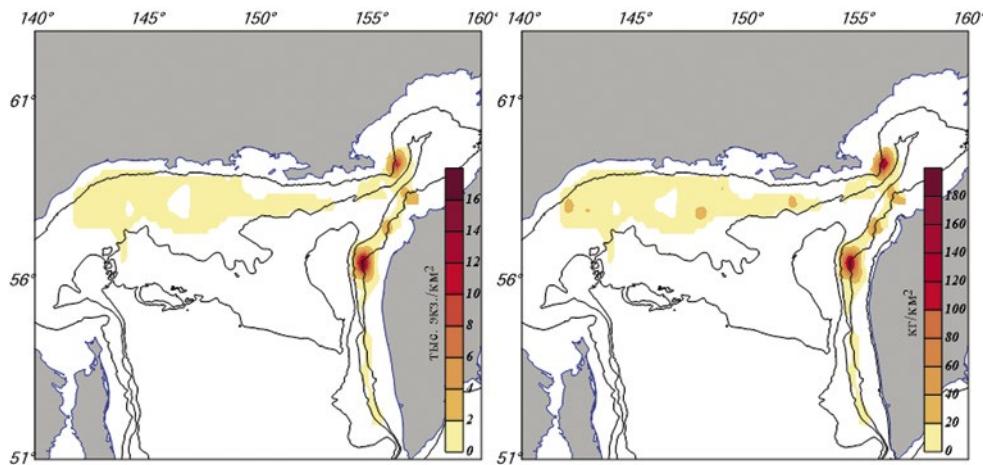


Рис. 4. Пространственное распределение мойвы в Охотском море весной 2025 г.

Fig. 4. Spatial distribution of capelin in the Sea of Okhotsk in spring 2025

По всему обследованному полигону по результативным тралениям численность мойвы колебалась от 0,05 до 19,3 тыс. экз./км², в среднем составив 1,2 тыс. экз./км², биомасса – от 0,0002 до 0,2 т/км², в среднем составив 0,02 т/км².

Общая численность дальневосточной мойвы на обследованной акватории Охотского моря составила 119 млн экз., биомасса – 1,6 тыс. т (таблица). Большая часть мойвы (68,7% численность, 58,7% биомассы) распределялась в Западно-Камчатских подзонах.

Сахалинская камбала *Limanda sakhalinensis* Hubbs, 1915. Общее распределение сахалинской камбалы было приурочено к надшельфовым водам Западной Камчатки и Северо-Охотоморского района (рис. 5). Частота встречаемости вида на всём полигоне исследований составила 28,9% (65 тралений).

Наиболее плотные скопления сахалинской камбалы распределялись у Западной Камчатки, где её численность в среднем составила 8,9 тыс. экз./км², биомасса – 1,3 т/км². В Северо-Охотоморском районе плотность скоплений камбалы была значительно ниже, составив в среднем по численности 0,5 тыс. экз./км², по биомассе – 0,04 т/км². По всему исследованному полигону плотность скоплений камбалы по результативным тралениям находилась в пределах 0,01-81,1 тыс. экз./км², в среднем составив 2,4 тыс. экз./км², биомасса – 0,001-13,2 т/км², в среднем – 0,3 т/км².

Общая численность сахалинской камбалы на обследованной акватории Охотского моря составила 344,1 млн экз., биомасса – 46,3 тыс. т. Большая часть этого вида (81,5% численности, 87,3% биомассы) распределялась у Западной Камчатки (таблица).

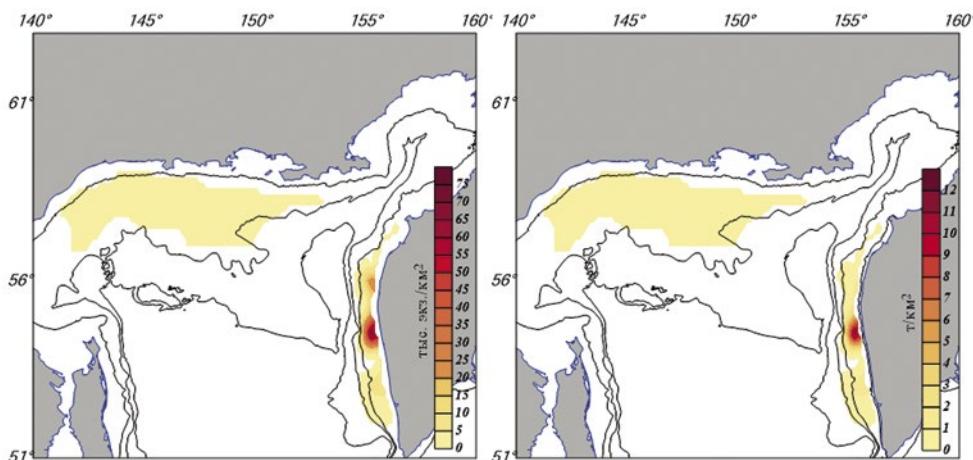


Рис. 5. Пространственное распределение сахалинской камбалы в Охотском море весной 2025 г.

Fig. 5. Spatial distribution of sakhalin flounder in the Sea of Okhotsk in spring 2025

Собранные материалы по биологии и распределению водных биологических ресурсов в ходе выполнения экспедиционных исследований послужат для дальнейшей оценки состояния их запасов, разработки мер и рекомендаций эффективного и рационального промысла в Охотском море.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность членам экипажа и научной группе ИС «Профессор Кановский» 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

Аксютина З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных наблюдениях. М.: Пищ. пром-ть. 288 с.

Мельников И.В. 2006. К методике выполнения крупномасштабных пелагических траловых съёмок // Труды ВНИРО. Т. 146. С. 118-132.

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

REFERENCES

Aksyutina Z.M. 1968. Elements of mathematical evaluation of observation results in biological and fisheries observations. Moscow: Food Industry. 288 p. (In Russ.)

Melnikov I.V. 2006. To the methodology of performing large-scale pelagic trawling surveys // Trudy VNIRO. V. 146. P. 118-132. (In Russ.)

Pravdin I.F. 1966. Guide to the Study of Fish. Moscow: Food industry. 376 p. (In Russ.)

Поступила в редакцию 13.08.2025 г.

УДК 597.08.591.9

Экспедиции ВНИРО

Краткие результаты рыбохозяйственных исследований сублиторали залива Дежнёва (остров Земля Александры, архипелаг Земля Франца Иосифа) в 2025 г.

А.Д. Быков¹, А.В. Долгов², С.Ю. Бражник¹, Е.А. Болтнев¹

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

² Полярный филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), ул. Академика Книповича, 6, г. Мурманск, 183038; Мурманский арктический университет (ФГАОУ ВО «МАУ»), ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, 183010; Томский государственный университет (ФГАОУ ВО «ТГУ»), пр. Ленина, 36, Томск, 634050; Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ФГБУН «ИО РАН им. П.П. Ширшова»), Нахимовский просп., 36, Москва, 117997
E-mail: bykovad@vniro.ru

SPIN-коды: А.Д. Быков – 3289-4991; А.В. Долгов – 8570-1959; С.Ю. Бражник – 3290-4255; Е.А. Болтнев – 5570-1084

Цель: оценка современного состояния высокоарктического ихтиоценоза сублиторальной зоны зал. Дежнёва (о. Земля Александры, архипелаг Земля Франца – Иосифа) в безледый период 2025 г.

Используемые методы: сбор ихтиологического материала осуществлялся пассивными сетными орудиями лова по сетке станций. Структуру уловов оценивали с использованием методов математической статистики.

Результат: впервые за период ихтиологических исследований приводятся сведения о структуре уловов в сублиторальной зоне о-вов архипелага Земля Франца – Иосифа.

Практическая значимость: оценка состояния популяций рыб в северо-восточной части Баренцева моря позволит понять степень адаптации к условиям жизни на сублиторали высок широтного района Арктики.

Ключевые слова: архипелаг Земля Франца Иосифа, Баренцево море, о. Земля Александры, зал. Дежнёва, сублитораль, ихтиофауна.

Brief results of the fisheries survey of the sublitoral area of Dezhnev Bay, Alexandra Land, Franz Josef Land Archipelago in 2025

Andrey D. Bykov¹, Andrey V. Dolgov², Svetlana Y. Brazhnik¹, Evgenii A. Boltnev¹

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

² Polar branch of VNIRO (N.M. Knipovich «PINRO»), 6, Academician Knipovich St., Murmansk, 183038, Russia; Murmansk Arctic University («MAU»), 13, Sportivnaya St., Murmansk, 183010 Russia; Tomsk State University («TSU»), 36, Lenin Ave., Tomsk, 634050 Tomsk, Russia; P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS («P.P. Shirshov IO RAS»), 36, Nakhimovskiy pros., Moscow, 117997, Russia

The purpose. Assessment of the current state of the High Arctic Ichthyocene of the sublitoral zone of the Dezhnev Bay on Alexandra Land Island of the Franz Josef Land Archipelago in the ice-free period of 2025.

The methods used. The collection of ichthyological material was carried out by passive net fishing gear on a grid of stations. The catch structure was evaluated using mathematical statistics methods.

Result. For the first time during the period of ichthyological research, information is provided on the catches structure in the sublitoral zone of the islands of the Franz Josef Land archipelago is provided.

Practical significance. An assessment of the population status of fish species in the northeastern part of the Barents Sea will make it possible to understand and the degree of adaptation to living on the sublitoral in the high-latitude Arctic.

Keywords: Franz Josef Land archipelago, Barents Sea, Alexandra Land Island, Dezhnev Bay, sublitoral, ichthyofauna.

В рамках соглашения ФГБНУ «ВНИРО» с ВОО «Русское географическое общество» в августе 2025 г. специалистами Центрального института и Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» были продолжены исследования видового состава и структуры сообществ рыб сублиторальной зоны зал. Дежнёва (о. Земля Александры, архипелаг Земля Франца Иосифа (далее – ЗФИ)), которые были начаты в августе 2024 г. В настоящем информационном сообщении приведены предварительные результаты работ, выполненных в августе 2025 г. в рамках III этапа комплексной экспедиции ВОО «Русское географическое общество» при поддержке ФГБУ «Национальный парк «Русская Арктика».

Целью работы была оценка среды обитания и современного состояния высокоарктического ихтиоценса сублиторальной зоны зал. Дежнёва о-ва Земля Александры архипелага Земля Франца-Иосифа в безлёдный период 2025 года.

В августе 2025 г. в сублиторальной зоне зал. Дежнёва о-ва Земля Александры был выполнен сбор ихтиологического материала с использованием ставных жаберных сетей на семи учётных станциях (рис., табл. 1) на глубинах от 2 до 50 м. В местах сетепостановок были выполнены измерения глубин и температуры воды с помощью датчиков подводного дрона. Постановка и выборка порядка осуществлялась с маломерного судна «Баренц» с подвесным мотором Yamaha мощностью 60 л. с.

Сетной порядок состоял из четырёх сетей с шагом ячей 20, 30, 35 и 40 мм. Длина каждого порядка составляла 120 м. Время застоя порядка сетей на каждой станции колебалось от 11 до 16 ч.

Лов рыбы проводился по Разрешению на добывчу (вылов) водных биоресурсов в целях НИР

№ 5120250322480, выданному Североморским территориальным управлением Росрыболовства 23.07.2025 г. Полярному филиалу ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО».

Большинство учётных станций характеризовалось резким свалом глубин от береговой линии и каменистыми грунтами. Песчано-галечное дно наблюдалось на акватории залива только у о. Нерпы (станция № 3).

Средние показатели относительной численности и массы каждого вида рыб в уловах порядка ставных сетей рассчитывали путём деления суммы относительной численности или массы вида в каждой сети порядка на количество сетей в порядке, полученное значение выражали в %. Осреднённую долю отдельного вида рыб в структуре уловов ставных сетей за период учётной съёмки рассчитывали делением суммы (численности или массы) во всех порядках ставных сетей, выставляемых по сетке станций на число учётных станций.

Полный биологический анализ рыб проводили по традиционным методикам [Правдин, 1966]. Статистическую обработку данных осуществляли биометрическими методами [Плохинский, 1970] с использованием программного пакета Microsoft Excel 10.

Температура воды в обследованной части акватории зал. Дежнёва с глубинами до 70 м в середине августа 2025 г. колебалась от 1,9 до 3,2 °С и в среднем составляла около +2,2 °С. На каждые 20-30 м глубины отмечалось понижение температуры на несколько десятых градуса. В бухте Глубокая (станция № 5) температура воды была несколько выше, чем на остальной акватории зал. Дежнёва и составляла около +3,5 °С (табл. 1).

Уловы рыб в 2025 г. характеризовались низким видовым разнообразием и относительно низкими ко-

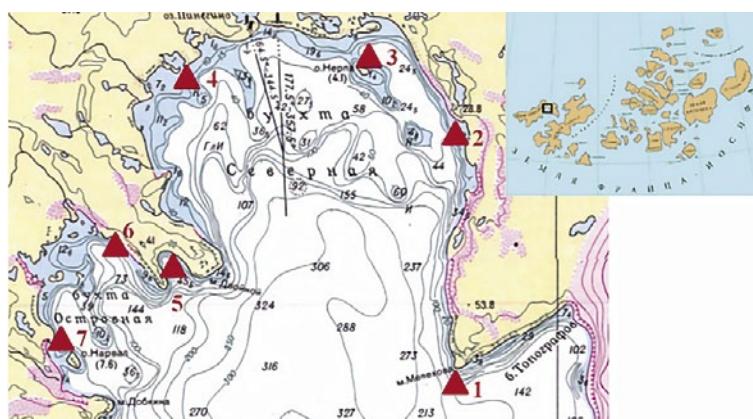


Рис. Карта-схема расположения станций сетепостановок в зал. Дежнёва в августе 2025 г. Расположение района работ на о-ве Земля Александры выделено на общей карте архипелага Земля Франца-Иосифа

Fig. The map shows the layout of the network stations in the hall. In August 2025, the location of the work area on Alexandra Land is highlighted in the drawing within the boundaries of the map of the Franz Josef Land archipelago

Таблица 1. Характеристика станций сбора ихтиологического материала в зал. Дежнёва Баренцева моря у о. Земля Александры арх. Земля Франца-Иосифа в августе 2025 г.**Table 1.** Characteristics of ichthyological collection stations in the Dezhnev Bay of the Barents Sea near the island of Alexandra Arch. Franz Josef Land in August 2025

| № станции | Название станции | Координаты | Интервал глубин вдоль сетных порядков | Характер донных грунтов | Температура воды у дна, °C |
|-----------|--|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 1. | Мыс Мелихова | 80°42'6" с. ш. 47°54'0" в. д. | 2-6 | Скальные | 2,1 |
| 2. | Восточный берег Северной бухты | 80°45'3" с. ш. 47°54'5" в. д. | 2-50 | Камни, песок | 1,9 |
| 3. | О-в Нерпы | 80°46'0" с. ш. 47°48'0" в. д. | 2-15 | Песок | 2,2 |
| 4. | Причал у западного берега Северной бухты | 80°45'2" с. ш. 47°35'0" в. д. | 2-10 | Камни | 2,2 |
| 5. | Бухта Глубокая | 80°44'0" с. ш. 47°35'0" в. д. | 2-30 | Камни | 3,2 |
| 6. | Восточный берег Островной бухты | 80°44'4" с. ш. 47°32'0" в. д. | 2-40 | Камни | 2,0 |
| 7. | О-в Нарвала в Островной бухте | 80°43'0" с. ш. 47°28'5" в. д. | 2-30 | Камни, песок | 2,0 |

личественными показателями вылова по видам рыб. Всего за период проведения учётной съёмки в августе 2025 года в сетных уловах было зафиксировано четыре вида рыб, относящихся преимущественно к семейству Cottidae – европейский керчак *Myoxocephalus scorpius* (L., 1758), арктический шлемоносный бычок *Gymnocephalus tricuspidis* (Reinhardt, 1830), остроносый триглопс *Triglops pingelii* Reinhardt, 1837, а также сем. Gadidae – атлантическая треска *Gadus morhua* L., 1758 (табл. 2).

Таблица 2. Структура донного ихтиоцена по данным сетных уловов в сублиторальной зоне зал. Дежнёва о. Александры архипелага Земля Франца Иосифа в августе 2025 г., %**Table 2.** The structure of net catches in the sublittoral zone of Dezhnev Bay, Alexandra Island, Franz Josef Land Archipelago in August 2025, %

| Вид | N | В |
|------------------------|------|------|
| Арктический шлемоносец | 40,3 | 23,8 |
| Остроносый триглопс | 1,4 | <0,1 |
| Европейский керчак | 54,2 | 65,0 |
| Атлантическая треска | 4,2 | 11,1 |

Примечание: N – доля в уловах по численности, %; В – доля в уловах по массе, %

На большинстве учётных станций доминировал как по численности, так и по массе европейский керчак (табл. 2 и 3). Его уловы колебались от 1 до 15 экз. на сетной порядок. В уловах встречались особи

длиной от 13 до 33 см и массой от 32 до 503 г. Наибольшие уловы европейского керчака наблюдались на каменистых и скальных грунтах до глубин 10 м. В период исследований отмечался нерест этого вида, в уловах отмечены преднерестовые, нерестовые и посленерестовые особи.

Арктический шлемоносец был отмечен на 4 учётных станциях, но массово встречался только на станции 3 (у о. Нерпы), характеризующейся песчаными грунтами (табл. 3). В уловах встречались особи длиной от 12,5 до 19,8 см и массой от 19 до 114 г. Данный вид отмечен только в уловах сетей с шагом ячей 20 мм. В период исследований отмечался нерест этого вида, в уловах отмечены преднерестовые и в меньшей степени нерестовые и посленерестовые особи.

Атлантическая треска в 2024 г. в уловах отсутствовала, в 2025 г. 3 экземпляра этого вида длиной 26-35 см и массой 144-373 г были зафиксированы на трёх станциях в сетях с шагом ячей 30-40 мм на глубинах более 20 м (табл. 3).

Наиболее массовый в уловах 2024 г. представитель тресковых – сайка *Boreogadus saida*, 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.

Таким образом, в 2025 г. была получена новая информация о состоянии окружающей среды и сообществ рыб в прибрежной акватории отдельных островов архипелага ЗФИ. Водные массы зал. Дежнёва в середине августа 2025 г. до глубин 70 м от-

Таблица 3. Общие уловы различных видов рыб в сублиторальной зоне зал. Дежнёва о. Александры архипелага Земля Франца Иосифа в августе 2025 г.

Table 3. Total catches of fish species in the sublittoral zone of Dezhnev Bay, Alexandra Island, Franz Josef Land Archipelago in August 2025

| № станции | Название станции | Европейский керчак | Артический шлемоносец | Треска | Остроносый триглопс |
|-----------|--|--------------------|-----------------------|--------|---------------------|
| 1 | Мыс Мелихова | 15/3160 | - | - | - |
| 2 | Восточный берег Северной бухты | 1/230 | - | 1/382 | 1/2 |
| 3 | О-в Нерпы | 2/438 | 19/941 | 1/146 | - |
| 4 | Причал у западного берега Северной бухты | - | 3/280 | - | - |
| 5 | Бухта Глубокая | 9/2133 | 3/170 | | |
| 6 | Восточный берег Островной бухты | 11/1755 | 4/348 | 1/283 | - |
| 7 | О-в Нарвала в Островной бухте | 1/29 | - | - | - |

Примечание: в числителе – кол-во пойманных рыб (экз.); в знаменателе – общая масса пойманных рыб (г).

личались повышенными для летнего сезона на акватории температурами (до +3,5 °C). Результаты облова порядками ставных жаберных сетей на сети станциях зал. Дежнёва о-ва Земля Александры показали, что сублиторальная зона характеризуется низким видовым разнообразием ихтиофауны и низкой численностью и биомассой представителей арктического и бореального происхождения. 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. Наиболее массовым видом рыб в сетных уловах был европейский керчак.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность директору и инспекторам Национального парка «Русская Арктика» за помощь в проведении учётной сетной съёмки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

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

Плохинский Н.А. 1970. Биометрия. М.: Изд-во МГУ. 265 с.

REFERENCES

Pravdin I.F. 1966. Guide to the study of fish. Moscow: Food industry, 376 p.

Plokhhinsky N.A. 1970. Biometrics. Moscow: Moscow State University Publishing House. 265 p.

Поступила в редакцию 29.10.2025 г.